



Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
International Institute for Water and Environmental Engineering

Activités anthropiques industrielles et qualité des eaux dans un bassin versant : cas du bassin versant de Kossodo

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER D'INGENIERIE ENEAU
ET ENVIRONNEMENT OPTION ENVIRONNEMENT

Présenté et soutenu publiquement le 17/06/2010 de 9h à 10h par :

RODRIGUE AKOUZE

Travaux dirigés par :

Dr Joseph WETHE
Mr Seyram SOSSOU

Jury d'évaluation du stage :

Président : Joseph WETHE

Membre : Franck LALANNE

Membre : Sandrine LALANNE

Membre : Lydie YIOUGO

Promotion 2009-2010

Résumé

Cette étude a pour but de recenser les sources de pollution et d'évaluer l'impact des effluents industriels sur les eaux souterraines et de surface dans le sous bassin versant de Kossodo.

L'étude des caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques des eaux souterraines et de surface de Kossodo, soumises aux rejets liquides de la zone industrielle à partir de la rigole, montre que la qualité des eaux des différents puits est variable et dépend d'un certain nombre de facteurs tels que l'emplacement des puits par rapport aux eaux usées, l'activité agricole ou maraîchère, et de bien d'autres activités. L'étude a révélé des origines différentes de la contamination des eaux souterraines et superficielles, à savoir, les nombreuses activités domestiques, la contamination par la matière organique due essentiellement à l'utilisation des eaux usées à des fins d'irrigation et à leur infiltration continue, et finalement le retour des eaux d'irrigation (chargées en engrais azotés) qui est considéré comme étant la principale origine de la minéralisation et de la pollution des eaux.

Plusieurs facteurs conditionnent la progression de cette pollution : les concentrations des polluants dans les eaux usées, la nature des sols, la lithologie, la perméabilité de l'aquifère exploité et la profondeur de la nappe.

Mots clés : activités anthropiques industrielles, sources de pollution, impacts, eaux souterraines et superficielles, contamination.

Abstract

This study aims to list the sources of pollution and to estimate the impact of industrial waste on subterranean waters and surface waters in the Kossodo river basin.

The study of the physical-chemical characteristics of the Kossodo (Burkina Faso) groundwater and surface water, subjected to domestic and industrial wastes from the industrial park via the channel river, shows that the quality of water in the various wells is variable and depends on several factors such as the location of the wells in relation to waste water, agricultural activity, and other activities. The study revealed several sources of groundwater contamination, namely, domestic activities, organic matter contamination primarily from infiltration of waste water used for irrigation, and the return of irrigation water (loaded with nitrate fertilizers), which is the principal source of dissolved solids and inorganic nitrogen in the groundwater. Several factors influence the progression of this pollution: the concentration of the pollutants in the waste waters, the nature of the soil, the lithology, the permeability of the aquifer in use, and the depth of the water table.

Keys words: anthropogenic industrials activities, sources of pollution, environmental impacts, groundwater and surface water, contamination.

Avant propos

L'institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement, 2iE (ex groupe EIER-ETSHER) est une grande école qui a pour mission de contribuer au développement économique et social des États Africains dans les domaines de l'eau, l'énergie, l'environnement et les infrastructures (www.2ie-edu.org). En cinquième année de formation, fin du cycle master, les connaissances théoriques et pratiques acquises à travers les cours magistraux, les travaux pratiques et les sorties pédagogiques sont couronnées par un travail de mémoire de recherche de quatre (04) mois. C'est dans ce cadre que nous avons eu l'honneur de travailler sur le thème : *activités anthropiques industrielles et qualité des eaux dans un bassin versant : cas du bassin versant de Kossodo*. Le sujet a été proposé et effectué au 2iE à travers le Laboratoire Eau Dépollution Ecosystèmes Santé (LEDES).

Dédicaces

Au Tout Puissant,

A mon grand père feu OYONO ZO'O David

A ma grand mère feu AVOMO NKOULOU Solange

A mon père OBAME NTOUNG Jean,

A ma mère MBAZO'O OYONO Marie,

A mes oncles ZHO'O O. Fabien et OYONO O. Gislain, A. Paul, O. Jésus,

A mes tantes Colette, Hortense, feu Bernadette, Virginie, feu

Françoise, Angeline et Davilla,

A mes frères ALLOGHO Cédric et ALLOGHO NZENG Freddy,

A mes sœurs Daisy Christelle, Mignone, Esther Doresse, Winnie, Bailly,

Oldy, Mamou, Riquière,

A tous ceux et celles qui m'aiment et qui m'ont toujours soutenu,

Je dédie ce mémoire de fin d'étude.

Remerciements

Je souhaite exprimer ici mes plus vifs remerciements à mon promoteur, le docteur Joseph WETHE enseignant-chercheur au 2iE, pour m'avoir permis de réaliser ce travail passionnant, ainsi que de m'avoir guidé et conseillé tout au long de la réalisation de celui-ci et pendant ma formation d'étudiant au 2iE.

Merci à Monsieur Seyram SOSSOU, ingénieur de recherche au 2ie et Co-encadreur du présent mémoire, d'avoir consacré du temps pour répondre à mes questions.

Merci au professeur Samuel YONKEU, de m'avoir guidé et conseillé durant ma formation d'étudiant au 2IE et de m'avoir conseillé durant ce mémoire.

Permettez-moi de remercier également Messieurs Boukary SAVADOGO, Omar SAVADOGO et Jean Pierre ESSONE NKOGHUE pour l'intérêt qu'ils auront porté à ce travail, le temps qu'ils nous auront consacré ainsi que pour leurs nombreux conseils.

Merci à toutes les personnes de l'UTER-SMDD qui pour leur accueil et gentillesse, de près ou de loin, ont contribué à ma formation au 2iE à l'instar de Madame KONCHITA, Monsieur Corentin SOME.

Le travail de terrain a été réalisé avec l'aide de Boukary KABORE, traducteur interprète. Il fût d'une aide précieuse durant les phases de collecte de données sur le terrain. Je lui en suis sincèrement reconnaissant.

Permettez-moi finalement de remercier ici tous les étudiants du 2iE qui m'ont assisté lors de ma formation.

Tout ceux qui maladroitement j'aurai oublié, vous m'avez été d'un apport non Négligeable.

Table des matières

Abstract	II
Avant propos	III
Dédicaces	IV
Liste des tableaux	X
Liste des annexes.....	XII
<i>INTRODUCTION</i>	13
Problématique.....	3
<i>CHAPITRE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE</i>	7
<i>CHAPITRE II : CARACTÉRISATION DE LA ZONE</i>	10
II-1. Données physiques	11
II-1.1. Géographie et géomorphologie	11
II-1.2. Hydrologie et hydrogéologie.....	12
II-1.3. Substrat géologique	12
II-1.4. Biodiversité et faune/flore	12
II-1.5. Climat	13
II-2. Activités	13
II-2.1. L'agriculture	13
II-2.2. L'élevage.....	13
II-2.3. Le commerce	14
II-2.4. L'Industrie :.....	14
II-2.5. Le maraichage	14
II-3. Occupation et contraintes	14
<i>CHAPITRE III : MÉTHODOLOGIE DE L'ÉTUDE</i>	16
III-1. Le zonage	17
III-2. La recherche documentaire	17
III-3. Les travaux de terrain.....	17
III-3.1. Relevés cartographiques.....	17
III-3.2. Les enquêtes domiciliaires	17
III-3.3. Les questionnaires.....	18
III-3.4. L'observation directe	18

III-4. Traitement des données collectées	18
III-5. Prélèvements : sites-échantillonnage	18
III-6. Paramètres et méthodes.....	20
III-6.1. Paramètres physico-chimiques.....	20
III-6.2. Paramètres microbiologiques	22
<i>CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSION</i>	23
IV-1. Résultats des enquêtes	24
IV-1.1. Approvisionnement en eau potable.....	24
IV-1.2. Assainissement.....	24
IV-1.3. Qualité des eaux de surface.....	26
IV-1.4. Qualité des eaux souterraines.....	27
IV-1.5. Couvert végétal	27
IV-1.6. Etat des sols	27
IV-1.7. Perception des nuisances dues à la zone industrielle	27
IV-1.8. Nuisances sur la santé	28
IV-1.9. Solutions envisageables	29
IV-1.10. Maraichers	29
IV-2.1. Sources de pollutions	31
IV-2.2 Types de rejets	31
IV-3. Résultats d'analyse des eaux souterraines et de surface	35
IV-3.1. Résultats des effluents des unités industrielles	35
IV-3.2. Résultats des eaux de la rigole	36
IV-3.3. Résultats des eaux souterraines.....	37
IV-4. Analyse et interprétation des résultats	40
IV-4.1. Aspect qualitatif des effluents.....	40
IV-4.2. Aspect qualitatif des eaux de la rigole	41
IV-4.3. Aspect qualitatif des eaux souterraines.....	43
IV-5. Synthèse.....	50
<i>CHAPITRE V : ANALYSE DES PROBLEMES DE LA GESTION DES REJETS INDUSTRIELS</i>	53
V-1. Caractérisation des impacts.....	54
V-1.1. Impacts écologiques	54
V-1.1.1. Eaux.....	54

V-1.2. Impacts sanitaires	56
V-1.3. Impacts socio-économiques	57
V-1.4. Récapitulatifs et hiérarchisation des impacts liés aux rejets industriels.....	57
V-2. Caractérisation des risques	58
V-2.1. Risques sanitaires	58
V-2.2. Risques d'altération des écosystèmes	59
V-2.3. Risques pour les ressources en eau	59
<i>CHAPITRE VI : STRATEGIES VISANT A PRESERVER LES RESSOURCES HYDRIQUES</i>	<i>60</i>
VI-1. Stratégies visant à préserver les ressources hydriques.....	61
VI-1.1. Renforcer les mesures de lutte contre la pollution de la nappe par :.....	61
VI-1.2. La réduction des pollutions industrielles	61
VI-1.3. La réduction des pollutions d'origine agricole	61
VI-1.4. La réduction de l'épandage des boues urbaines	62
VI-1.5. La protection des milieux aquatiques	62
VI-1.6. Inciter les industries au respect des normes Burkinabès de rejet des effluents.....	62
VI-1.7. Suivi continu de l'évolution de la pollution dans les milieux sensibles : milieux humide, sol, air, végétation	63
<i>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</i>	<i>65</i>
<i>ANNEXES.....</i>	<i>i</i>

Liste des abréviations

2IE	Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
AEP	Approvisionnement en Eau Potable
AFO	Abattoir Frigorifique de Ouagadougou
Brakina	Brasserie de Burkina Faso
CFC	Chlorofluorocarbone
BP	Branchement privé
BF	Borne fontaine
F	fontaine
DBO ₅	Demande Biologique en Oxygène
DCO	Demande Chimique en Oxygène
GPI	Groupement Professionnel des Industriels
INSD	Institut National de Sciences Démographique
MES	Matières en Suspension
PT	Puits traditionnel
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
ONEA	Office National de l'Eau et de l'Assainissement
ONG	Organisation Non Gouvernementale
RGPH	Recensement Général de la Population et de l'Habitat
Sonabel	Société Nationale Burkinabè d'Electricité
STEP	Station d'Épuration
Tan-Aliz	Tannerie Alizata
TDR	Terme de Référence
MACO	Maison d'Arrêt et de Correction de Ouagadougou
UEMOA	Union Economique et Monétaire Ouest Africaine

Liste des tableaux

Tableau 1 : voies d'exposition en fonction des récepteurs	58
---	----

Liste des cartes

Carte 1 : Présentation de la zone de Kossodo.....	11
Carte 2: occupation du sol et contrainte	15
Carte 3 : répartition spatiale des points de prélèvement.....	20
Carte 4 : zone d'impacts olfactifs.....	56

Liste des figures

Figure 1 : Résultats de la situation de l'approvisionnement en eau potable	24
Figure 2 : Situation de l'évacuation des eaux usées et excréta.....	25
Figure 3 : évacuation des déchets solides.....	26
Figure 4 : gestion des ordures ménagères.....	26
Figure 5 : perception des odeurs émanant des rejets industriels (eaux usées industrielles)	28
Figure 6 : types de pathologie chez les populations	28
Figure 7 : type de solutions envisageables	29
Figure 8 : origines et usages des eaux utilisées dans la zone maraichère.....	30
Figure 9 : types de pathologie chez les maraichers	30
Figure 10 : déchets jonchant une ruelle de Kossodo	31
Figure 11 : déchets souillés d'hydrocarbures dans l'enceinte de la Sonabel.....	32
Figure 12 : effluents industriels au point de rejet dans la rigole.....	32
Figure 13 : évolution du chrome de Tan Aliz annexe, dans le canal de la MACO	36
Figure 14 : évolution des paramètres le long du cours de la rigole	42
Figure 15 : Répartition des puits et forages / normes des paramètres physiques analysés.....	45
Figure 16 : résultat des mesures de la DCO des eaux de puits	46
Figure 17 : répartition des puits par rapport au sodium, calcium, sulfates et chlorures comparativement à la norme du paramètre	47
Figure 18 : état des points d'eaux souterraines par rapport au paramètre ammonium	48
Figure 19 : répartition des puits et forages par rapport au paramètre nitrate.....	49
Figure 20 : répartition des points d'eaux souterraines en fonction du paramètre phosphate.	49
Figure 21 : Eau de la rigole	54

Liste des annexes

Annexe 1 : description des points de prélèvements.....	ii
Annexe 2 : liste des industries en activités dans la zone industrielle	iii
Annexe 3 : liste des industries en activités dans la zone industrielle (suite 1)	iv
Annexe 4 : liste des industries en activités dans la zone industrielle (suite 2)	v
Annexe 5 : résultats des effluents à la sortie des usines	vi
Annexe 6 : Caractérisation des effluents	vii
Annexe 7 : résultats des effluents de Tan Aliz annexe dans le canal de la Maco	vii
Annexe 8 : cultures et volume d'eau journalier dans la zone maraichère de Kossodo	viii
Annexe 9 : résultats des analyses microbiologiques	viii
Annexe 10 : résultats des analyses des eaux de la rigole	ix
Annexe 11 : résultats microbiologiques des effluents et des eaux de la rigole	x
Annexe 12 : résultats des analyses physico-chimiques des forages	x
Annexe 13 : résultats des analyses microbiologiques	xi
Annexe 14 : résultats des analyses des échantillons d'eaux des puits de concessions	xi
Annexe 15 : Résultats des analyses physico-chimiques et toxicologiques des puits de la zone maraichère	xii
Annexe 16 : résultats des paramètres microbiologiques analysés	xiii
Annexe 17 : résultats des analyses microbiologiques de deux pieds de laitue	xiv
Annexe 18 : carte des risques et impacts.....	xiv
Annexe 19 : répartition spatiale des entreprises dans la zone industrielle de Kossodo.....	xv
Annexe 20 : Fiche d'enquête ménage	xvi
Annexe 21 : Fiche d'enquêtes des maraichers	xix

INTRODUCTION

Introduction

Le bassin versant de Kossodo est un sous bassin du fleuve Nakambé qui traverse la ville d'Ouagadougou. Il se caractérise par de fortes pressions anthropiques, liées à des densités urbaines localement élevées, et de nombreuses activités industrielles et agricoles qui constituent des menaces pour l'eau.

Les changements climatiques pourraient exacerber les impacts négatifs de la rareté, de la disparité spatio-temporelle et de la forte dégradation qui caractérisent les ressources en eau dans une région semi-aride.

Le quartier Kossodo située au Nord-Est de la ville de Ouagadougou, dans la province du Kadiogo (région du centre selon le découpage administratif du Burkina Faso), à vocation essentiellement industrielle, se trouve particulièrement touchée par ce problème du fait de sa démographie croissante et du développement continu du secteur industriel. Les rejets liquides d'origines domestiques, agricoles et industrielles sont déversés directement dans la rigole qui traverse le quartier du sud vers le nord. Cette dernière, transformée en un égout à ciel ouvert à la sortie de la ville, disparaît en s'infiltrant dans le sol et en se jetant dans la rivière Massili, plus loin en aval. Le long de son passage, les agriculteurs riverains des communautés rurale et urbaine l'utilisent pour l'irrigation de cultures céréalières et maraichères.

La détérioration de la qualité de l'eau est appréciée par des paramètres physico-chimiques, toxicologiques et microbiologiques. Dans le cas d'une détérioration jugée importante, l'eau ne sera plus considérée comme potable pour la consommation humaine. Elle pourra être utilisée à d'autres fins ou devra subir un traitement approprié pour retrouver sa potabilité. L'eau des nappes libres n'est donc pas à l'abri de la pollution et l'autoépuration naturelle n'est pas complète dans toutes les nappes et vis-à-vis de certaines substances. C'est d'ailleurs ce constat qui nous a amené à nous intéresser à la qualité des eaux dans le bassin versant de Kossodo, quartier à vocation industriel.

Nous envisageons de faire des échantillonnages d'eaux souterraines dans les puits et forages afin d'apprécier les éventuelles pollutions survenues, leurs natures, les types de contaminants et d'en déduire leurs impacts négatifs sur l'environnement et la santé de la population qui consomme ces eaux. D'autres échantillonnages seront faits sur les effluents industriels et les eaux de la rigole.

A terme, l'étude vise à informer et sensibiliser la population sur les risques encourus quant à la consommation de ces eaux, et à attirer l'attention des décideurs pour que des mesures idoines soient prises en vue d'appliquer effectivement la réglementation dans le domaine de la gestion des rejets industriels et l'exploitation des eaux souterraines pour une meilleure protection de la santé des populations et de l'environnement.

Problématique

L'industrialisation, marque de croissance économique, est l'une des causes essentielles de dégradation de l'environnement, à l'heure actuelle. Si certains aspect de cette dégradation peuvent être considérés comme mineurs dans le contexte africain (enlaidissement fréquent des paysages industrielles), ou d'une incidence localisée (bruit, risques d'incendies ou d'explosion,...), d'autres, plus ou moins directs, ont un impact nettement plus vaste et parfois dangereux (rejets atmosphériques, effluents à toxicité diverse).

Les eaux de ruissellement de la plupart des zones industrielles se déversent par le biais de réseaux séparatifs dans les milieux récepteurs naturels, sans mesure de protection particulière de rétention ou de traitement. Ce mode d'évacuation des eaux n'est pas sans risque pour l'environnement. En effet, les eaux de ruissellement peuvent, dans des zones fortement urbanisées comme les zones industrielles, être fortement polluées. De plus, ces déversements peuvent avoir des conséquences sur la morphologie et le régime hydrologique des milieux récepteurs (sol, eau, air), la santé humaine et animale, la végétation. En fonction des activités et de l'occupation du sol, les zones industrielles présentent des risques accrus de pollution : surfaces importantes de toits métalliques, trafic automobile intense, aires d'entreposage et de débordement de marchandises, déversements accidentels, problèmes de faux raccordements et pollutions provenant de chantiers.

Au Burkina Faso, la zone industrielle de Kossodo, au Nord de la ville d'Ouagadougou, est malheureusement soumise (voir responsable) à ces dégradations du milieu de vie et à ces pratiques. En effet, elle abrite de nombreuses industries qui participent à la vitalité de l'économie de la ville de Ouagadougou en particulier et du Burkina Faso en général. Cette zone, à l'instar des usines, abrite également de nombreuses habitations et autres activités annexes.

Le constat général sur la gestion des rejets industriels, solides et liquides, n'obéit pas aux normes nationales en vigueur. Très peu d'industries disposent de systèmes efficaces de traitement de leurs effluents. Il en découle des pratiques non contrôlées de déversements des rejets industriels dans la nature. Faute de précaution, ces pratiques pourront à moyen et long terme constituer (si tel n'est pas déjà le cas actuellement) des facteurs de nuisance susceptibles d'affecter de façon irréversible certaines composantes de l'environnement naturel ainsi que la santé humaine.

Si les rejets liquides naturels, comme les eaux de ruissellement chargées de débris, d'ordures, de matières fécales et les eaux domestiques souillées sont moins inquiétantes pour la vie de l'homme et son environnement, il n'en est pas de même pour les effluents industriels de Kossodo. La consommation d'eau des cours d'eau et des produits maraîchers sont sources de maladies diverses (troubles gastro-digestifs, dermatoses, etc.), causant de véritables problèmes de santé publique.

Dans le cas de la zone de Kossodo, les problèmes reviennent fréquemment sur la scène médiatique au niveau national, principalement par :

- les crises (dues à des pollutions graves) de l'environnement dont la plus importante reste celle de 1997, marquée dans la localité de Gampèla par la destruction d'une mangrovia d'environ 100 pieds, la mort d'amphibiens et de poissons, des maladies bovines après consommation des eaux du Massili, irritation des peaux et apparition de "boutons" sur la peau après baignade, abandon de puits, etc. ;
- Les nuisances et la dégradation du cadre de vie (odeurs pestilentielles, coloration verdâtre à noire des eaux, prolifération de vecteurs de maladies, etc.) qui ont souvent donné lieu à des interpellations, par la presse, des autorités ;
- Les réactions des populations riveraines de certaines zones polluées et victimes des nuisances, par des articles de presse et même (courant premier trimestre 2001), un ultimatum suivi de manifestations violentes contre une unité industrielle.

Face à ces différents problèmes, il est intéressant et impératif d'étudier spécifiquement les atteintes potentielles de la zone industrielle de Kossodo sur l'environnement naturel et humain voisin en y réalisant un diagnostic environnemental. Cette étude se focalise ainsi sur la zone industrielle de Kossodo et s'intéresse également aux secteurs 25, 26 et 27 de la commune de Nongr'Masson, sur un rayon de 500m des unités industrielles et de la rigole.

Cette étude tentera d'apporter des solutions aux questionnements complexes qui partent du constat de la dégradation du milieu de vie et de l'environnement.

Objectif général

Cette étude a pour objectif principal de contribuer à l'évaluation de l'état de l'environnement de la zone de Kossodo et à la mise en place des indicateurs de pollution devant guider, au mieux gérer et protéger ce milieu.

Objectifs spécifiques

Dans l'optique d'atteindre notre objectif principal, nous nous sommes spécifiquement attelés à :

- Caractériser la zone d'étude : contexte, atouts et potentialités, activités anthropiques et menaces ;
- Classifier les rejets industriels à la sortie des unités industrielles ;
- Analyser les problèmes de la gestion des déchets industriels ;
- Proposer les stratégies visant à préserver les ressources hydriques dans le sous bassin versant de Kossodo.

Résultats attendus

Les indicateurs représentent les facteurs traduisant l'atteinte de l'objectif fixé au départ. Ainsi, l'évaluation de l'état environnemental de la zone de Kossodo sera atteinte lorsqu'on aura effectué :

- Une cartographie faisant ressortir toute la dynamique de la zone industrielle de Kossodo ;
- Une description et une classification des risques susceptibles d'affecter les composants de l'environnement naturel et humain ;
- Une stratégie de gestion durable des rejets industriels ;
- Une liste des recommandations adressée aux différents acteurs.

La présente étude est subdivisée en 5 parties qui sont :

- Première partie : synthèse bibliographique
- Deuxième partie : Caractérisation de la zone d'étude
- Troisième partie : Méthodologie de l'étude

- Quatrième partie : Résultats et discussion
- Cinquième partie : Analyse de la problématique de la gestion des rejets industriels
- Sixième partie : Stratégies visant à préserver les ressources hydriques

CHAPITRE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

Synthèse bibliographique

Au Burkina Faso, la détérioration de l'environnement due aux activités industrielles n'a été la préoccupation des pouvoirs publics et des chercheurs que dans les années récentes. En effet, dans les documents de travail de la Division Agriculture et Environnement de la Banque Mondiale (1996), il est ressorti qu'au Burkina Faso, « l'activité industrielle est toujours limitée et ne pose pas encore de problèmes environnementaux ». Cependant, il faut remarquer que plusieurs études empiriques ont démontré que les eaux usées industrielles du Burkina Faso et particulièrement à Ouagadougou sont sources de véritables problèmes de pollution, à la fois chimique, organique, microbiologique et atmosphérique aussi bien pour l'environnement que pour la santé humaine ; ainsi :

En 1997, N'DIAYE, en analysant l'eau d'un puits à Kossodo, révèle une forte contamination fécale et conclut en corrélations avec des enquêtes que la nappe est contaminée uniquement dans sa partie supérieure, l'épaisseur du sol étant faible pour jouer le rôle de filtre vis-à-vis des substances mobiles.

L'étude sur l'impact sanitaire de la réutilisation des eaux usées en maraîchage à Ouagadougou (Cissé, 1997) montre que le risque de prévalence de maladies hydriques est plus élevé chez les maraîchers et leurs familles que dans le reste de la population. La prévalence pour *Ankylostome* un nématode parasite, chez les enfants de maraîchers est de $10,80 \pm 6,68$ % contre $1,40 \pm 0,43$ % pour la population générale. Pour les adultes, ces chiffres sont respectivement de $40,67 \pm 7,38$ % contre $14,90 \pm 5,09$ %. Ces résultats confirment ceux observés à Nsukka au Nigeria (Agunwamba, 2001). L'impact sanitaire le plus important est la contamination par les bactéries pathogènes et les métaux lourds des végétaux et des sols cultivés. Le niveau de pollution des légumes déjà supérieur aux recommandations de l'OMS sur le site de maraîchage est encore plus élevé chez les revendeurs (Cissé, 1997). Les sols des sites irrigués avec les eaux usées sont ceux qui présentent les plus fortes concentrations en parasites et en métaux lourds. Les concentrations en métaux lourds mesurés dans ces sols permettent de supposer une contamination des cultures (Bosshart, 1998).

En 2001, Dr Abdoulaye SENGHOR aborde non seulement les aspects socio-économiques mais aussi les aspects physico-chimiques et microbiologiques de la pollution du Massili par les eaux usées de trois unités industrielles : La Brakina, l'Abattoir Frigorifique d'Ouagadougou (AFO) et Tan-Aliz. Au cours de la même année, le dossier technique sur la

pollution du Massili réalisé par l'équipe de la GIRE et présenté à la réunion du comité aval du bassin hydrographique du Nakambé par le MEE/DGH/programme GIRE le 12 décembre 2001, a montré que la pollution la plus préoccupante et la plus urgente à traiter, dans le bassin du Nakambé, est circonscrite à la zone d'Ouagadougou, drainée par la rivière affluente du Massili. Il a été question, dans ce document, de la problématique de la pollution du Massili, l'évaluation et l'analyse des risques afin de proposer des mesures simples et rapidement réalisables pour l'atténuation des impacts négatifs.

En 2002, Doulaye KONE aborde les impacts sur certains sites maraîchers tels que celui de la zone industrielle de Ouagadougou (Kossodo), des aménagements de fortune sont réalisés par les maraîchers pour séparer les effluents industriels s'écoulant dans le même canal. En cas de doute, lorsque les effluents sont mélangés, ils goûtent l'eau usée pour vérifier le pH ou la salinité avant de l'accepter pour l'irrigation. Cette sélection permet de stocker les eaux les moins agressives pour les plantes.

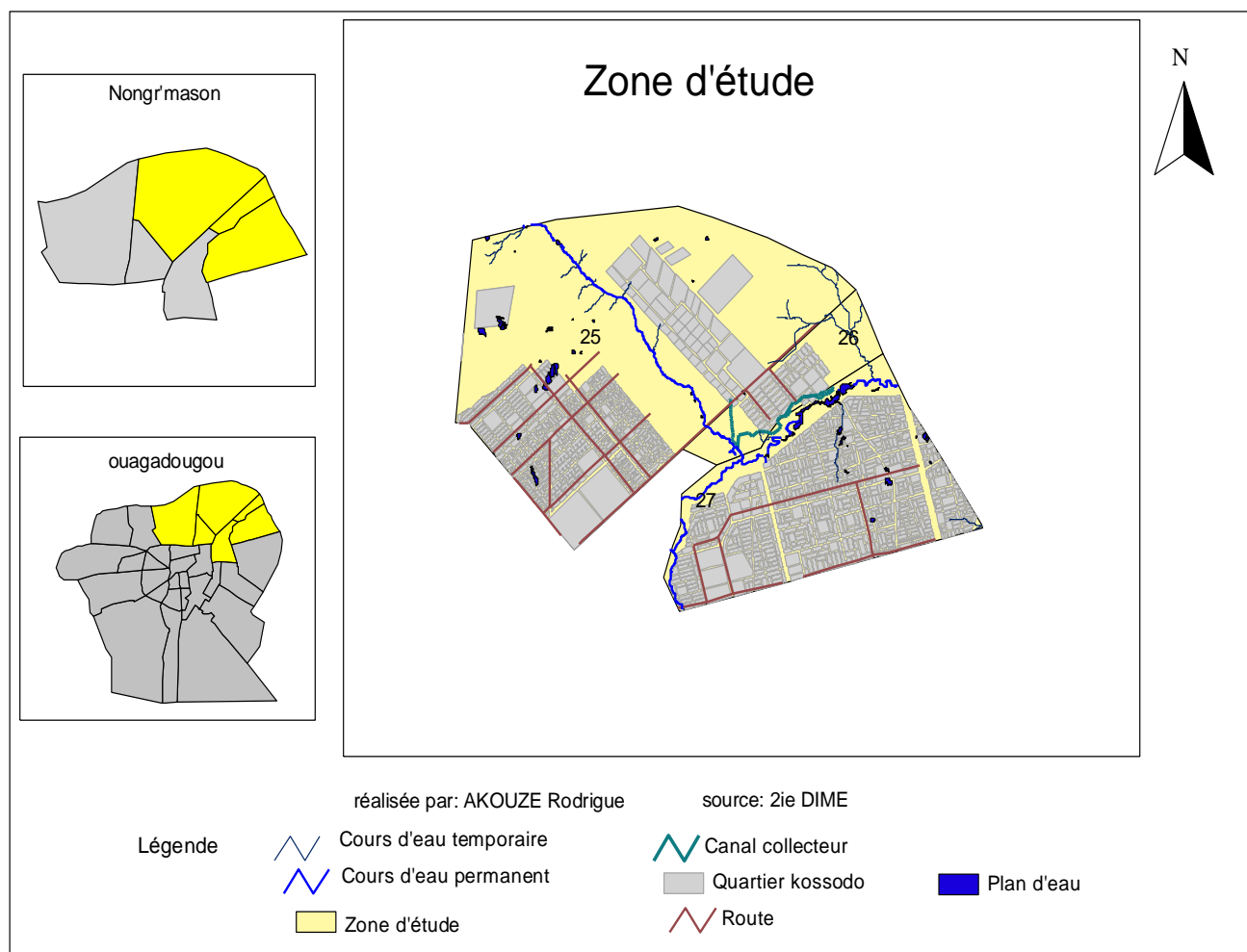
En 2003, KOUDOUGOU et al montrent que pour une même station de prélèvement d'eau sur le Massili, les paramètres de pollution sont différents suivant la période d'analyse ; une diminution de l'ampleur de la pollution en période pluviale par rapport à la période sèche ; ceci pour presque tous les paramètres mesurés. Cet état est dû à la grande dilution des eaux en saison humide et une atténuation de la pollution au fur et à mesure que l'on s'éloigne des sources de pollution. Pour un même paramètre, et pour la même période.

Dans un article publié au journal Sud Sciences et Technologie du 16 juin 2008 intitulé : « *Evaluation de la qualité physico chimique de l'eau d'un cours d'eau temporaire du BURKINA FASO cas du Massili dans le Kadiogo* » LAMIZANA-Diallo M. Birguy et al (2008), après analyse des eaux concluent que Le Massili, affluent du Nakambé (ex. Volta Blanche), cours d'eau à proximité de Ouagadougou, capitale du Burkina Faso, est le réceptacle principal de presque toutes les eaux usées industrielles (traitées ou non) de la ville.

CHAPITRE II : CARACTERISATION DE LA ZONE D'ETUDE

II-1. Données physiques

La zone étude s'étend sur les secteurs 25, 26, 27 de Kossodo dans l'arrondissement de Nongr'Masson à un rayon de 500m autour de la zone industrielle et de la rigole. La carte suivante présente les différents secteurs de la dite zone d'étude.



Carte 1 : Présentation de la zone de Kossodo

II-1.1. Géographie et géomorphologie

Le sous bassin versant de Kossodo est situé dans la périphérie Nord-est de la ville d'Ouagadougou, capitale administrative du Burkina Faso, dans l'arrondissement de NONGROMASSON. Il appartient au bassin-versant du Nabaouli, affluent du Massili, lui-même affluent de rive droite de la Nakanbé qui couvre une superficie de 350 km².

II-1.2. Hydrologie et hydrogéologie

Les principaux cours d'eau sont le marigot de Dassasgo (de Ouemtenga ou marigot de la prison) et le marigot principal qui rejoint le marigot de Dassasgo. On trouve également dans le sous bassin de kossodo de nombreuses rigoles drainant les eaux usées issues de nombreuses activités dans la zone ainsi que les eaux provenant du Canal de Zogona et du canal central qui se jettent tous les deux dans la forêt classée du barrage.

Le niveau statique de la nappe se situe à plus de 10 m de profondeur. De nombreux points d'eau (puits et forages) ont été aménagés dans la zone. Le marigot le plus proche longe la zone d'étude au Nord-est avant de rejoindre le marigot principal suivant une direction NW-SE. Le lit de ce ruisseau naturel est bien individualisé mais son débit se réduit rapidement après la saison des pluies. Ce cours d'eau correspond à l'axe principal de drainage du bassin versant qui rejoint la rivière Massili au Nord-est.

II-1.3. Substrat géologique

Il est constitué de socle granito-gneissique précambrien recouvert d'une couche d'altération latéritico-argileuse d'une épaisseur de 10 à 50 m. Les couches supérieures contiennent des faciès ferrallitiques ; une concentration d'oxyde et hydroxyde d'alumine de fer forme la curasse. L'ensemble constitue un vaste plateau. On observe dans cette zone de très faibles pentes (<1%) et dénivelés (± 20 m par rapport à l'altitude moyenne de 300 m). Ce modèle, très peu accidenté n'est pas propice à l'évacuation rapide des eaux de pluies et favorise la formation des marres et des zones d'eau stagnantes. Cette structure géologique ne comporte pas d'importantes nappes aquifères; seules les fractures ouvertes du substratum et la couche d'altération peuvent contenir de modestes réserves

II-1.4. Biodiversité et faune/flore

La végétation est passée de la savane arborée à la savane arbustive en l'espace d'un quart de siècle. La ceinture verte qui longe la rigole disparaît progressivement du fait des prélèvements incontrôlés de bois dont les usages sont variés. Vers le secteur 27, à la rive droite de la rigole, on observe également des mangroviaires. De plus les seules espèces jugées utiles par les populations telles que le karité (*Butyrospermum parkii*), le raisinier (*Lannea microcarpa*), ont été épargnées ou conservées. Quelques espèces fruitières ou non le manguier (*mangifera indica*),

l'eucalyptus, la pomme d'acajou (*Anacardium occidentale*), le calcédrat (*khaya senegalensis*) ont été planté à l'intérieur ou aux alentours des concessions et le long des rues.

Le sous bassin de Kossodo, possède une forêt classée. La faune à Kossodo est essentiellement constituée d'oiseau migrateur.

II-1.5. Climat

Il est de type soudano-sahélien avec une seule saison des pluies entre les mois de juin et octobre. La pluviométrie tourne autour de 600 à 800 mm en année normale. Les températures sont maximales en août (temp. moy. max. = 40°C) et minimales en janvier (temp. moy. min. = 15°C). L'évaporation atteint généralement une valeur proche de 3000 mm par an, ce qui compte tenu de la pluviométrie, indique pour les sols de longues périodes de déficit hydrique et des possibilités culturales limitées en zones non irriguées.

II-2. Activités

A Kossodo il y a des domaines d'activités très variés. En saison des pluies, l'activité des foyers est consacrée aux cultures des parcelles : mats (principalement), mil et sorgho. En saison sèche, les activités se diversifient: emploi saisonnier, commerce (bétail), artisanat (vannerie), cultures maraichères dans le périmètre de la rigole, etc. le secteur industriel est fortement présent dans la vie économique de Kossodo en particulier et de Ouagadougou en général. L'agriculture, l'élevage, la culture maraîchère et l'artisanat sont les principales sources de revenus des populations.

II-2.1. L'agriculture

Elle est pratiquée par l'ensemble des ménages. Les cultures pratiquées sont essentiellement pluviales et principalement constituées de Sorgho et du petit mil; mais également en plus faible quantité d'arachide, de maïs, de niébé, de sésame et de voandzou. Les surfaces en terre cultivable sont limitées, ce qui conduit au non pratique de la jachère. C'est une agriculture de subsistance qui est pratiquée autour des concessions. Les rendements sont relativement faibles, particulièrement en année sèche.

II-2.2. L'élevage

Il est pratiqué par une forte proportion des ménages, sans qu'il s'agisse d'élevage intensif. En effet, chaque famille dispose de quelques espèces : ovin, caprin, porcin et de volaille.

L'élevage bovin reste limité. Les quantités autoconsommées annuellement ne sont pas élevées car la production est essentiellement destinée à la vente.

II-2.3. Le commerce

Il était peu pratiqué dans les années 1996, aujourd'hui cette activité connaît une croissance rapide grâce à l'extension du site industriel. On dénombre plusieurs boutiques, buvettes et autres activités commerciales. Kossodo dispose d'un marché de bétail florissant.

II-2.4. L'Industrie :

Le secteur 25 est le berceau du domaine industriel de Kossodo en particulier et de la ville de Ouagadougou en général; de nombreuses usines y sont implantées. L'on peut citer entre autres la BRAKINA, la Société TAN ALIZ, Hage Matériaux, COBOPLAST (annexes 2, 3,4).

II-2.5. Le maraîchage

C'est une activité très répandue dans la ville de Ouagadougou. On y recense environ une soixantaine des sites de maraîchage. L'arrondissement où l'on trouve le plus de sites de maraîchers est celui de Nongremassom et Bogodogo. L'activité de maraîchage présente deux atouts importants pour l'agriculteur : financiers et nutritionnels. Si en milieu rural, l'atout nutritionnel est important, en revanche, c'est l'atout financier qui est dominant dans le maraîchage urbain. Dans la zone industrielle de Kossodo, le maraîchage est une activité très répandue et lucrative. En effet, bien avant leur l'installation au niveau du périmètre irrigué de la STEP, les maraîchers utilisaient les eaux usées de la BRAKINA et de l'Abattoir pour cultiver les choux, carottes, gombo, aubergine etc. Les cultures se succèdent ainsi pendant toute la saison sèche. Les légumes sont très facilement écoulés à Ouagadougou et procurent un revenu non négligeable au paysan (N'diaye, 1997).

II-3. Occupation et contraintes

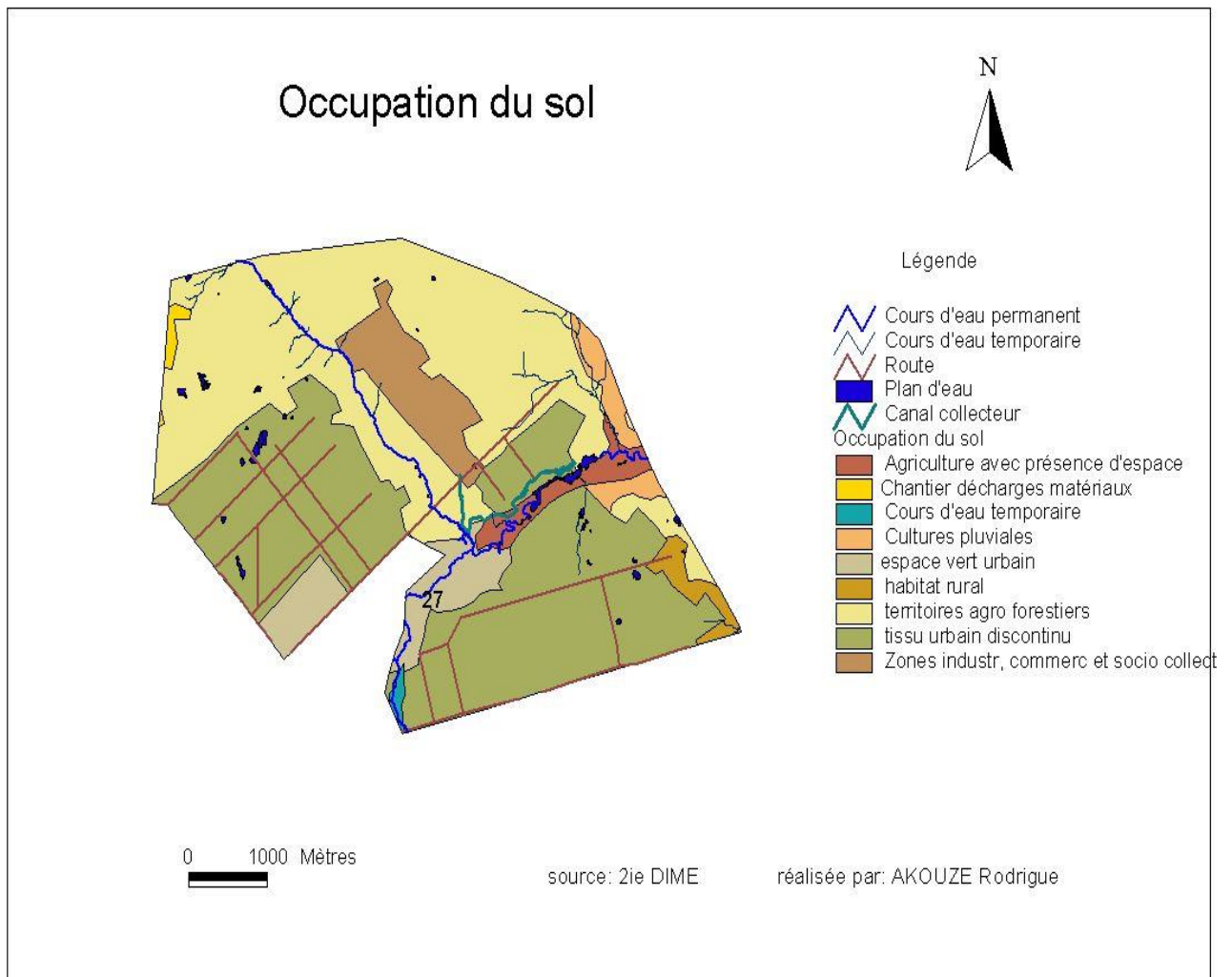
La zone est majoritairement occupée par des installations industrielles. On y trouve cependant, de l'autre côté de la voie principale, une zone (secteur 26) bien lotie avec des habitations modernes et une zone non lotie avec des habitations traditionnelles dont la majorité des occupants exerce l'activité agricole et maraîchère. La zone agricole ou

marachère se situe autour de la rigole d'évacuation des effluents et la zone d'habitation est discontinue. Il y existe de nombreux plans et cours d'eau temporaire et permanentes.

Proche des unités industrielles, on observe une zone rurale symbolisée par un village Mossi installé depuis de nombreuses générations appelé Kossodo Nabinso et de grand espace agro forestière, dans le secteur 25.

Les problèmes d'eau potable et d'assainissement sont très importants dans la zone d'étude.

La carte suivante illustre les différentes occupations et contraintes de la zone d'étude.



Carte 2: occupation du sol et contrainte

CHAPITRE III : METHODOLOGIE DE L'ETUDE

III-1. Le zonage

Cette étude concerne la zone industrielle de Kossodo ainsi que tous les secteurs 25, 26 et 27 voisin des unités industrielles. Dans ces secteurs, nous nous sommes contentés de limiter notre étude sur un rayon de 500m autour de la rigole et des unités industrielles.

Notons que les limites ainsi données ne sont pas exactes et précises ; elles sont approximatives mais cela n'entache en rien l'objectivité de l'étude.

III-2. La recherche documentaire

Cette étape a consisté à prendre connaissance des travaux effectués dans le domaine du diagnostic environnemental, à identifier les institutions et personnes ressources, à choisir les méthodes et outils adaptés à notre problématique pour la collecte de données, à s'imprégner des caractéristiques de notre milieu afin de faire une présentation succincte de notre zone d'étude.

Elle nous a permis de constater à travers la lecture des articles, des revues, des magazines, des ouvrages généraux et autres mémoires que peu d'études ont été faites en matière de diagnostic dans la zone industrielle de Kossodo.

III-3. Les travaux de terrain

III-3.1. Relevés cartographiques

Après avoir délimité notre zone d'étude, nous avons procédé à des relevés cartographiques. Ainsi, un certain nombre d'infrastructures socio-économique, sanitaires, scolaires, etc. ont été relevées à l'aide d'un GPS.

III-3.2. Les enquêtes domiciliaires

Les enquêtes effectuées nous ont permis de recueillir des informations pratiques relatives à l'assainissement, à la perception de la population vis-à-vis de la proximité de la zone industrielle, à évaluer les conséquences des rejets industrielles sur les activités socio-économiques et agricoles des populations riveraines.

Au total, 120 ménages ont été enquêtés. Les questionnaires s'adressaient prioritairement au chef de ménage et par défaut à l'épouse.

III-3.3. Les questionnaires

La collecte des données auprès des populations s'est faite à partir des questionnaires mixtes (des questions structurées avec des cases à remplir et des questions à choix multiples), nous avons en même temps encouragé les enquêtés à répondre et à choisir, dans une certaine mesure et d'émettre des suggestions qui selon eux amélioreront leur voisinage avec la zone industrielle.

III-3.4. L'observation directe

Elle a consisté essentiellement à parcourir, observé et analyser (visuellement) le milieu physique à l'aide d'une fiche de diagnostic.

III-4. Traitement des données collectées

Au terme des enquêtes domiciliaires, un traitement des données a été fait sur EXCEL un logiciel du paquet Microsoft Office qui s'occupe de la création de bases de données. Cela a consisté d'abord à la création de plusieurs tables et sous tables correspondant aux différentes parties du questionnaire. Ensuite une codification des différentes réponses possibles des questions posées a été faite ; ce qui a permis la saisie des résultats des enquêtes domiciliaires. Enfin un croisement des différentes tables et sous tables a été effectué, et à l'aide des requêtes, nous avons pu tirer des informations nécessaires à la rédaction de ce mémoire.

III-5. Prélèvements : sites-échantillonnage

Dans notre étude le choix s'est porté sur les eaux souterraines de la zone industrielle de Kossodo pour plusieurs raisons qui sont :

- La forte concentration des unités industrielles dans la zone ;
- L'importance quantitative et qualitative des effluents industriels toxiques ;
- Le manque d'égout approprié pour évacuer ces eaux ;
- Le risque de contamination que représentent ces eaux industrielles dans les eaux souterraines de cette zone ;
- La coexistence de cette zone industrielle avec une zone d'habitation ;
- L'exploitation des eaux souterraines de cette zone pour des usages de consommation domestique.

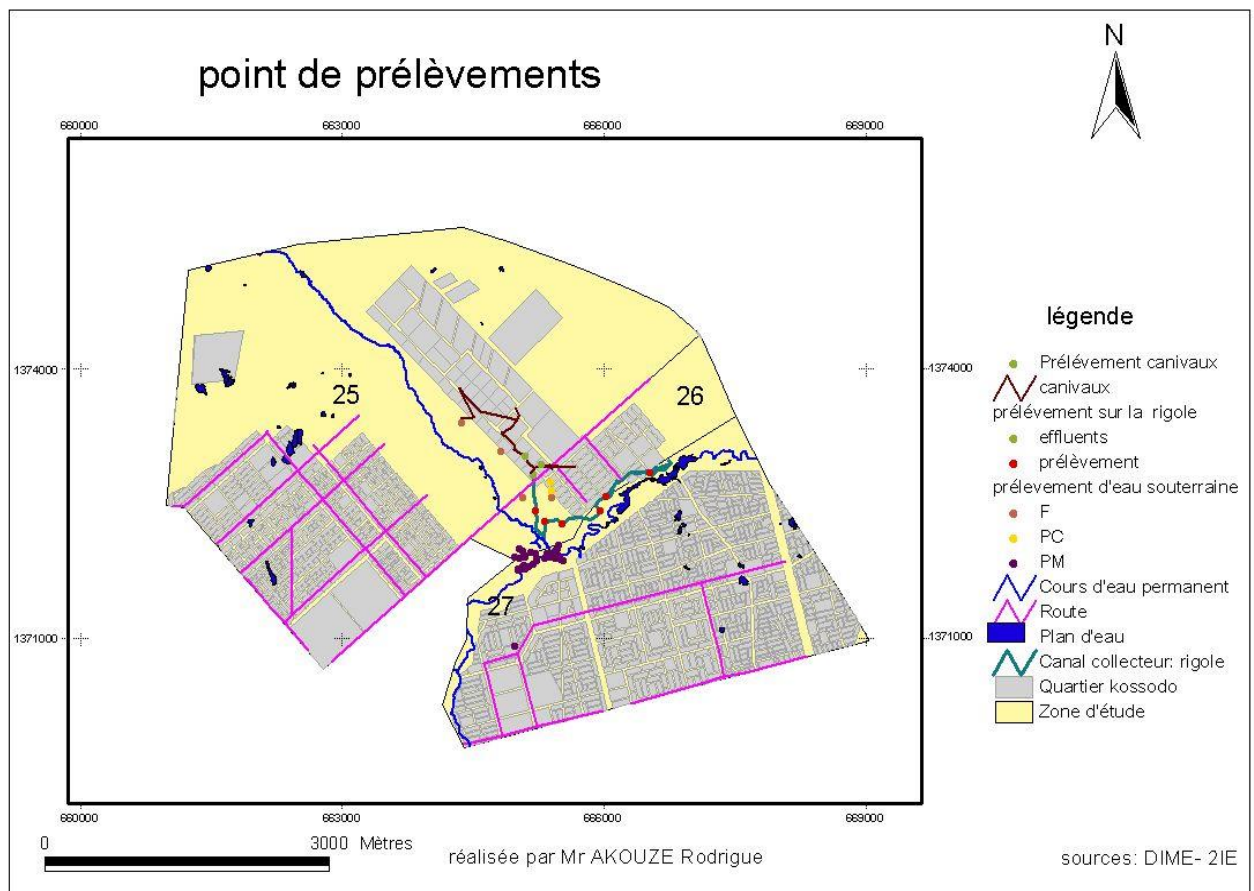
Les sites retenus devront nous permettre d'évaluer les charges polluantes à la sortie des entreprises ciblées et du milieu récepteur. L'absence des dispositifs appropriés d'analyse des huiles, de certains métaux lourds et autres polluants à la Fondation 2iE nous a conduits à écarter certains prélèvements. Pour analyser l'impact sanitaire de ces rejets, l'analyse des eaux souterraines est la plus indiquée et pour l'impact sur l'environnement naturel, l'analyse des échantillons prélevés le long du réseau d'évacuation des eaux usées (caniveaux, canal d'évacuation) nous renseignera sur le degré de pollution et la nature des polluants.

Les échantillons prélevés sur le site étudié sont, ceux concernant les eaux de consommation autre que celle de l'ONEA (eau de forage et de puits) utilisées par certains ménages des secteurs concernés par notre étude ; et ceux concernant les eaux usées séjournant dans les marigots situés à proximité de la zone industrielle de Kossodo. Les prélèvements nous ont permis d'évaluer la charge polluante de 29 échantillons d'eau répartis en : 17 puits, 3 forages, 6 stations de prélèvement le long de la rigole caniveaux, 3 stations de prélèvement sur les caniveaux. A la sortie de la zone industrielle.

Les échantillons d'eau ont été conservés à 4 °C pendant le transport et au laboratoire, puis ont été analysés dans les 24 heures qui suivent.

Une description des points de prélèvement est faite en **annexe1**.

La carte n° 3 donne une répartition spatiale des différents points de prélèvement.



Carte 3 : répartition spatiale des points de prélèvement

III-6. Paramètres et méthodes

Dans notre étude, nous nous limiterons à la mesure des paramètres révélateurs de pollution organique, et de pollution bactériologique. Nous élargirons les analyses aux paramètres physico-chimiques dangereux ou toxiques spécifiques à la tannerie.

Les méthodes d'analyses sont celles préconisées par les normes AFNOR (1997) et par RODIER (1996).

III-6.1. Paramètres physico-chimiques

- **La température, la conductivité électrique et le pH**

Ils ont été mesurés *in situ*, à chaque prélèvement, à l'aide d'un potentiomètre, d'un conductimètre et d'un pH-mètre.

- **Les MES (matières en suspension)**

Ce sont des particules de toutes tailles qui peuvent être extraites d'un liquide par filtration, par centrifugation, ou par évaporation. Elles représentent la forme la plus visible de la pollution. Les MES sont exprimées en mg/L de produit sec. La mesure se fait avec un spectrophotomètre (HACH) DR/2000.

- **La turbidité**

Elle désigne la teneur d'un liquide en matière qui la trouble. Elle est causée par des particules colloïdales qui absorbent, diffusent et ou réfléchissent la lumière. Elle est mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre (HACH) DR/2000.

- **La demande chimique en oxygène (DCO) s'exprime en mg/L.**

Sa mesure rend compte de la quantité des principaux éléments carbonés biodégradables ou non, susceptibles d'être oxydés dans le milieu considéré. Cette mesure se base sur le principe que dans des conditions opératoires bien définies, certaines matières contenues dans l'eau sont oxydées par le dichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) en milieu acide et en présence de catalyseurs. Le rapport DCO/DBO₅ permet de juger de la biodégradabilité d'une eau et par voie de conséquence l'intérêt du choix d'un procédé d'épuration biologique. La demande chimique en oxygène est déterminée en adoptant la méthode normalisée Afnor (T90-101).

- **La demande biologique en oxygène (DBO₅)**

C'est la quantité d'oxygène en milligramme consommée par les micro-organismes contenus dans un litre d'eau au bout de cinq jours dans les conditions expérimentales définies (obscurité, température de 20° C). Ce paramètre permet d'évaluer le contenu d'une eau en matière biodégradable et donc dans une certaine mesure sa qualité et son degré de pollution (pollution par micro-organismes divers, par les agents chimiques, par les éléments C H O N P S). La demande biochimique en oxygène pendant cinq jours est effectuée selon Rodier par la méthode instrumentale (RODIER *et al.*, 1996).

- **Le chrome, le nickel, le cadmium, le cuivre**

Leurs concentrations ont été déterminées à l'aide d'un spectrophotomètre d'absorption atomique, SAA200 PERKIN ELMER.

- **Les nitrates, les ions ammoniums, les sulfates et les ortho phosphates** ont été dosés par spectrophotométrie. (HACH) DR/2000.
- **Le dosage des chlorures, du calcium, du magnésium et des carbonates** a été effectué par titrimétrie.
- Le spectrophotomètre à flamme a été utilisé pour mesurer les concentrations du **potassium et du sodium**.

III-6.2. Paramètres microbiologiques

Il s'agit des représentants des indicateurs de contamination fécale : les coliformes totaux, les coliformes thermotolérants et *Escherichia coli* et les streptocoques fécaux. Ces paramètres ont été mesurés les méthodes normalisées de routine dont la technique de filtration sur membrane pour les eaux potables et la technique d'incorporation en gélose pour les eaux usées. Le milieu de culture utilisé est le milieu sélectif Chromocult es agar pour les coliformes totaux, les coliformes thermotolérants et *Escherichia coli* et celui de Slanetz Bartley pour les streptocoques fécaux. L'incubation a été faite à 37°C pour les coliformes totaux, et à 44°C pour les coliformes thermotolérants et *Escherichia coli*.

CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSION

IV-1. Résultats des enquêtes

Durant cette étude, cent vingt (120) ménages ont fait l'objet d'enquêtes avec une moyenne de 6 personnes par ménage.

IV-1.1. Approvisionnement en eau potable

Dans notre zone d'étude, les populations sont approvisionnées en eau potable par l'Office National de l'Eau et l'Assainissement (ONEA) à partir de deux (2) sources :

- L'eau souterraine : elle provient de 3 forages répartis dans les secteurs 25, 26 et 27.
- L'eau de surface : elle provient du barrage de SOMGANDE.

D'une manière générale, l'approvisionnement en eau potable se fait essentiellement par les bornes fontaines (52%) et les forages (32%). La faible proportion des ménages branchés au réseau de distribution d'eau potable de l'ONEA (16%) reflète, le faible niveau de vie des populations de Kossodo. Ces populations, constituées en majorités de paysans, ne disposent point de moyens financiers nécessaires pour s'offrir le luxe d'un branchement privé d'eau potable. Cette situation s'explique également par le fait que les zones des secteurs 25 et 26 objet de cette étude sont essentiellement non loties et par le refus des responsables de l'ONEA d'étendre leur réseau d'adduction d'eau potable à des zones non loties.

La figure n°1 donne les résultats des enquêtes sur les premiers choix des différents points d'approvisionnement en eau de consommation des populations estimés en pourcentage.

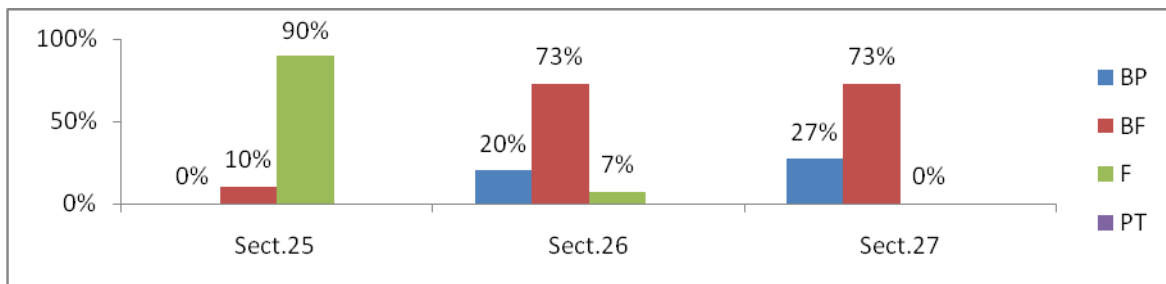


Figure 1 : Résultats de la situation de l'approvisionnement en eau potable

IV-1.2. Assainissement

De manière générale, l'assainissement comprend l'évacuation et le traitement des eaux et des solides usagés. Ces matières incluent les eaux de pluie, de drainage, de lavage, les eaux usées et / ou provenant de toilettes, les excréments, et les déchets solides ; ces derniers ont différentes origines (domestique, agricole, industrielle, médicale...).

- **Evacuation des eaux usées et excréta**

La zone ne dispose pas d'un système de gestion des eaux usées. La majorité des ménages jette les eaux usées dans la rue ou dans la cours, seule une minorité utilise des puits perdus.

La STEP présente dans la zone industrielle ne recueille que des eaux usées d'un nombre restreint d'unités industrielles et des eaux usées provenant du centre ville d'Ouagadougou.

Il n'y a non plus de système de drainage des eaux de pluies, il n'existe qu'un caniveau le long de la route bitumée Ouagadougou-Kaya (RN 03) et une portion sur quelques ruelles de la zone industrielle. Les ruelles des secteurs 25,26 et 27 objets de l'étude ne possèdent pas de système de drainage des eaux de pluies.

Il existe à Kossodo, deux modes d'évacuation des aissances : les latrines et la nature. Les latrines à puits perdus sont dominantes dans les zones loties des secteurs 26 et 27 où il existe une forte concentration de population, tandis qu'en zone non lotie des secteurs 25 et 26 la majorité des habitants utilise la nature. Il existe au marché de Kossodo, trois (3) latrines publiques construites par la Mairie. Ces latrines sont hors service.

La figure n°2 donne les principaux modes d'évacuation d'aisance de la zone de Kossodo.

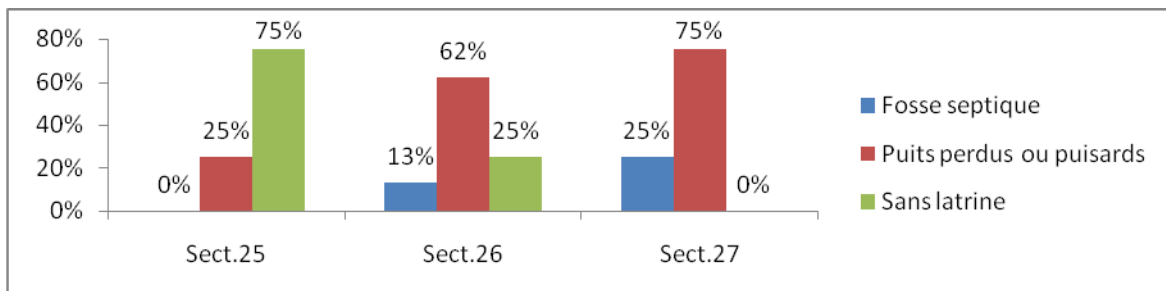


Figure 2 : Situation de l'évacuation des eaux usées et excréta

- **Déchets solides**

Dans notre zone d'étude, il n'existe pas de structure de gestion des ordures ménagères. Les ménages déposent leurs ordures principalement à l'intérieur ou à l'extérieur de leur concession. Le secteur 25 en est la parfaite illustration. L'absence de bacs à ordures pourrait être due au fait que le secteur soit non lotie en partie et occupé par un village. Fort est donc de constater des tas d'immondices lorsque l'on sillonne les ruelles de la zone d'étude de Kossodo.

La figure n°3 montre les modes d'évacuation des déchets dans la zone de Kossodo en fonction des secteurs.

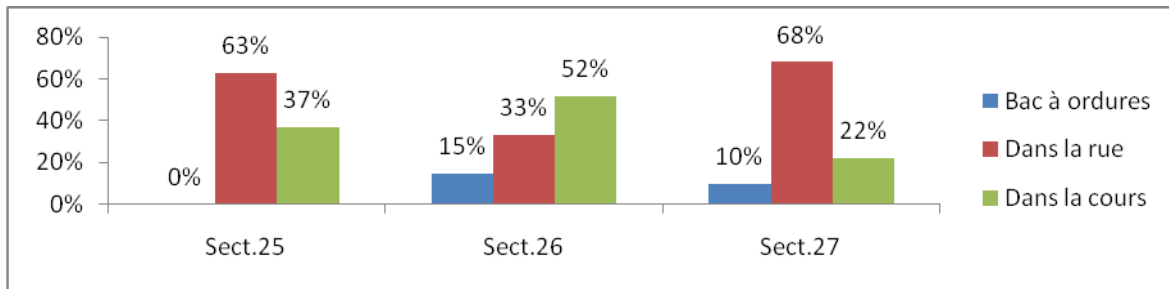


Figure 3 : évacuation des déchets solides

- **Mise en décharge et traitement des déchets**

Il n'existe aucune décharge ou dépotoir à Kossodo, les ordures biodégradables sont conduites dans les champs, les matières plastiques et autres sont incinérées ou abandonnées dans les rues.

Dans les secteurs 26 et 27, il existe une association en charge de la gestion des ordures. Les ordures sont collectées à l'aide des charrettes à traction asine et acheminées vers des endroits appropriés où elles subiront le compostage ou déversées dans les champs des demandeurs.

La figure n°4 montre comment se fait l'élimination des déchets dans les différents secteurs.

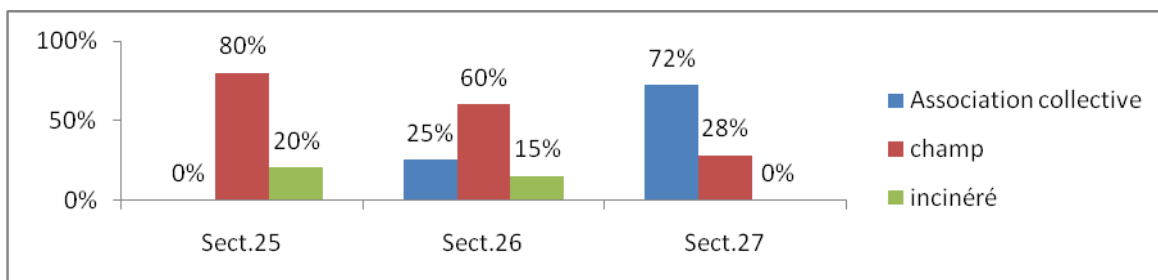


Figure 4 : gestion des ordures ménagères

IV-1.3. Qualité des eaux de surface

La zone de Kossodo dispose d'un marigot (prolongement du marigot de DASSASGO) qui se jette plus loin dans le fleuve Massili et de nombreux plans d'eau. Malheureusement, ces eaux de surfaces sont, pour la plupart, temporaires.

La zone bénéficie également de la rigole (canal évacuateur des effluents industriels) qui porte des eaux usées en toutes saisons. Cette rigole se jette dans le marigot et permet de recharger les nappes d'eau de la zone.

La présence de cette rigole a pour avantage l'augmentation des ressources en eau, la diminution des besoins en irrigation (Impacts certains sur les revenus agricoles, les eaux

souterraines) et la disponibilité en eau pour l'abreuvement du bétail, maraîchage, fabrication de briques et a pour inconvénients un impact sur la prévalence des maladies liées à l'eau, intensification de l'utilisation des ressources en eau et en sols, la dégradation de la qualité des eaux souterraines, etc.

IV-1.4. Qualité des eaux souterraines

Ces eaux sont sujettes à de vives critiques par les populations de la zone qui les utilisent à des fins multiples (boisson, irrigation,...) et les effluents industriels sont souvent accusés de les polluer. Les quelques forages présents dans la zone de Kossodo témoignent cependant de la bonne qualité physico-chimique des eaux souterraines mais elles demeurent contaminées par des bactéries. Elles sont sujettes à une contamination ou pollution naturelle ou anthropique. Dans cette zone, la nappe d'eau souterraine se trouve à moins de 10m.

IV-1.5. Couvert végétal

Au sein de la zone d'étude, la végétation peut être caractérisée de savane arbustive fortement dégradée et faiblement boisée. On y rencontre aussi des surfaces dénudées. Ces surfaces sont des zones d'exploitation de bois de façon anarchique pour les besoins énergétiques. Une ceinture verte apparaît cependant le long de la rigole d'évacuation des effluents jusqu'au pont de la voie qui relie le secteur 26 au secteur 27. De façon générale, les populations ont recours à la végétation pour toutes leurs activités. Il n'existe aucun espace vert dans la zone, néanmoins on note la présence de quelques arbres fruitiers à l'intérieur des concessions (manguier, goyavier etc.) et d'une mangeraie isolée près de la rigole dans le secteur 27.

IV-1.6. Etat des sols

Les sols cultivés sont fortement dégradés, on pourrait les classer dans la catégorie des sols abandonnés mais compte tenu du manque d'espace, les populations continuent à les exploiter.

IV-1.7. Perception des nuisances dues à la zone industrielle

Il s'agit ici des nuisances dues à la poussière, au bruit et aux odeurs émanant des activités des unités industrielles.

La pollution de l'air est fortement dominée par des émissions d'odeurs nauséabondes. En effet, à proximité de la tannerie (Tan Aliz) les sulfures utilisés dans le traitement des peaux dégagent du sulfure d'hydrogène (H₂S), un gaz d'odeur fétide et assez toxique. A ces odeurs

provenant de la tannerie s'ajoutent celle provenant de la décomposition des carcasses de bœuf et des matières organiques rejetés par l'abattoir. Ces odeurs créent un gêne au sein des populations environnant et entraînent quelques fois des malaises, voir des maladies. Les populations vivant le long de la RN03 des secteurs 25 et 26 et celles vivant sur un rayon d'environ 300m de la rigole (secteurs 25, 26 et 27), demeurent les plus touchées.

Par ailleurs, les unités industrielles engendrent très peu de bruits et de poussière. Les bruits des unités industrielles sont très peu perceptibles et temporaires, sauf ceux provenant de la Sonabel. De même, ces activités industrielles engendrent très peu de poussière. Seules, les mouvements de véhicules sont responsables des bruits et poussières engendrés dans la zone d'étude.

La figure n°5 montre la perception des odeurs provenant des rejets industriels

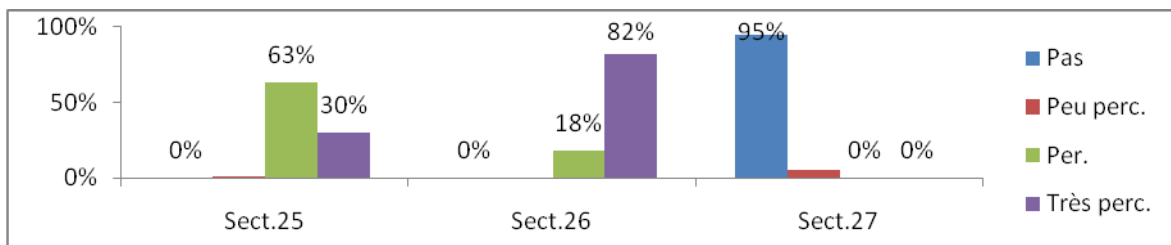


Figure 5 : perception des odeurs émanant des rejets industriels (eaux usées industrielles)

IV-1.8. Nuisances sur la santé

Les effluents industriels qui ruissellent à ciel ouvert, les rejets gazeux des industries, le manque d'infrastructures d'assainissement et le non respect des normes d'hygiène chez les populations ne sont pas sans conséquence sur la santé de ces dernières. L'origine des différentes pathologies diagnostiquées chez ces populations est très difficile à déterminer. Cependant, le paludisme apparait la pathologie la plus rependue chez les populations de la zone d'étude.

La figure n°6 donne la répartition des pathologies les plus fréquents chez les populations

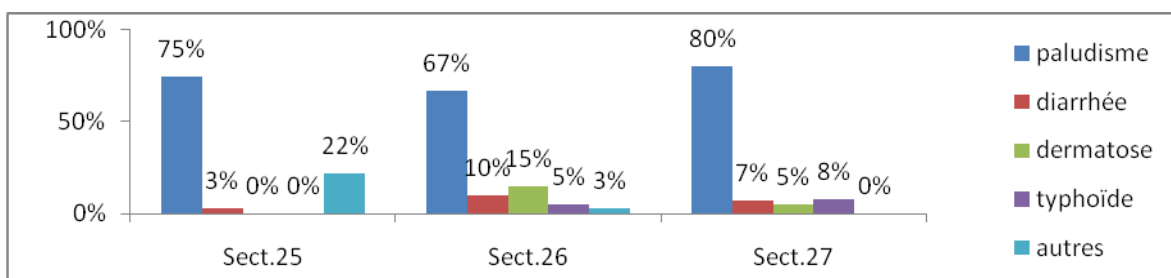


Figure 6 : types de pathologie chez les populations

IV-1.9. Solutions envisageables

Afin de résoudre les problèmes occasionnés par la zone industrielles sur l'environnement et à la santé, les populations de la zone estiment qu'il faut traiter les effluents industriels sinon déplacer les sociétés qui causent le plus de nuisance (Tan Aliz et Abattoir).

La figure n°7 montre les solutions préconisées par les populations en vue de résoudre les problèmes rencontrés sur les différentes composantes de l'environnement et sur la santé.

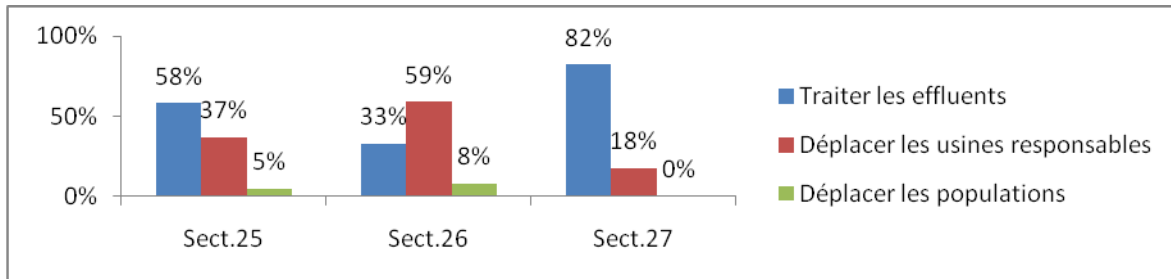


Figure 7 : type de solutions envisageables

IV-1.10. Maraichers

La zone maraichère constitue un vaste espace qui couvre plus 22 674 m² de superficie. De nombreuses cultures y sont menées et nécessitent plus de 21 026 litres d'eaux de nature diverses par jour. Ces cultures occupent une place importante dans la vie des maraichers car ces derniers tirent des revenus non négligeables de la vente de leurs produits. Par ailleurs, les produits de maraichages permettent d'alimenter en toutes saisons les marchés locaux en produits alimentaires divers.

L'annexe 8 donne les différents types de culture et les volumes d'eau journaliers correspondant.

IV-1.10.1. Approvisionnement en eau et usages chez les maraichers

Dans la zone maraichère, les eaux consommées proviennent principalement des puits (67%) et de la rigole (43%). L'eau d'origine souterraine est principalement utilisée pour l'arrosage des cultures et boisson à l'inverse des eaux de la rigole qui sont exclusivement utilisées pour l'arrosage des cultures. Si les maraichers utilisant les eaux de puits estiment à plus de 80% que ces eaux sont exemptes de contamination, les maraichers situés de part et d'autre de la rigole estiment (plus de 90%) que leurs eaux sont contaminées et constituent un danger pour la santé humaine en cas d'ingestion. Bien qu'utilisant les eaux de la rigole, certains

maraichers estiment que cette eau est responsable de l'assèchement de leurs cultures à certaines périodes de l'année et de la diminution de la qualité des produits.

La figure n°8 les différents usages eaux de puits et des eaux dans la rigole dans la zone maraichère.

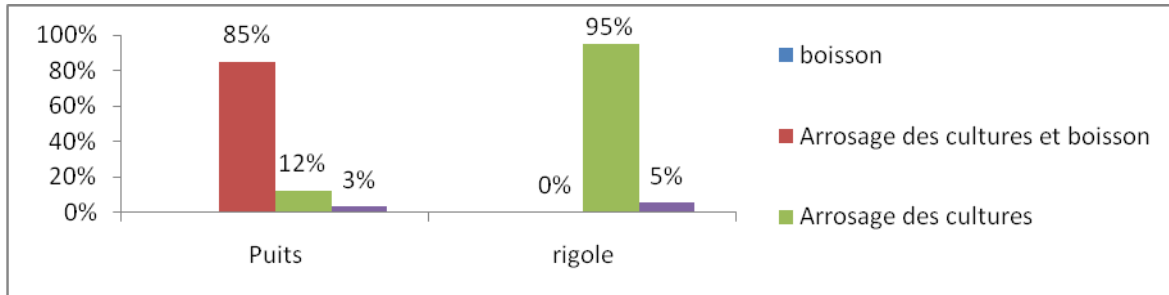


Figure 8 : origines et usages des eaux utilisées dans la zone maraichère

IV-1.10.2. Impact sanitaire

Les nombreux usages des eaux dans la zone maraichère n'est pas sans conséquence sur la santé des maraichers. En effet la maladie la plus récurrente chez ces derniers reste le paludisme. Mais il est important de noter ici une importante proportion des maraichers souffrant de typhoïde et de dermatose qui sont toutes les deux liées aux mauvaises conditions d'hygiène qui prévalent dans cette zone.

La figure n°9 donne les différentes pathologies dont souffrent les populations de la zone maraichère, notamment les maraichers.

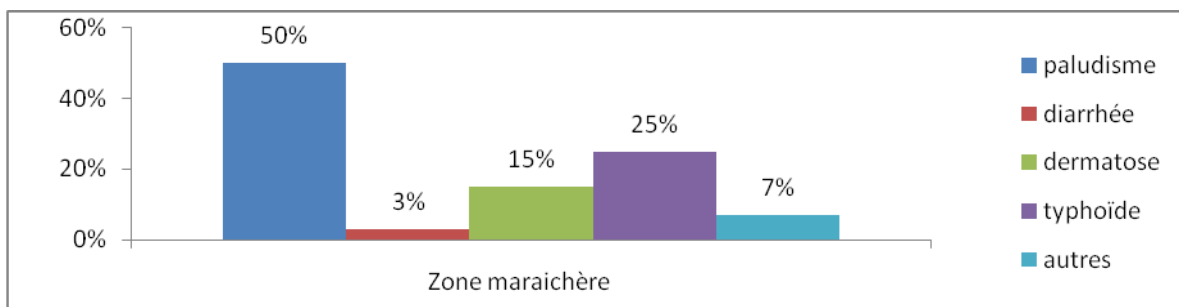


Figure 9 : types de pathologie chez les maraichers

IV-2 Classification des rejets industriels

IV-2.1. Sources de pollutions

Dans la zone industrielle de Kossodo, les sources de pollution correspondent essentiellement aux unités industrielles potentiellement polluantes. On dénombre plus de vingt une (21) entreprises répartie dans divers secteurs d'activités. Les annexes 2, 3, 4 présentent les entreprises recensées dans la zone industrielle

IV-2.2 Types de rejets

Les rejets industriels sont des déchets produits par l'industrie, le commerce, l'artisanat et le transport. Dans la zone industrielle de Kossodo, on distingue :

IV-2.2.1. Rejets solides

Les rejets solides se composent essentiellement d'emballages (cartons, papiers, plastics) de résidus de fabrication (métal, bois, mousse, drèches, etc.) et de vidange.

Les papiers et les cartons provenant des emballages sont difficilement quantifiables car ils sont en majorité directement brûlés en plein air dans l'unité industrielle. Les déchets riches en matières organiques sont en partie transformés en sous produits commercialisables, vendus en état brut ou directement offert aux populations. Les déchets solides non récupérés ou non éliminés sur place, sont collectés par des entreprises privées et évacués vers les décharges.

- **Les déchets industriels banals (DIB)**

Ils ne présentent pas de caractère toxique ou dangereux et la manutention ou le stockage ne nécessite pas de précaution particulière.



Figure 10 : déchets jonchant une ruelle de Kossodo

Nature des DIB : Papier et carton, bois, Verre Métaux, Plastiques et caoutchouc, Textiles et cuirs, Déchets organiques.

- **Les déchets industriels dangereux dans la zone de Kossodo** : ils contiennent des polluants.

Nature des déchets industriels dangereux: Déchets chromés ou contenant des PCB ou PCT, Huiles usagées, hydrocarbures, Accumulateurs et Batteries, piles, Boues industrielles, Solvants (peinture), Déchets phytosanitaire, Emballages souillés.



Figure 11 : déchets souillés d'hydrocarbures dans l'enceinte de la Sonabel

- **Déchets des chantiers bâtiment**

Ce sont des déchets de construction, démolition et réhabilitation qui jonchent certaines ruelles de la zone industrielle de Kossodo. Ce sont pour la plupart des inertes (remblais, déblais, déchets de terre, pierres).

IV-2.2.2. Rejets liquides



Figure 12 : effluents industriels au point de rejet dans la rigole

La plupart des industries recensées ont des rejets majoritairement liquides. Les effluents sont issus des procédés d'extraction ou de transformation des matières premières en vue de

fabriquer des produits industriels ou des biens de consommation. Ces eaux sont extrêmement hétérogènes. Leur quantité et leur qualité varient en fonction du procédé mis en œuvre et du domaine industriel.

IV-2.2.2.1. Evaluation quantitative

Dans la zone industrielle de Kossodo, quartier périphérique de Ouagadougou, les effluents sont d'origines diverses et de caractéristiques variées à cause de leur provenance et occupent une part importante dans la pollution du milieu naturel, des cours d'eau, des sols et du sous-sol.

Selon le rapport définitif juillet 1996 du Ministère de l'Eau et de l'Environnement portant sur la situation des pollutions affectant la rivière Massili et le barrage de Bagré, le cahier technique de l'usine de tannerie Tan-Aliz datant de 1999 révèle que cette société rejette environ 700m³ d'eaux usées par jour.

En plus de ces illustrations bien quantifiées, plusieurs autres industries et non des moindres, installées dans la zone industrielle de Kossodo rejettent également leurs eaux usées dans la nature de façon continue et permanente. Cette partie des eaux usées bien que n'ayant pas été quantifiée et caractérisée contribue pour une part importante dans la pollution du cadre de vie. En moyenne, la zone de Kossodo rejette 1930 m³ d'eaux usées industrielles par jour dans la nature, soit un volume annuel de 704 450 m³. Les eaux résiduaires hors réseaux de la STEP, dans la zone industrielle de Kossodo, proviennent essentiellement de la tannerie Tan Aliz.

IV-2.2.2.2. Evaluation qualitative

L'annexe 5 donne les résultats des analyses physico-chimique et toxicologique des effluents industriels de Kossodo ainsi que la caractérisation des effluents de quelques unités industrielles dans la zone de Kossodo.

En plus de leur quantité extrêmement importante, le véritable problème des eaux usées industrielles de Kossodo réside dans leur qualité. Elles présentent un large spectre de polluants chimiques qui sont des composés à l'état solide ou dissous, des matières organiques et minérales, des métaux, des hydrocarbures, des solvants, des polymères, des huiles, des graisses, des sels, etc. à divers niveaux de toxicité.

- **Cas des effluents de Tan Aliz (Kossodo)**

D'après KOUDOUGOU, Le processus industriel de tannage à l'usine TAN ALIZ se caractérise par une grande consommation d'eau et de produits chimiques divers tout au long des opérations de traitement des peaux notamment au « travail de rivière ». Cela entraîne un rejet d'énorme quantité d'eaux usées très chargées et dangereuses pour la santé de l'homme et l'environnement. Au titre des substances chimiques entrant dans ce processus et présents dans les effluents nous avons : l'hydroxyde de calcium(250-300t/ans), sulfure de sodium(300-360t/ans), sulfate d'ammonium (30-35t/ans), acide formique(10-15t/ans), chlorure de sodium(300-360), bicarbonate de sodium (2-3t/ans), formiate de sodium (250-300), sulfate de chrome (250-300t/ans). Le tannage pratiqué est celui au chrome minéral et sans conservation des poils utilisant les produits chimiques ci-dessus cités

Tous ces produits chimiques intervenant dans les différentes opérations de transformation de la peau ne disparaissent pas systématiquement. Certains sont fixés par les peaux, d'autres sont transformés, d'autres encore ne subissent aucune réaction. Les produits non fixés par les peaux, les poils, les pellicules, les graisses, et les protéines arrachées correspondent aux constituants des effluents qui sont à l'origine des pollutions et nuisances créées par TAN ALIZ.

Une autre catégorie de déchet liquide est formée par les huiles usagées provenant des moteurs de véhicules, des installations industrielles et des équipements de la station de traitement des eaux usées. Le volume d'huile usée rejetée annuellement par la tannerie est d'environ 5m³/an.

IV-2.2.3. Rejets gazeux

L'hydrogène sulfureux (H₂S) toxique et irrespirable libéré par suite des activités de la tannerie est le gaz le plus gênant. A lui s'ajoutent les gaz azotés provenant des effluents de l'abattoir. De la combustion du fuel au niveau de la Sonabel et de Brakina s'échappent des gaz carbonés (CO₂, CO, alcanes, NO_x etc.). Il est également à signaler les émissions de gaz toxiques dans les unités de fabrication ou d'utilisation des peintures, de colles, etc. et de particules fines des menuiseries (bois et métalliques). A cela s'ajoute la poussière émise par le trafic des véhicules de marchandise et des chantiers de construction.

De nombreuses odeurs (gaz) nauséabondes proviennent également des systèmes de lagunage de la STEP, installé dans la zone industrielle.

IV-3. Résultats d'analyse des eaux souterraines et de surface

IV-3.1. Résultats des effluents des unités industrielles

L'annexe 5 donne les résultats des analyses physico-chimiques, toxicologiques et effluentes industrielles de Kossodo.

- **Bilan de pollution des effluents du réseau de canalisation allant de Brakina à Adam Afrique**

Dans ce tronçon, les concentrations moyennes élevées, sont essentiellement dues aux fortes valeurs des eaux prises au point de rejet de la savonnerie Adam Afrique pour l'ensemble des paramètres (sauf K, Ca, PO_4^{3-} et DBO5). Suivant les concentrations moyennes, les effluents drainés par ce tronçon présentent, par rapport aux normes, des valeurs élevées en conductivité (2190 $\mu\text{S/cm}$), MES (278 mg/l), sodium (740mg/L), ammonium (296,7mg/L), nitrates (1500,4mg/L), sulfates (1150mg/L), chlorures (900mg/L) et en DCO (980mg/l). La forte teneur de ces effluents en nitrates est susceptible, à fortiori, de favoriser ou de contribuer au phénomène de l'eutrophisation de la rigole observé au point R5 et aussi de l'envahissent de ce tronçon par des plantes. La savonnerie Adam Afrique reste donc la principale source de pollution dans ce tronçon. Le mélange des effluents (E3) des unités industrielles avant leurs déversements dans la rigole, reflète le caractère très chargé des eaux usées rejetées par les usines.

Du point de vue physico-chimiques les effluents présentent des teneurs élevées en MES, conductivité, ammonium, nitrates, sulfates, chlorures, DBO5 et DCO.

Sur le plan microbiologique, les effluents industriels représentés par les échantillons de Tan Aliz, d'Adam Afrique et E3 répondent aux normes microbiologiques de rejets des effluents dans les eaux de surfaces en terre Burkinabè. Avec des teneurs en coliformes thermotolérants de 72, 0, 19 pour 100ml d'eau usées analysées; d'E-colis 38, 0, 5 pour 100ml d'eau analysée respectivement pour Tan Aliz, Adam Afrique et E3.

- **Tan Aliz annexe de la MACO**

L'annexe 7 donne une caractérisation des effluents de Tan Aliz annexe de la MACO.

Bien que les effluents de Tan Aliz Kossodo ne présentent pas l'image de toxicité (absence de métaux lourds à des teneurs hors normes) qui caractérise d'autres composés, comme le cyanure par exemple, ceux de la succursale Tan Aliz Maco sont fortement concentrés en

chrome (avec des valeurs moyennes qui varient de 140.617mg/L à 74.43mg/L) et conduisent au niveau du point de rejet à de fortes perturbations sur la faune et la flore locale. Ce phénomène s'attenu rapidement au fur et à mesure que l'on s'éloigne du point de rejet par diminution de la concentration comme le montre le graphique 4 ci-dessous.

Mais il est possible que dans des contextes hydrographiques particuliers, le rejet de ces effluents provoque une contamination des nappes et produise des eaux saumâtres.

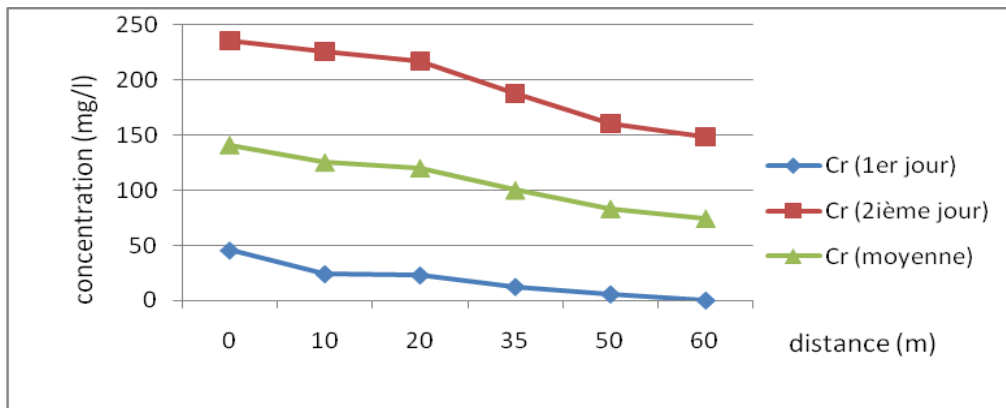


Figure 13 : évolution du chrome de Tan Aliz annexe, dans le canal de la MACO

- **Paramètres physico-chimiques et toxicologiques**

Le mélange des effluents (E3) des unités industrielles avant leurs déversements dans la rigole, reflète le caractère très chargé des eaux usées rejetées par les usines.

Du point de vue physico-chimiques les effluents présentent des teneurs élevées en MES (278 à 1450 mg/L), conductivité (2190 à 6000 μ S/cm), ammonium (17,9 à 133,5mg/L), nitrates (52,3 à 1500,4mg/l), sulfates (650 à 1150mg/l), chlorures (750 à 900mg/L), DBO5 (54mg/L) et DCO (296 à 980mg/L (**voir annexe 5**).

IV-3.2. Résultats des eaux de la rigole

Les annexes 10 et 11 donnent les résultats des analyses des eaux de la rigole.

- **Paramètres physico-chimiques et toxicologiques**

Le point R1 sur la rigole, mélanges des effluents des unités industrielles et des eaux de la rigole, reflète le caractère très chargé des eaux usées rejetées par les usines.

Du point de vue physico-chimiques les eaux de la rigole présentent des teneurs élevées en MES (225 à 791 mg/L), conductivité (965 à 5731 μ S/cm), ammonium (43.1 à 126,4 mg/L), nitrates (70.4 à 585,2mg/L), sulfates (100 à 800mg/L), chlorures (200 à 851mg/L), DBO5 (21 à 80mg/L) et DCO (910 à 6150 mg/L).

Cette pollution se propage le long de la rigole de façon croissante pour certains paramètres et décroissante pour d'autres.

Du point de vue toxicologique, les eaux de la rigole présentent des traces de métaux lourds analysés. Le Nickel y est la principale forme de métaux lourds avec des teneurs (0,005 à 0,08 mg/L) conformes à la norme burkinabé de rejet des effluents dans les eaux de surface.

- **Paramètres microbiologiques**

Dans l'ensemble des résultats les eaux présentent une contamination microbiologique par quelques germes importante dans la zone avec une absence de streptocoques fécaux dans ces eaux.

Les résultats des eaux de la rigole sont conformes aux normes de qualité des eaux de baignades du Burkina Faso.

IV-3.3. Résultats des eaux souterraines

IV-3.3.1. Forages

Les annexes 12 et 13 donnent les résultats des analyses réalisées sur les différents échantillons d'eau des forages.

- **Paramètres physico-chimiques et toxicologiques**

Les résultats révèlent des teneurs élevées en turbidité (13 à 22 mg/L) et en demande chimique en oxygène (62 à 78mg/L) dans les trois (3) forages. Ces valeurs, sont respectivement supérieures aux normes de potabilité du Burkina Faso relatives à ces deux paramètres.

Par ailleurs, les paramètres toxicologiques analysés ici répondent aux normes de potabilité car ils sont sous forme de trace. Par conséquent les trois forages sont exempts de contamination en métaux lourds.

- **Paramètres microbiologiques**

Tous les forages sont exempts de contamination en streptocoques fécaux. Mais ils présentent cependant une contamination par les coliformes totaux, *E-coli* et en coliformes thermotolérants à des degrés divers. Le forage F1 présente les valeurs les plus élevées en contaminants bactériologiques analysés suivi du forage F2. Tandis que le forage F3 présente une faible contamination bactériologique en coliformes fécaux (8 sur 100ml d'eau de forage) avec une absence de coliformes thermotolérants, d'E-colis et de streptocoques fécaux.

V-3.3.2. Puits de concessions

Les annexes 14 et 16 donnent les résultats des analyses réalisées sur les échantillons.

- **Paramètres physico-chimiques et toxicologiques**

Au niveau des concessions, les échantillons d'eau des trois (3) puits identifiés présentent des valeurs de turbidité, de conductivité, de potassium, de DCO, de magnésium, d'ammonium et d'ortho-phosphates non conformes aux normes relatives à chacun de ces paramètres. Par ailleurs, seul l'échantillon PC3 présente une teneur en ortho-phosphates hors norme, de même que seul l'échantillon PC2 présente une teneur en magnésium au-dessus de la norme. Ces deux (2) puits présentent des valeurs en ions ammonium non conformes à la norme. Dans l'ensemble, ces eaux doivent subir un traitement physico-chimique des paramètres concernés avant leur consommation. Cependant ces puits ne présentent aucune contamination chimique des paramètres toxicologiques analysés.

- **Paramètres microbiologiques**

Au niveau des concessions, les différents échantillons d'eaux de puits analysées présentent des valeurs microbiologiques non conformes aux normes car ils présentent un développement important des coliformes totaux, des coliformes thermotolérants et d'E-colis bien qu'ils soient exempts de streptocoques fécaux. Le puits PC2 présente les plus fortes valeurs en coliformes et E-colis suivi du puits PC3 et PC1. Ces eaux sont donc microbiologiquement contaminées et devraient subir un traitement préalable avant leur consommation.

IV-3.3.3. Puits de la zone maraichère

Les annexes 15 et 16 donnent les valeurs des différents paramètres analysés au niveau de chaque puits.

- **Paramètres physico-chimiques et toxicologiques**

Sur le plan physico-chimique, seuls les puits PM14 et PM15 présentent des valeurs de pH qui sont dans les limites acceptables de la norme. La turbidité est non conforme à la norme dans toutes les eaux de puits et les valeurs de conductivité au-dessus de la norme sont enregistrées dans les puits PM6, PM10, PM11, PM12, PM13, et PM14. Les teneurs en ion ammonium dépassant la norme sont présentes dans les puits PM4, PM6, PM9, PM12, PM13 et PM14. Les puits PM1, PM2, PM3, PM4 et PM9 présentent des valeurs en nitrates non conformes à la norme. Tandis que toutes les eaux de puits présentent des valeurs en phosphates non conforme à la norme sauf pour les eaux du puits PM5.

Les valeurs en DCO dépassent les normes dans toutes les eaux de puits sauf pour les eaux de puits PM1, PM11, PM12 et PM15.

Ainsi, de tous les paramètres analysés seuls le pH, la turbidité, la conductivité, l'ammonium, les nitrates, les phosphates et la DCO présentent des valeurs non conformes à la norme relative à chacun de ces paramètres.

Ces différentes valeurs comparées aux normes témoignent de la pollution des eaux de ces différents puits et la non-conformité des eaux de puits à usage de boisson par l'Homme. Ces eaux nécessitent donc un traitement préalable avant toute consommation.

Du point de vue toxicologique, les différents puits ne présentent aucune contamination chimique.

- **Paramètres microbiologiques**

Bien qu'exemptes de streptocoques fécaux, tous les puits en zone maraichère sont contaminés à des degrés divers en coliformes totaux et fécaux ainsi qu'en E-coli.

Cela témoigne une activité (développement) importante de coliformes et d'*E-coli* dans ces eaux. Ainsi toutes ces eaux sont microbiologiquement polluées et nécessitent un traitement préalable avant leur consommation.

IV-4. Analyse et interprétation des résultats

IV-4.1. Aspect qualitatif des effluents

Bien que principale productrice d'eaux usées de la rigole et de matières toxiques, la tannerie demeure dans les normes de rejet des eaux usées dans les eaux de surface pour l'ensemble des paramètres sauf pour la conductivité, les nitrates, les ions ammoniums, les MES et la DCO. En effet, ses effluents contiennent des paramètres organiques (DBO) et chimiques (chloures, sulfates, sodium, potassium et métaux lourds) largement en dessous des normes de rejet exigées dans les eaux de surface. Les faibles valeurs en DBO5, prouvent que les effluents de Tan Aliz sont moins chargés en matière organiques biodégradables. Par ailleurs, les effluents de Tan Aliz, sont très chargés en matières en suspension (1050mg/l) et en matières organiques non biodégradables (420mg/L de DCO). Cela pourrait avoir pour conséquence, une perturbation des organismes aquatiques à métabolisme photosynthétique. Ralentissant ainsi le développement de la faune et de la flore aquatique. Et par voie de fait portant atteinte à la biodiversité dans la rigole. La conductivité très élevée (6600 μ S /cm), est significative d'une forte présence de sels dissous ou d'ions dans ces effluents.

La diversité des effluents issus des différentes unités industrielles conduit au mélange des effluents très chargés recueillis au point E3, avant d'atteindre la rigole Ce point présente une contamination considérable des eaux avec des teneurs élevées en demande biochimique en oxygène (DBO5), en demande chimique en oxygène (DCO), en matière en suspension, en conductivité, en ions ammoniums, en sulfates, en nitrates et en chlorures (**annexe 5**).

Dans ces effluents en général, la demande chimique en oxygène est très variable, la valeur minimale est de 296 mg/L, alors que la valeur maximale atteinte est de 980 mg/L. Le rapport DCO/DBO5 varie de 5,5 à 16,1. La grande variabilité de la fraction de la matière organique biodégradable pourrait être liée, d'une part, à une dilution des matières dissoutes et en suspension et, d'autre part, à l'origine de la contamination domestique ou industrielle (DEGREMONT, 1989).

Les résultats toxicologiques montrent que les métaux lourds sont sous forme de traces pour les paramètres analysés (annexe 5). Ces faibles concentrations en éléments métalliques et autres polluants pourraient être liées, d'une part, à une dilution considérable des effluents à la sortie des unités industrielles notamment la tannerie Tan Aliz et, d'autre part, à un transfert

de polluants ou effluents vers d'autres sites moins fréquentés par le biais de camions de vidange ou par le rejet des effluents aux heures très avancées.

IV-4.2. Aspect qualitatif des eaux de la rigole

Sur la rigole, au niveau du point R1, la DCO est très élevée (2270 mg/L) et la DBO5 est faible (36mg/L). En relation avec ces conditions, l'ion ammonium atteint une valeur moyenne de 126,4 mg/L et représente la principale forme de l'azote car les nitrates représentent 70,4 mg/L. Les chlorures, les sulfates et le sodium sont abondants (851 mg/L, 800 mg/L, et 960 mg/L en moyenne respectivement); la conductivité y est à sa plus hautes valeurs (5731 μ S/cm). Les valeurs de ces paramètres dépassent largement les normes Burkinabès de 2001 relatives à la qualité des eaux destinées à la pisciculture.

En allant vers l'aval (points R2, R3, R4, R5 et R6), la situation moyenne s'améliore pour la plupart des paramètres. On observe cependant une légère augmentation de la plupart des paramètres entre les points R2 et R5 situés en zone de maraichage intensive. Les valeurs moyennes de la DCO et de la DBO5 diminuent de façon significative dans la rigole, pendant que la teneur en ammonium se réduit progressivement (**figure 14 a, b, c**).

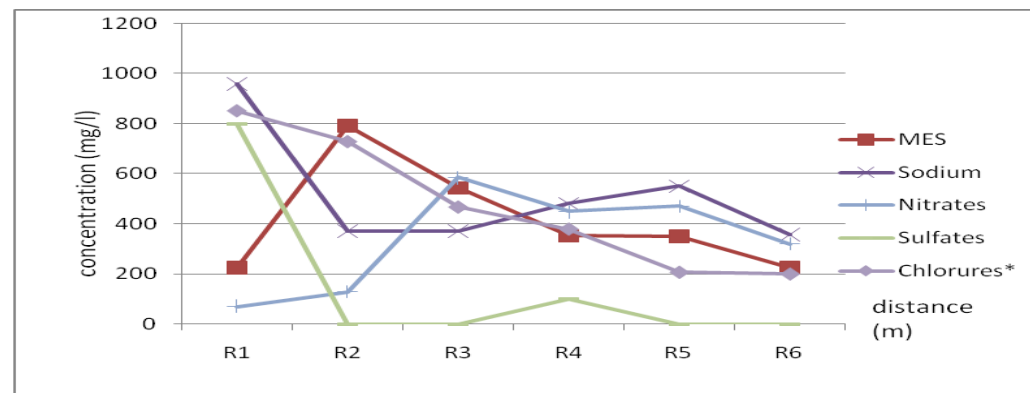
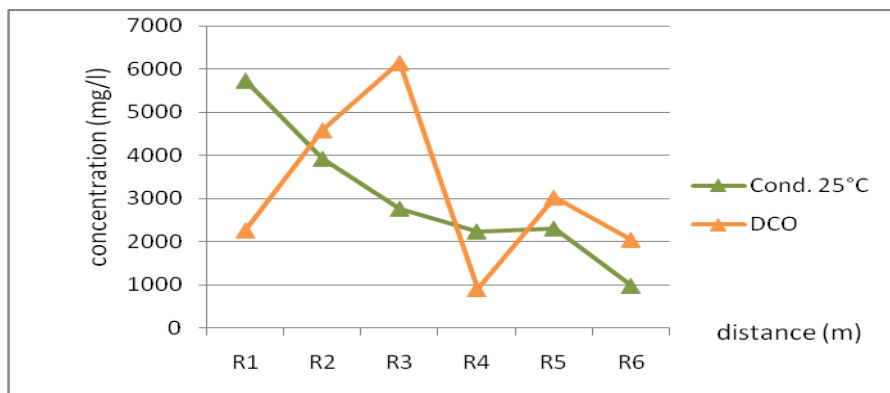


Figure a

Figure b

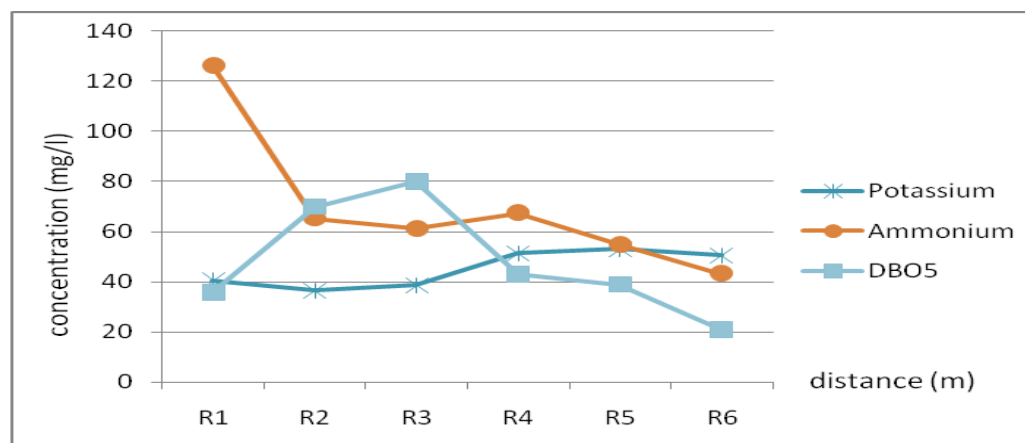


Figure c

Figure 14 : évolution des paramètres le long du cours de la rigole

Ce gradient d'autoépuration est assez régulier; toutefois, les nitrates, les phosphates, le potassium et les MES n'enregistrent pas une réduction importante, certainement sous l'influence des activités maraichères intensives, et aux apports latéraux mais aussi par les lessivages agricoles et les rejets industriels et domestiques.

On constate donc que la macro-pollution organique, due aux usées des unités industrielles, est ressentie au moins jusqu'au point R6, sur une distance de 2km du cours de la rigole.

L'efficacité de l'auto-épuration de l'eau est variable avec le temps. Ce phénomène est la résultante de plusieurs processus, la dilution des eaux polluées de la rigole, la fixation des polluants dans les sédiments et les organismes, leur évacuation vers l'aval et leur destruction sur place (pour ceux qui sont dégradables). Ces actions se manifestent de façon différente, en fonction de la température, de la lumière, du débit, etc.

Les résultats toxicologiques montrent que les métaux lourds sont sous forme de traces pour les paramètres analysés.

IV-4.3. Aspect qualitatif des eaux souterraines

Dans la zone de Kossodo, les eaux souterraines constituent une ressource importante d'eau pour l'approvisionnement de la population et pour l'irrigation. Il est donc impératif dans ce quartier d'évaluer l'effet des eaux usées sur la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux de puits et de comparer la qualité de ces eaux aux normes de potabilité de l'eau de boisson et de l'eau pour l'irrigation de plusieurs cultures.

IV-4.3.1. Paramètres physiques

Dans la zone de Kossodo, la température des eaux de puits étudiés varie entre 28°C et 25°C. Ces températures sont conformes aux normes pour une eau destinée à la consommation humaine par le Burkina Faso.

Le pH des eaux souterraines varie entre 5,7 et 7,2 et 62% d'échantillons ne répondent pas aux normes de potabilité relatives au pH contre 38% d'échantillons. Les pH acides rencontrés résultent de l'infiltration des eaux superficielles (eaux usées domestiques, eaux de pluies et les effluents industriels) dans les aquifères cristallins (granitique).

La conductivité montre une large variation de la composition chimique des eaux, elle varie entre un minimum de 180 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et un maximum de 1520 $\mu\text{S}/\text{cm}$. L'importance de la conductivité des eaux souterraines pourrait être due à une minéralisation importante des eaux suite à une dissolution (altération) des roches et à l'infiltration des effluents dans les nappes. En effet, le faciès géologique de la zone est constitué de socle granitique précambrien

recouvert d'une couche d'altération latéritique d'une épaisseur de 10 à 50 m. les couches supérieures contiennent des faciès ferrallitiques ; une concentration d'oxyde et hydroxyde d'alumine de fer forme la curasse. Cette géologie propre à la zone de Kossodo pourrait donc jouer un rôle dans l'augmentation de la teneur en sels des eaux souterraines par des remontées des nappes profondes.

La turbidité des eaux souterraines est importante et non conforme à la norme de potabilité dans tous les puits et forages, et varie de 6 à 181 UNT. En se référant aux normes Burkinabès de potabilité, aucun puits ne peut être considéré comme acceptable. La turbidité élevée résulte de la présence d'une teneur de matières en suspension dans l'eau et d'origines diverses : fracturation dans les roches notamment granitiques, dépôt de poussière si le puits est mal protégé, mauvais développement du forage (l'eau n'est pas claire), équipement de forage mal fait (matériaux d'équipement inadaptés ou de mauvaise qualité) ce qui entraîne une mauvaise filtration de l'eau captée.

Les figures n°15 montrent l'état des différents points d'eaux souterraines (puits et forage) par rapport aux paramètres physiques considérés.

Abscisses : échantillons

Ordonnées : concentrations

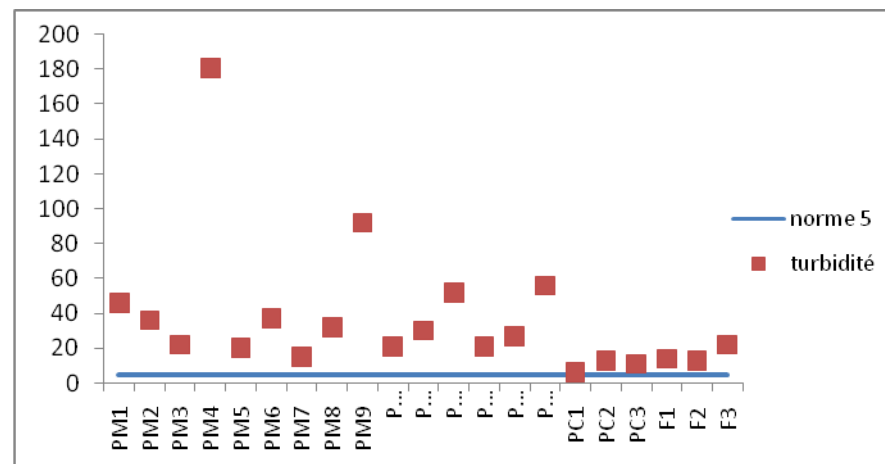
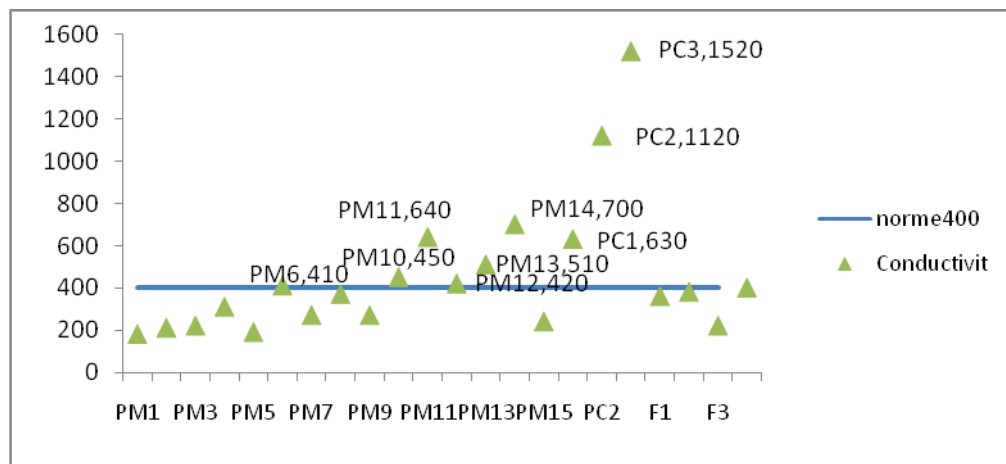


Figure d

Figure e

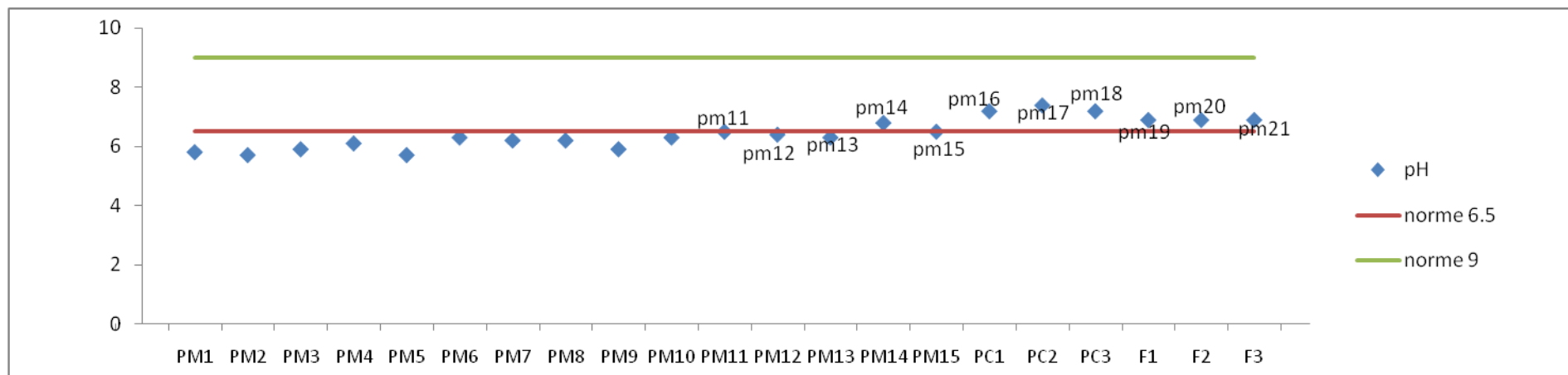


Figure f

Figure 15 : Répartition des puits et forages / normes des paramètres physiques analysés

IV-4.3.2. Paramètres chimiques

Les valeurs élevées de la DCO dépassent les normes dans toutes les eaux de puits sauf pour les eaux des puits PM1, PM11, PM12 et PM15, montrant la charge importante de ces eaux en matières organiques (**Figure 16**). Les valeurs les plus élevées sont enregistrées au niveau des puits PC3, PM3, PM5, PM6, PM8 et PM10 situés respectivement à 30 m, 100 m, 5 m, 7 m, 120 m et 30 m de la source de pollution (rigole drainant les eaux usées). Dans les eaux des puits PM3, PM5, PM6 et PM10 de la zone maraichère, où la nature du milieu aquifère est argileux, la DCO atteint 184 mg /L pour le puits PM3 de profondeur 5 m, 208 mg/L pour le puits PM10 de profondeur 10 m, 230 mg/L pour le puits PM5 de profondeur 8 m et 305 mg/L pour le puits PM6 de profondeur 10 m. Les eaux des puits PM1 et PM12, dont la profondeur est 5 m et 9 m respectivement, présentent une DCO très faibles. Elle est de 4 et 0 mg/L respectivement.

La profondeur faible de la nappe favorise l'infiltration des eaux usées, bien que la géologie de surface argileuse soit moins perméable.

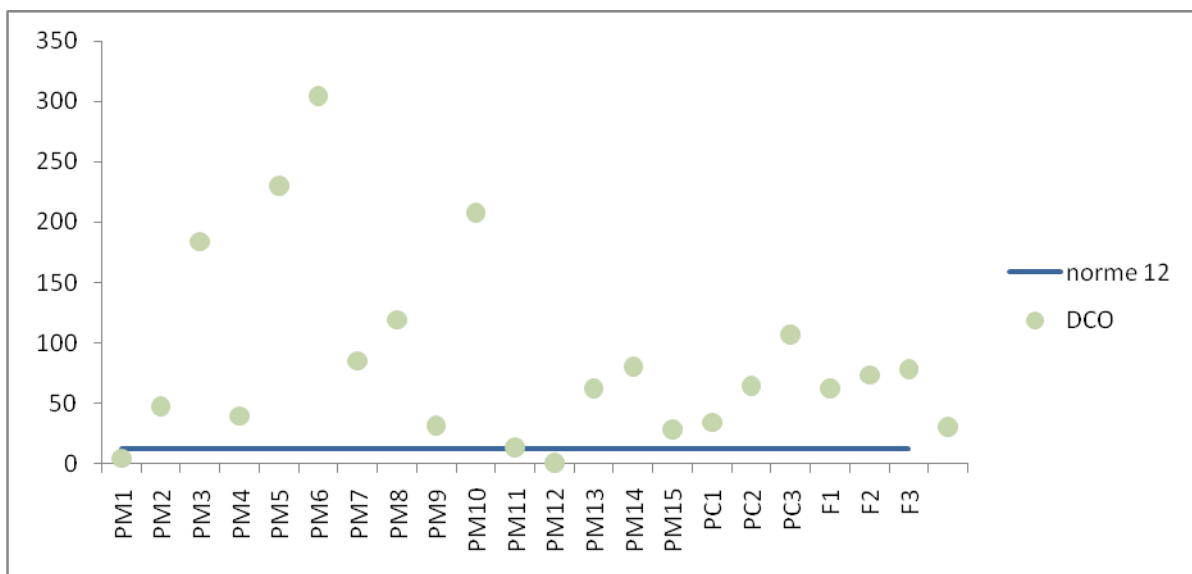


Figure 16 : résultat des mesures de la DCO des eaux de puits

Dans la zone d'étude de Kossodo, aussi bien les points d'eaux souterraines situés à proximité des eaux usées que ceux éloignés présentent une contamination par les ions sodium, calcium, les sulfates, les chlorures et les bicarbonates, mais leurs teneurs ne dépassent pas les normes Burkinabès (**Figure n°17**).

Abscisses : échantillons ; **ordonnées** : concentrations

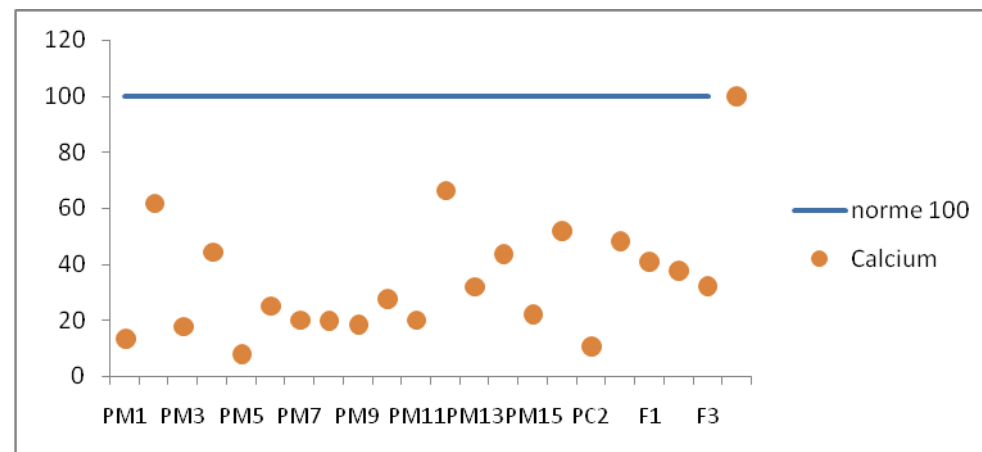
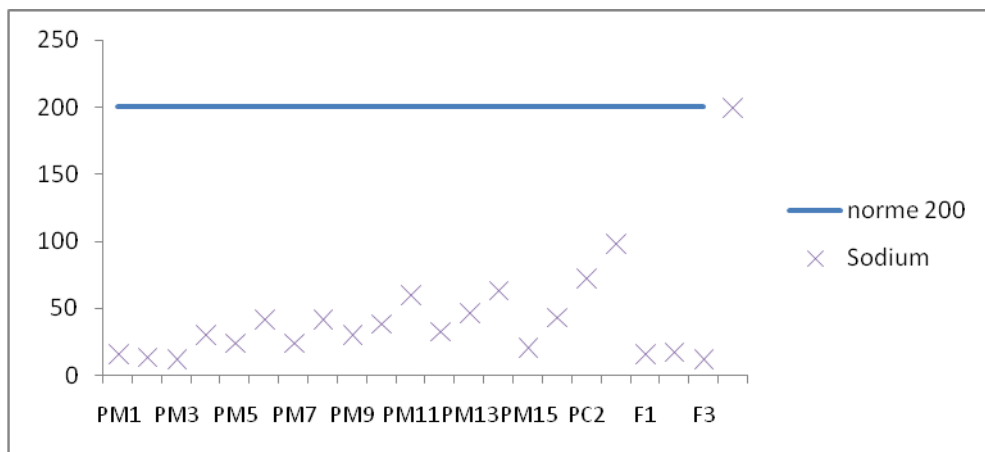


Figure g

Figure h

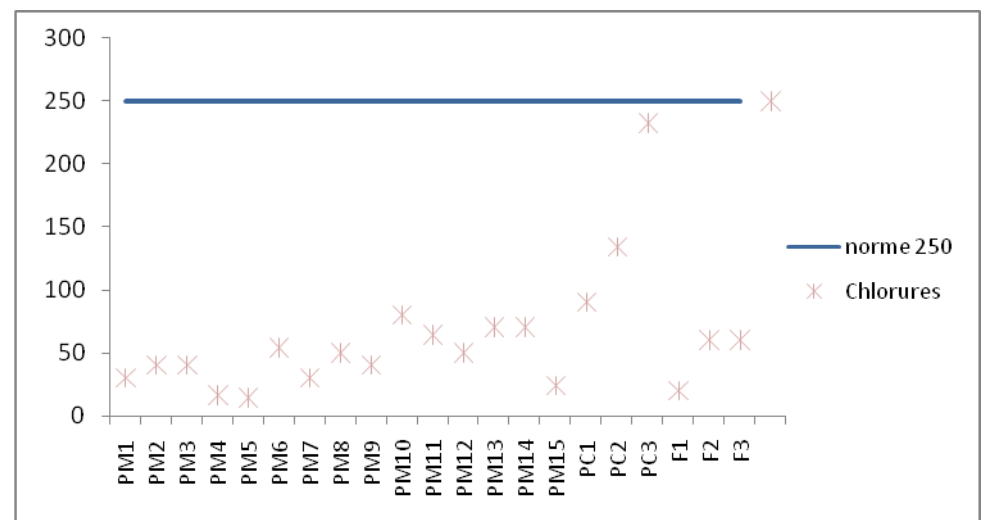
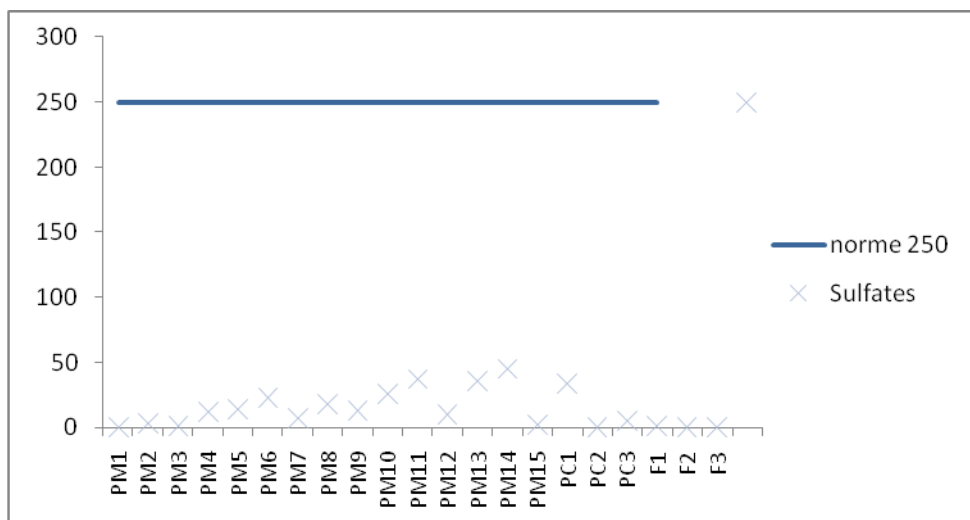


Figure i

Figure j

Figure 17 : répartition des puits par rapport au sodium, calcium, sulfates et chlorures comparativement à la norme du paramètre

Seules les eaux de puits de concession PC1, PC2, PC3 situés à 300 m, 100 m et 30 m présentent des valeurs en potassium qui dépassent la norme burkinabè de 12 mg/L.

En zone maraichère, seuls quelques points d'eaux souterraines situés à proximité des eaux usées de la rigole présentent des teneurs en ions ammoniums qui dépassent la norme burkinabè de potabilité relative aux ions ammoniums. Les puits concernés PM4, PM6, PM9, PM12, PM13, PM14, PC2 et PC3 sont situés à des distances des eaux usées de la rigole de 15 m, 7 m, 10 m, 5 m, 6 m, 6 m. Les valeurs élevées en ions ammoniums sont enregistrées dans les puits de concession PC2 et PC3. Cela se traduirait par les nombreuses activités que les ménages entretiennent autour de ces puits mal entretenus. L'importance des ions ammoniums peut traduire habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique. La figure n°18 montre les points d'eau souterraine et leurs teneurs en ions ammonium

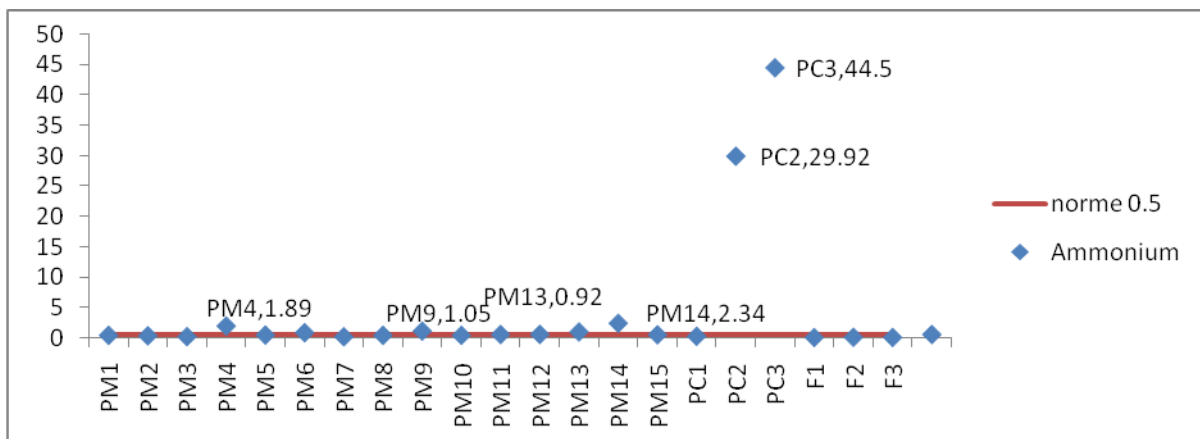


Figure 18 : état des points d'eaux souterraines par rapport au paramètre ammonium

La faible présence d'ions ammoniums pourrait traduire une croissance de nitrites dans les eaux de puits situés à proximité des eaux usées. Leur présence en quantité importante témoignerait alors d'une contamination récente résultant de l'infiltration des eaux usées et d'un déficit du milieu en oxygène et/ou d'une réduction des nitrates par la matière organique.

La qualité de l'eau est acceptable par rapport au paramètre nitrates puisque seuls les puits PM1, PM2, PM3, PM4 et PM9 de la zone maraichère sont non conformes aux normes burkinabés de 50 mg/L. Ces puits sont situés à des distances différentes des eaux usées : à 30 m, 100 m, 110 m, 15 m et 10 m respectivement. La valeur maximale atteint 396 mg/L dans les puits PM4.

La figure n°19 montre les différents points d'eaux souterraines et leur teneur en nitrates comparativement à la norme.

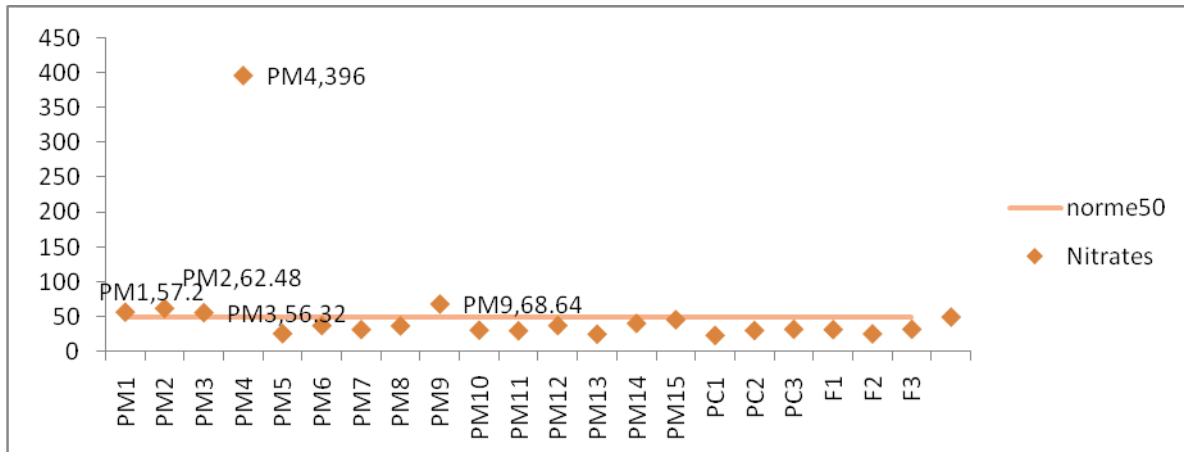


Figure 19 : répartition des puits et forages par rapport au paramètre nitrate

Ces résultats montrent une pollution par les nutriments, dont les origines sont probablement liées aux engrais utilisés dans la région, en vue de fertiliser au maximum le sol, d'une part, et, d'autre part, à l'oxydation des nitrites par les bactéries de la nitrification suite à l'infiltration des eaux usées.

Toutes les eaux de puits montrent des teneurs faibles en orthophosphates sauf pour les puits PC3 et PM5 (1,01 mg/l et 1,43 mg/L respectivement) (**figure n°20**). Ceci pourrait s'expliquer par le fait que les orthophosphates sont facilement fixés par le sol (RODIER *et al.*, 1996).

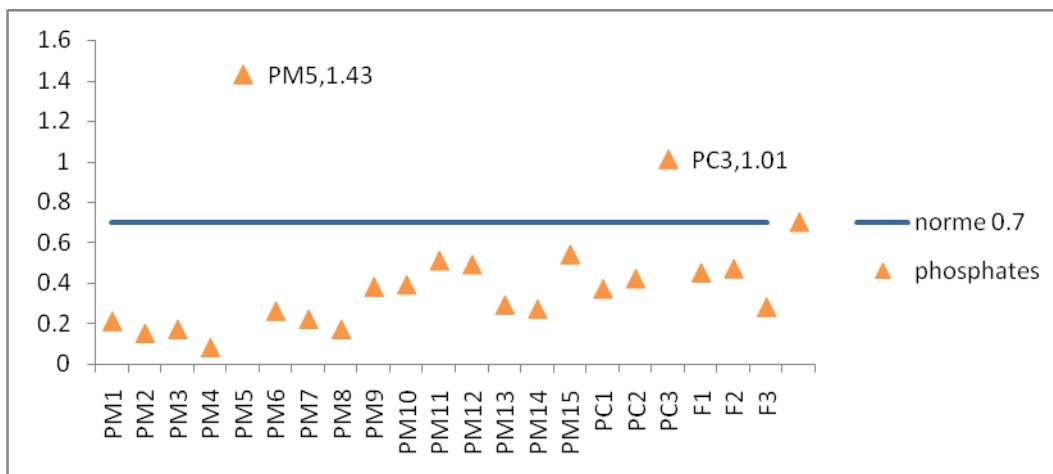


Figure 20 : répartition des points d'eaux souterraines en fonction du paramètre phosphate.

Sur le plan hydro-chimique, les eaux sont faiblement minéralisées, très peu dures (de 8 à 66,32 mg/L en calcium, de 0 à 67,74 mg/L en magnésium) et très peu chlorurées (de 20,01mg/L à 232,23 mg/L en chlorures). En comparant ces résultats avec les normes préconisées par le Burkina Faso, les eaux des puits montrent des valeurs acceptables.

La présence du calcium et du magnésium reflète la réaction de dissolution des roches et des dépôts calcaires essentiellement, et d'autres minéraux comme la dolomite (CUSTODIO, 1983; PLUMMER *et al.*, 1990).

Les chlorures pourraient provenir des rejets industriels, de la percolation à travers les terrains salés (KHOLTEI *et al.*, 2003) et de l'infiltration des eaux d'irrigation (KHOLTEI, 2002; LHADI *et al.*, 1996).

Les résultats toxicologiques montrent que les métaux lourds sont sous forme de traces pour les paramètres analysés.

IV-4.3.3. Paramètres microbiologiques

Les coliformes et les E-colis sont retrouvés dans tous les échantillons d'eaux de puits et de forages avec des stades de développement différents. En général, les micro-organismes sont peu nombreux dans les nappes du fait des conditions anaérobies et des faibles quantités de nutriments disponibles. Leur prolifération dans les eaux souterraines (nappes) de Kossodo serait favorisée par le transfert de matières organiques, surtout dans les milieux fissurés qui présentent des conditions favorables à la survie et la multiplication des germes à cause de la pénétration facile de matières organiques, des conditions aérobies, et du manque de filtration. La présence des coliformes fécaux et d'E-colis indique une pollution par les eaux superficielles (eaux de vannes, rejets industriels) et une possibilité d'occurrence de germes pathogènes. L'ensemble des échantillons ne présente aucune forme de streptocoques.

IV-5. Synthèse

Les résultats ci-dessus ont permis de dresser un portrait de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux de la rigole, des eaux souterraines de Kossodo et des effluents industriels :

- Les eaux de la rigole présentent des signes de pollution prononcée et leur qualité ne répond pas aux exigences de l'OMS.
- Les eaux souterraines de faible profondeur (puits) sont fortement contaminées par les nitrates, les ions ammoniums et localement par certains micropolluants et les bactéries.
- Les nappes phréatiques profondes (forages) qui fournissent l'eau de boisson de certaines populations de Kossodo, sont ponctuellement contaminées en bactérie mais ne présentent aucune contamination grave sur le plan physico-chimique et

toxicologique (métaux lourds). Ces eaux peuvent être consommées sans traitement physico-chimique et microbiologiques majeurs.

Les sols, par les engrais minéraux, contribuent à la pollution des eaux (eutrophisation des eaux de la rigole, contamination des eaux souterraines).

En définitive :

- 100% des échantillons analysés présente des non conformités au moins pour un paramètre (turbidité, DCO, conductivité, pH, nitrates, orthophosphates, ammonium, magnésium, DBO) qu'il soit microbiologique ou physico-chimique.
- 100% d'échantillons d'eaux souterraines analysées présente une turbidité supérieure et non conforme à la norme
- 81% d'échantillon d'eaux souterraines présente une DCO non conforme à la norme de potabilité burkinabè (30 mg/L);
- 57% d'échantillon d'eaux souterraines présente un potentiel d'hydrogène (pH) non conforme à la norme de potabilité des eaux du Burkina Faso (6.5-9) ;
- 43% d'échantillon d'eaux souterraines présente une conductivité au-dessus de la norme de potabilité des eaux du Burkina Faso (400 μ S/cm).
- 38% d'échantillon d'eaux souterraine présente des teneurs en ions ammoniums non conformes à la norme de potabilité burkinabè qui est de 0.5 mg/L ;
- 14% d'échantillon d'eau souterraine présente des concentrations en potassium hors norme (12 mg/L);
- Le magnésium et les ortho-phosphates sont présents dans 5% d'échantillons d'eaux souterraines analysés à des teneurs dépassant les normes burkinabés de potabilité (50 mg/L et 0.7 mg/L respectivement).

Les autres paramètres (sodium, calcium, carbonates et bicarbonates, sulfates, chrome, cuivre, nickel, cadmium,) ne présentent pas des teneurs hors normes.

La dispersion des valeurs témoigne d'un mécanisme ponctuel de la pollution. Ces fluctuations pourraient entre autres être liées aux différents facteurs locaux tels que l'infiltration continue des eaux usées véhiculées par la rigole, l'utilisation des eaux usées à des fins d'irrigation, l'utilisation des engrais et le retour des eaux d'irrigation à la nappe. Très certainement aussi aux contextes géologique et hydrogéologique de la nappe et à la perméabilité de l'aquifère exploité.

En générale, la pollution des puits est due aux différentes activités anthropiques menées autour de ces points d'eau et moins à l'infiltration des effluents industriels. Ainsi, les eaux souterraines de la zone maraichère présentent une pollution bien plus importante diversifiée que les eaux des puits de concession et les forages.

La profondeur de la nappe est aussi un facteur déterminant dans la contamination des eaux, plus la nappe est profonde, plus elle est protégée contre une pollution diffuse par les nitrates et autres micropolluants. Cela justifierait le fait que dans la zone de Kossodo, les points d'eaux souterraines de fortes profondeurs tel que les forages ne sont pas atteints par la pollution physico- chimique.

Les effluents industriels sont très chargés et ne sont pas conformes aux normes burkinabés de rejet d'eaux usées dans les eaux de surface, pour la plupart des paramètres. Ces effluents devraient donc subir un traitement préalable avant leur rejet dans le milieu naturel.

La pollution émanant des effluents conduit à des eaux très polluées de la rigole. Ces eaux (la rigole) présentent une pollution très importantes car les résultats obtenus montrent quelles sont non conformes aux normes de qualité des eaux piscicoles, d'où l'absence de toute vie animale aquatique supérieure dans cette rigole. La pollution de la rigole est due aux effluents qui s'y déversent d'une part, et aux eaux usées domestiques des populations environnantes, aux engrais chimiques et organiques, d'autre part.

CHAPITRE V : ANALYSE DES PROBLEMES DE LA GESTION DES REJETS INDUSTRIELS

Cette partie est basée sur les recherches documentaires et les observations directes.

V-1. Caractérisation des impacts

V-1.1. Impacts écologiques

V-1.1.1. Eaux



Figure 21 : Eau de la rigole

La zone industrielle, par le biais des unités industrielles, permet d'assurer un écoulement permanent des eaux dans la rigole de Kossodo. En effet, aux effluents de Tan-Aliz s'ajoutent de petites unités industrielles, qui rejettent de façon continue leurs eaux dans la rigole. Cela permet de limiter le rabattement de la nappe en saison sèche.

Les huiles usagées et les déversements d'hydrocarbures, dans la zone industrielle, participent à la pollution des eaux de la rigole. En effet, le lessivage des terres contaminées aux huiles usagées et aux hydrocarbures entraîne ces substances dans la rigole, s'ajoutant ainsi à la pollution provenant des effluents industriels. Malheureusement, les eaux véhiculées dans les caniveaux, sont souvent chargées (matières organiques dissoutes, MES, etc.) et contaminées (bactéries, produits chimiques) et par voie de conséquence, les eaux souterraines sont contaminées à la longue.

Par ailleurs, à la pollution chimique issue des industries s'ajoute celle provenant de l'agriculture ou du maraîchage. Le maraîchage assez présent le long de la rigole a un impact considérable sur le milieu aquatique. Les nitrates et les phosphates, contenue en forte quantité dans les engrais, entraîne des problèmes d'eutrophisation. Le fort développement de bactérie ou d'algues de surface, qui trouvent dans les nitrates et les phosphates les éléments nécessaires pour leur développement, entraîne un manque d'oxygène dissous dans l'eau, ce

qui conduit au final à la destruction de toute vie animale et végétale en dessous de la surface dans cette rigole.

V-1.1.2. Sols

La contamination des sols par les activités industrielles constitue une autre forme de pollution risquant d'affecter la qualité de l'eau.

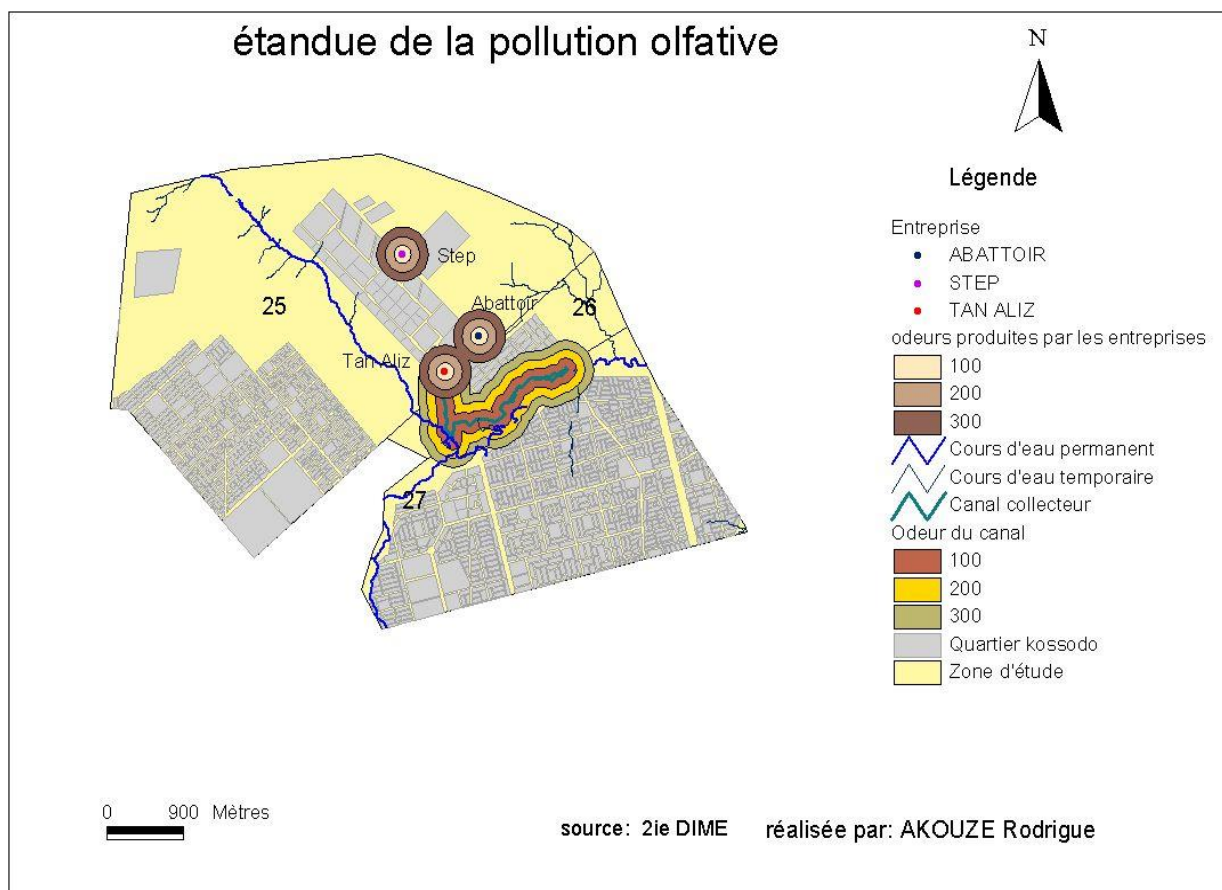
L'incinération ou l'épandage des résidus solides (Tan-Aliz, Abattoir, Brakina, etc.) riches en matières organiques et en azote, ainsi que l'utilisation des eaux résiduaires de même qualité dans les parcelles agricoles permettent d'améliorer la fertilité des terres. L'optimisation des apports très alcalins, permet de relever le pH du sol sans le rendre basique. Ce qui améliorerait la qualité de la structure du sol.

Il faut cependant signaler que : de l'utilisation de ces rejets liquides il en résulte une contamination bactériologique et chimique (métaux lourds notamment le chrome, phosphates, etc.) des sols. La présence des déchets plastiques et de la ferraille encombre les sols.

V-1.1.3. Air

Il s'agit des nuisances olfactives résultant de la putréfaction des matières organiques, du rejet d'eaux de vannes (réseau d'assainissement ONEA en cas de panne), des émanations sulfureuses et azotées nauséabondes et dangereuses aux environs de Tan-Aliz, de l'abattoir et de la STEP. A cela s'ajoutent des gaz et des fumées de combustions des déchets solides, des moteurs et des industries.

Il est également important de signaler une forte présence des poussières ou des particules en suspension issues de la forte circulation des véhicules ou camions dans les ruelles non bitumées de la zone industrielle de Kossodo. Cette pollution touche principalement la population environnante. Aussi, la pollution sonore (due à la forte circulation des camions de fort tonnage) et ses vibrations présentent dans la zone participe à la pollution de l'air sans cesse grandissante dans la zone industrielle de Kossodo. La carte n°4 suivante indique les différentes zones impactées par les odeurs.



Carte 4 : zone d'impacts olfactifs

V-1.1.4. Faune et la flore

Les rejets liquides industriels créent des nuisances sur la flore et sur la faune aquatiques. Les causes en sont principalement l'augmentation de la salinité de l'eau, les variations de pH et l'anoxie issue de la dégradation des matières organiques qui supprime toute forme de vie animale aquatiques supérieure ou sélectionne des espèces résistantes adaptées aux eaux stagnantes.

Les variations de pH suscitent des inquiétudes chez les maraichers. En effet, si certains observent un bon rendement de leur culture, d'autres par contre voient leurs plantes mourir suite à l'utilisation des eaux de la rigole comme eaux d'arrosage des cultures.

V-1.2. Impacts sanitaires

Les plus fréquents sont les impacts liés à l'utilisation des eaux en agriculture. Il s'agit de :

- **La contamination fécale :**

Elle provient des germes viraux, microbiens ou parasitaires pathogènes présents dans les excréta animaux ou humains. Les risques encourus concernent :

- ✓ les agriculteurs et les maraichers qui parfois n'hésitent pas à pénétrer dans la rigole pour remplir leurs arrosoirs ;
- ✓ l'ensemble des populations du voisinage (notamment femmes et enfants) susceptible d'utiliser l'eau des puits contaminés ;
- ✓ les consommateurs de légumes qui sont généralement vendus dans le centre ville, à proximité des grands magasins.

- **Maladies transmissibles par des insectes vecteurs :**

Elles sont dues aux insectes vecteurs, notamment des moustiques et des mouches, qui prolifèrent grâce à la présence d'eaux stagnantes ou d'écoulement lent. Ces maladies touchent principalement la population du voisinage, c'est-à-dire les individus logés dans des habitations sommaires et peu équipées en moyen de protections passives (moustiquaires, etc.)

- **Contamination par des produits chimiques :**

Elle peut subvenir par contact prolongé des plantes ou de l'Homme avec des eaux usées contenant des doses supérieures à la limite de l'OMS. Il s'agit notamment des métaux lourds, des substances azotées, etc.

V-1.3. Impacts socio-économiques

Les problèmes sanitaires provoqués par les industries peuvent limiter le rendement des travailleurs agricoles et aussi de leur pouvoir de commercialisation. En effet, la population urbaine a de moins en moins confiance aux légumes à consommer crus.

Par ailleurs, les rejets liquides des industries permettent aux maraichers de réaliser leurs activités maraichères en toutes saisons, notamment en saison sèche. Elles constituent une source de revenu monétaire par le biais des produits commercialisés.

Certaines activités ce sont créées autour des déchets solides. En effet les drèches provenant de Brakina servent à la fabrication des engrais ou de fertilisants des terres mais aussi d'aliments pour le bétail. La vente de ces produits permet ainsi au commerçant de subvenir à leurs besoins. Cependant, la zone industrielle apporte des emplois dans le secteur. Il est à noter également l'arrêt de toutes les activités de pêche dans la rigole suite à la pollution des eaux.

V-1.4. Récapitulatifs et hiérarchisation des impacts liés aux rejets industriels

Il en ressort donc que des populations tirent des revenus considérables du recyclage et des cultures arrosées à partir des rejets industriels. Par ailleurs certains de ces rejets présentent des impacts négatifs sur la santé des populations qui sont en contact et sur le milieu naturel

récepteur. D'où l'importance de réduire ou d'annuler les effets néfastes liés à ces rejets tout en conservant leur réutilisation optimale.

V-2. Caractérisation des risques

Dans le cadre de cette étude, nous nous intéresserons uniquement aux risques potentiels auxquels sont associés trois types de récepteurs principaux, à savoir :

- La santé humaine des utilisateurs du site industriel et des voisins ;
- Les ressources en eau souterraine et de surface autour de la zone industrielle, notamment dans Kossodo ;
- Les écosystèmes présents autour de la zone industrielle de Kossodo

V-2.1. Risques sanitaires

Bien éminents dans la zone de Kossodo, les risques sanitaires sont divers et varient selon les voies d'exposition et en fonction des récepteurs, comme le montre le tableau n°1 suivant.

Tableau 1 : voies d'exposition en fonction des récepteurs

Récepteurs Voies d'exposition	agriculteurs	riverains	Population générale
Contact direct	X		
Ingestion des sols, des eaux	X	X	
Inhalation de poussières, d'odeurs	X	X	
Contact indirect	X		
Consommation de produits agricoles	X	X	X

Les résultats microbiologiques des eaux de puits montrent que ces eaux sont non conformes aux normes microbiologiques des eaux destinées à l'usage de boisson (annexe 16). Ces eaux présentent donc un risque sanitaire important pour toutes les personnes susceptibles de les boire, notamment les maraichers et les populations de Kossodo. Les eaux de la rigole présentent elles aussi un risque majeur pour les maraichers qui les manipulent sans protection. Car ces eaux sont non conformes aux normes microbiologiques et physico-chimiques des eaux de baignade (annexes 10 et 11).

Cependant, les risques de contamination ne concernent pas seulement les agriculteurs car ils sont bien aussi présents chez les consommateurs de légumes crus. Comme en témoigne les résultats de deux (2) pieds de laitue cultivée dans la zone maraichère de Kossodo (**annexe**

n°17). En effet, les eaux d'arrosage contiennent des substances (métaux lourds, bactéries, etc.) qui s'accumulent dans les plantes et entrent dans la chaîne alimentaire.

V-2.2. Risques d'altération des écosystèmes

Les nuisances sur la flore et la faune aquatiques sont relativement importantes au niveau de la rigole de Kossodo. L'augmentation de la salinité de l'eau, les variations de pH et surtout l'anoxie issue de la dégradation des matières organiques tend à supprimer toute trace de vie animale aquatique supérieure ou, plus modérément, à sélectionner des espèces résistantes adaptées aux eaux stagnantes. Dans la rigole on assiste à une prolifération des plantes envahissantes.

V-2.3. Risques pour les ressources en eau

Le risque pour les ressources en eaux est estimé sur base de la nature des polluants, de leurs vitesses de propagation et de leur concentration. En effet, les eaux de Kossodo renferment des substances indicatrices de pollution. Ces eaux sont chargées de polluants émanant des eaux de ruissellement, constituées essentiellement d'effluents des unités industrielles. Les risques d'une importante pollution de ces eaux est imminent en raison du déversement en continu d'importantes quantités des effluents industriels très pollués et de la proximité des eaux souterraine (moins de 10m). Si rien n'est fait, la pollution des eaux souterraines va davantage amenuiser la quantité d'eau potable et augmenter la prévalence de maladies hydriques.

L'annexe n°18 représente une répartition des risques et impacts dans la zone d'étude de Kossodo.

***CHAPITRE VI : STRATEGIES VISANT A PRESERVER
LES RESSOURCES HYDRIQUES***

VI-1. Stratégies visant à préserver les ressources hydriques

Pour réaliser des améliorations significatives dans le domaine qualitatif, la prévention, la détection et la parade contre la pollution des eaux souterraine et de surface doivent être des actions à entreprendre. Il faudrait alors :

VI-1.1. Renforcer les mesures de lutte contre la pollution de la nappe par :

- ✓ Un contrôle effectif et rigoureux de la qualité des effluents industriels avant leur rejet dans le milieu naturel ;
- ✓ Construction d'ouvrage (canaux) de drainage ou d'évacuation appropriés des effluents industriels conformément à la réglementation en vigueur ;
- ✓ Protection de l'environnement immédiat des captages des sources de pollution éventuelles ;
- ✓ Par un contrôle régulier de la qualité des eaux de nappe en exploitation.

VI-1.2. La réduction des pollutions industrielles

Bien que les rejets industriels dans les eaux du sous bassin versant de Kossodo présentent une tendance à la baisse grâce à l'amélioration des procédés d'épuration, de nombreux industriels ont une maîtrise insuffisante du pilotage de leurs installations de dépollution. Cette amélioration concerne particulièrement les quantités de « métaux lourds » (cuivre, nickel, cadmium).

Cela devra se faire par :

- ✓ la mise en place des installations adéquates de dépollution industrielle dans les unités industrielles rejetant des effluents très chargés ;
- ✓ un contrôle continu et inopiné des rejets industriels à la sortie des unités industrielles ;
- ✓ l'application des lois et réglementations en vigueur en terre burkinabè, en matière d'assainissement et de la protection de l'environnement au niveau des autorités compétentes.

VI-1.3. La réduction des pollutions d'origine agricole

Dans la zone de Kossodo, l'utilisation importante des engrais organiques et chimiques dans les diverses activités maraichères constitue une source importantes de pollution des eaux de la rigole et même des eaux souterraines dans la zone. Des politiques doivent donc être mises

en place afin de limiter la pollution issue des activités maraichères. Il devient donc de plus en plus urgent d'examiner certaines pratiques agricoles et environnementales associées à la pollution d'origine agricole. Celles-ci concernent principalement :

- ✓ le drainage agricole (construction des rigoles secondaires afin de drainer les effluents vers les zones de maraichage) : transfert de polluants;
- ✓ l'utilisation des intrants dans l'agriculture (maraichage) intensive;
- ✓ la gestion et la protection des zones humides ;
- ✓ la réimplantation des bandes enherbées sur les berges de la rigole.

L'absence de progrès notables dans la réduction de pollutions d'origine agricole pourrait conduire, dans le futur, à envisager la maîtrise de la gestion agricole du territoire des bassins d'alimentation en eau de la ville de Ouagadougou et de son agglomération, pour préserver la qualité de l'eau potable.

VI-1.4. La réduction de l'épandage des boues urbaines

L'usage des boues, dans le milieu agricole, est de plus en plus contesté. D'autres solutions techniques de substitution à l'épandage sont utilisées telles que :

- ✓ l'incinération des boues après séchage, dans des centres spécialisés ;
- ✓ le compostage : les boues mélangées à des déchets végétaux broyés sont fermentées, le compost qui en est issu est utilisé en maraichage... ;
- ✓ la méthanisation des boues urbaines et l'utilisation des résidus (réduits de 30%), en recyclage.

VI-1.5. La protection des milieux aquatiques

A Kossodo, les menaces affectant l'intégrité des milieux aquatiques ont une double origine : d'une part, la modification des propriétés physiques et chimiques de l'eau suite aux différents usages (industriels, agricoles et domestiques) et, d'autre part, les systèmes de régulation des flux d'eau mis en place pour faciliter l'arrivée des eaux de la rigole vers les terres de maraichage.

VI-1.6. Inciter les industries au respect des normes Burkinabès de rejet des effluents

Il s'agira donc d'amener les acteurs politiques et les autorités compétentes à :

- ✓ Créer une police environnementale chargée du contrôle qualités des effluents et de l'application des sanctions auprès des industries qui ne respectent pas les normes de rejets, au Burkina Faso ;
- ✓ Appliquer le principe pollueur-payeur : selon lequel les coûts liés à la dégradation de l'environnement doivent être assumés par celui qui en est responsable.
- ✓ Obliger l'entreprise à dépolluer en cas de déversement de non conforme aux normes de rejet au Burkina Faso.

VI-1.7. Suivi continu de l'évolution de la pollution dans les milieux sensibles : milieux humide, sol, air, végétation

Dans cette optique, chaque entreprise devrait se munir d'un service environnemental capable de constituer une base de donnée actualisée chaque année et renseignant sur :

- ✓ La qualité de ses effluents à la sortie de l'unité industrielle ;
- ✓ Le lieu de rejet de ses effluents.

Par ailleurs, des audits et diagnostics environnementaux devront être menés chaque année, respectivement :

- ✓ Au sein de l'entreprise : évaluer la stratégie managériale de l'entreprise en matière de protection de l'environnement
- ✓ Dans le milieu récepteur : évaluer les impacts ou les atteintes sur les composantes environnementales.

CONCLUSION

Les données recueillies au cours de notre étude ont permis de dresser un portrait de la qualité physico-chimique et microbiologique des effluents industriels, des eaux de la rigole et des eaux souterraines du sous bassin versant de Kossodo. Les eaux de la rigole ainsi que les eaux de certains puits échantillonnés sont polluées. L'étude que nous venons de mener, confirmée par d'autres études aussi récentes, montrent des signes évidents de pollution.

Cette variation des polluants pourraient entre autres être liée aux différents facteurs locaux tels que l'infiltration continue des eaux usées véhiculées par la rigole, l'utilisation des eaux usées à des fins d'irrigation, l'utilisation des engrais et le retour des eaux d'irrigation à la nappe. Très certainement aussi au contexte géologique et hydrogéologique de la nappe et à la perméabilité de l'aquifère exploité. La profondeur de la nappe est aussi un facteur déterminant dans la contamination des eaux, plus la nappe est profonde, plus elle est protégée contre une pollution diffuse par les nitrates et autres polluants.

Les principales sources de pollution identifiées au niveau du Sous Bassin Versant de Kossodo sont :

- ✓ Les effluents très chargés des unités industrielles
- ✓ l'épandage des déjections organiques en agriculture (maraichage)
- ✓ l'utilisation de fertilisants en agriculture
- ✓ les rejets organiques issus d'assainissements autonomes

Tous ces résultats montrent l'acuité du problème et la nécessité d'en limiter les effets. Il devient également urgent de rationaliser l'irrigation, de limiter ou réglementer les usages des rejets industriels auprès des populations et les activités autour de la rigole, pour lutter efficacement contre la pollution, les nuisances sanitaires et écologiques dans ce sous bassin versant de Kossodo.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AZIZ Mbenda 2009, *Diagnostic environnemental rapide de petites et moyennes villes au Burkina Faso*, Mémoire de fin d'étude 2iE, 140p

CYCLEAU PROJECT, UNION EUROPEENNE 2004, *diagnostic du bassin versant du payre – résumé technique*, 5p.

INSD 1998, 5^e Recensement industriel et commercial, répertoire fichier de Burkina Faso, 402p

KHOLTEI S. (2002). *Caractérisation physico-chimique des eaux usées de la ville de Settat et de Berrechid et évaluation de leur impact sur la qualité des eaux souterraines*. Thèse de Doctorat d'état, université hassan 1er, Settat, Maroc, 162 p.

KONE Doulaye 2002, *Epuration des eaux par lagunage à microphytes et à macrophytes en Afrique de l'ouest et du centre : état des lieux, performances épuratoires et critères de dimensionnement*, Thèse n°2653 à l'Ecole polytechnique de Lausanne, 194p

KOUDOUGOU E. et al 2003, *Evolution de la pollution du Massili par les eaux usées industrielles avec la distance et étude d'impacts*, étude de cas DESS ès Sciences environnementales promotion 2002 – 2003 CPAPE – UO, 28p

LAMIZANA-Diallo M. Birguy et al. 2008, *Evaluation de la qualité physicochimique d'un cours d'eau temporaire du Burkina Faso – le cas du Massili dans la Kadiogo*, article de journal Sub Sciens et Technologie n° 16 juin 2008, 6p.

LYAKHLOUFI S. et al 1999, *Impact de l'utilisation des eaux usées urbaines brutes sur la qualité de l'eau d'une nappe alluviale près de Marrakech (Maroc)*. Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse, 135, 59-70.

John LIBBEY 1991, *Utilisation rationnelle de l'eau des petits bassins versants en zone aride*, article Eurotext Ed. AUPELF-UREF paris, p. 191-206.

F. LO, G. ESCOURROU 2004, *Les eaux de surface : leur place dans l'alimentation en eau des centres urbains*, Université de Paris-Sorbonne. France, 206p.

N'DIAYE Mariama 1997, *Evaluation de la pollution par les rejets industriels dans la ville de Ouagadougou*, Mémoire de fin d'étude EIER, 104p

NORMES FRANÇAISES 1999. Arrêté N°1639CM fixant les normes de potabilité des eaux destinées à la consommation humaine distribuées par les réseaux, fontaines et citernes à usage collectif.

OTH International 1995, *Etude de la faisabilité technico-économique et environnementale de la collecte et de l'épuration de effluents urbains et industriels de ouagadougou* (Chapitre 6 : étude de l'impact environnemental du projet d'assainissement collectif de Ouagadougou, 49p

TAZI O., F. ABDELILAH et S. EL YOUNOUSSI 2001. *Impact de la pollution sur l'unique réseau hydrographique de Casablanca, Maroc. Sci. Chang. Plan. /Sécheresse*, 12, 129-34.

Décret N°2001 – 185 / PRES/PN/ MEE portant fixation des normes de rejets de polluants dans l'air, l'eau et le sol, 13p

<http://www.laease.com/eau-coliformes.html>

http://www.oieau.fr/ReFEA/fiches/AnalyseEau/Enquete_bacterio_PresGen.htm

<http://id.erudit.org/iderudit/016505ar>

ANNEXES

Annexe 1 : description des points de prélèvements

Points de prélèvement	Distance de la source de pollution (m)	Profondeur (m)	Environnement immédiat
F1	20*	54	Ces forages sont situés dans les coins de rue autour desquels les conditions de salubrité sont dégradées
F2	300 *	50	
F3	50*	52	
PM1	30	5	Ces puits sont situés en zone de maraichage intensif. Ils sont essentiellement de type traditionnel, non protégé.
PM2	100	4	
PM3	110	5	
PM4	15	8	
PM5	5	8	
PM6	7	10	
PM7	120	10	
PM8	120	10	
PM9	10	10	
PM10	30	10	
PM11	4	10	
PM12	5	9	
PM13	6	7	
PM14	6	8	
PM15	200	8	
PC1	300	7	puits situés dans les concessions. Ces puits possèdent une cloison de protection.
PC2	100	5	
PC3	30	6	
Tan aliz	-	-	Point à la sortie de la tannerie Tan Aiz
Adam Af	-	-	Point sur le caniveau allant de la Brakina à la jonction avec le caniveau drainant les eaux de Tan Aliz
E3	-	-	mélange des eaux de Tan Aliz et d'Adam Af.
R1	-	-	Point situé à 200m d'E3 sur la rigole
R2	-	-	Point situé à 300m de R1
R3, R4, R5	-	-	points distants de 300m situés dans la zone Maraichère
R6	-	-	Point à 300m de R5 en aval de la zone de maraichage

Annexe 2 : liste des industries en activités dans la zone industrielle

Entreprises	Localisation		Secteur d'activité	Activité principale	Lieu de rejet
	N	W			
SGS Laboratory Services Burkina	12°25'062	1°28'785	Laboratoire d'analyse		Caniveau
Tan Aliz	12°24'965	1°28'566	Industrie de textile, habillement & cuir	Tannerie-magisserie	Rigole
Adam Afrique	12°24'975	1°28'094	Industrie chimique et fabrication de produits chimiques	Fabrication de savon, produits de nettoyage et de beauté, parfum	Caniveau
Industries Novel Afric (INA)	12°25'046	1°28'765	savonnerie		Non connu
Brakina	12°25'186	1°28'683	Fabrication de produits alimentaires, boissons, tabacs.	Fabrication de boissons	STEP
SAIEX (société Africaine industrielle)	12°25'622	1°29'337	-	-	-
Latex Foam	12°25'610	1°29'325	Industrie chimique et fabrication de produits chimiques	Fabrication de résine synthétique, de matières plastiques, fibre artificielles sauf verre	-
ORYX	12°25'591	1°29'911	énergie	conditionnement gaz	-

Annexe 3 : liste des industries en activités dans la zone industrielle (suite 1)

Entreprises	Localisation		Secteur d'activité	Activité principale	Lieu de rejet
	N	W			
NANA industrie	12°25'241	1°28'346	Métallurgie	Vente et fabrication de matériels métalliques	-
SITAB	12° 25'689	1°29'208	Métallurgie	Vente et fabrication de matériels métalliques	-
SITACI	12°25'727	1°29'244	Métallurgie	Vente et fabrication de matériels métalliques	-
Grand Moulin	12°25'538	1°29'114	Fabrication de produits alimentaires, boissons, tabacs	Conditionnement des céréales et distribution	-
SIGAZ	12°25'520	1°29'336	energie	Embouteillage de gaz	-
CENTRAL SONABEL	12°25'520	1°28'963	Electricité et gaz	production d'énergie électrique	Présence d'huile dans les caniveaux
Dépôt sonabel	12°25'436	1°28'863	Electricité et gaz	Production d'énergie électrique	Idem
SIMAO	12°25'395	1°28'834	alimentaire	-	-
Velegba Momounota	B 12°25'345	1°28'778	Agriculture et commerce	collecte et commercialisation des semences	-

Annexe 4 : liste des industries en activités dans la zone industrielle (suite 2)

Entreprises	Localisation		Secteur d'activité	Activité principale	Lieu de rejet
	N	W			
ALS Laboratory Group	12°25'125	1°28'846	Service d'essais (diois minéral)	Analyse chimique	-
Groupe Hage	12°25'353	1°29'064	Fabrication d'ouvrages en métaux, de machines et matériels.	Fabrication d'élément de construction en métal	-
COBIFA	12°25'404	1°29'110	agroalimentaire		-
Ste technimétal SARL	12°25'439	1°29'151	Industrie chimique et fabrication de produits chimiques.	Fabrication de résine synthétique, de matières plastiques, fibre artificielles sauf verre	-
COBODIN	12°25'294	1°28'763	PVC		-
Abattoir frigorifique de Ouagadougou	12°25'110	1°28'560	Fabrication de produits alimentaires, boissons, tabacs.	Abattage de bétails et fabrication de conserves viande	-
Marché de bétail	12°25'070	1°28'576	Commerce	Vente de bétails	-

Annexe 5 : résultats des effluents à la sortie des usines

Paramètres	unités	Résultats			Normes OMS de déversement des EU dans les eaux de surface
		T.aliz	Mélange des effluents au niveau d'Adam af.	E3 : effluents industriels avant déversement dans la rigole	
pH		7,9	12	6,9	6,4-10,5*
MES	mg/l	1050	278	1450	200
Cond. 25°C	µS/Cm	6600	2190	6000	2000
Sodium	mg/l	72	740	155	≤ 300
Potassium	mg/l	9,5	37,5	17,5	50
Ammonium	mg/l	17,9	296,7	133,5	1
Nitrates	mg/l	52,3	1500,4	638	≤ 50
phosphates	mg/l	1,2	2,7	0,09	5
Sulfates	mg/l	50	1150	650	≤ 600
Chlorures*	mg/l	80	900	750	≤ 600
DBO5	mg/l	27	61	54	50
DCO	mgO ₂ /l	420	980	296	150
Cuivre	mg/l	-	-	-	≤1
Nickel	mg/l	-	-	-	≤ 2
Cadmium	mg/l	-	-	-	≤ 0,01
Chrome	mg/l	-	-	-	≤ 0,01

Annexe 6 : Caractérisation des effluents

Fabrication	Origines des principaux effluents	Caractéristiques
Tannerie	Trempage, pelainage, échanlage des peaux, bains de tannage nettoyage du plancher et du matériel	Teneurs élevées en matières sèches totales, dureté, sels, sulfures, chromes, chaux précipité et DBO, pH élevé
Brasserie	Trempage et pressage du grain, condensation d'évaporation	Teneur élevée en M O dissoute contenant sucre et amidon
	Lavage des bouteilles, nettoyage du plancher et du matériel, rejet des bacs de stockage des sirops	Alcalinité élevée, teneur élevée en matière en suspension et en DBO5 détergents
Abattoir	Eaux de lavage, traitement des viscères	Forte concentration en matières organiques dissoutes, en suspension (sang, graisse, protéine, NaCl et bactéries)
Centrale thermique	Refroidissement des vapeurs, traitement des rejets huileux, fuites	Eaux huileuse, eaux usées
Adam Afrique	Traitement et extraction des huiles, fuites, lavage et entretien des machines, processus de saponification.	Eaux huileuses, forte charge en matières organiques dissous et en matières en suspension, pH élevé, forte teneur en nitrates
Sonabel	Entretien des machines et combustion des combustibles fossiles (fioul lourds, carburants, etc.)	Huiles usagées, eaux fortement chargée d'hydrocarbures. Métaux lourds

Annexe 7 : résultats des effluents de Tan Aliz annexe dans le canal de la Maco

Paramètre (mg/L)	Distance des points de prélèvement le long du Canal, (m)					
	0	10	20	35	50	60
Cr (1 ^{er} jour)	45.634	24.111	22.916	12.431	5.66	0.06
Cr (2 ^{ième} jour)	235.6	225.8	216.8	187.6	160.8	148.8

Annexe 8 : cultures et volume d'eau journalier dans la zone maraichère de Kossodo

Type de culture	Surface (m ²)	Volume d'eau (L/J)	Fréquence d'arrosage (tour/J)
Epinaud	3519	3259	2
Carotte	4093	3791	1
Chou	4035	3737	3
Laitue	955	916	3
Barambourou	5174	4792	2
Piment	120	80	1
Gombo	1690	1566	1
Persil+céleri	2399	2222	2
Tomate	127	118	2
Oignon	12	11	1
Oseille	220	204	2
Autres	330	330	2
Total	22 674	21 026	22

Annexe 9 : résultats des analyses microbiologiques

Paramètre	Résultats			Normes de potabilité du Burkina Faso
	PC1	PC2	PC3	
Coliformes totaux	644	1200	650	0/100ml
Coliformes thermotolérants	480	1000	500	0/100ml
E-colis	400	800	400	0/100ml
Streptocoques fécaux	0	0	0	0/100ml

Annexe 10 : résultats des analyses des eaux de la rigole

Paramètres	unités	Résultats						Normes pour la protection des eaux piscicoles
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	
PH		6,1	5,7	6,6	6,5	6,4	6,00	6-10,3
MES	mg/l	225	791	543	352	350	225	≤ 25
Cond. 25°C	µS/cm	5731	3920	2760	2230	2300	965	-
Sodium	mg/l	960	370	370	480	550	356	-
Potassium	mg/l	40,5	36,5	38,5	51,5	53	50,5	50
Ammonium	mg/l	126,4	65,1	61,2	67,4	54,8	43,1	≤ 1
Nitrates	mg/l	70,4	128	585,2	448,8	470,8	320	≤ 0,03
Phosphates	mg/l	0,37	0,10	1,34	1,51	2,03	1	≤ 0,5
Sulfates	mg/l	800	0	0	100	0	0	≤ 250
Chlorures*	mg/l	851	728	467	379	207	200	≤ 0,03
DBO5	mg/l	36	70	80	43	39	21	≤ 4
DCO	mgO ₂ /l	2270	4590	6150	910	3030	2050	150
Cuivre	mg/l	-	-	-	-	-	-	≤ 0,03
Nickel	mg/l	0,02	0,08	0,06	0,05	0,005	0,007	≤ 2
Cadmium	mg/l	-	-	-	-	-	-	≤ 0,01
Chrome	mg/l	-	-	-	-	-	-	≤ 0,01

Annexe 11 : résultats microbiologiques des effluents et des eaux de la rigole

Paramètres	Temps d'incubation	Résultats						Normes Burkinabès de rejet des effluents dans les eaux de surface
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	
Coliformes thermotolérants	44°C/24H	93	0	194	0	280	300	2000/100ml
E-colis	44°C/24H	27	0	36	0	48	55	0/1000ml
Streptocoques fécaux	37°C/48H	0	0	0	0	0	0	1000/100ml

Annexe 12 : résultats des analyses physico-chimiques des forages

Paramètres	unités	Résultats			Normes Burkinabès de potabilité des eaux
		F1	F2	F3	
Ph		6,9	6,9	6,9	6,5-9*
Turbidité	UNT	14	13	22	≤ 5
Conductivité à 25°C	µS/Cm	360	380	220	400*
Sodium	mg/l	15,5	17	11,5	≤ 200
Potassium	mg/l	4	4,5	2,5	12*
Calcium	mg/l	40,88	37,76	32,16	100*
Magnésium	mg/l	0	0	0	50
Ammonium	mg/l	0	0,05	0,01	0,5
Nitrates	mg/l	32,12	25,96	32,56	≤ 50
Carbonates	mg/l	0	0	0	-
Bicarbonates	mg/l	224,48	236,68	122	-
O-phosphates	mg/l	0,45	0,47	0,28	0,7
Sulfates	mg/l	1	0	0	≤ 250
Chlorures	mg/l	20,01	60,06	60,06	≤ 250
DCO	mgO ₂ /l	62	73	78	30
Cuivre	mg/l	-	-	-	≤ 1
Nickel	mg/l	-	-	-	≤ 0,02
Cadmium	mg/l	-	-	-	≤ 0,003
Chrome	mg/l	-	-	-	≤ 0,05

Annexe 13 : résultats des analyses microbiologiques

Paramètre	Résultats			Normes de potabilité du Burkina Faso
	F1	F2	F3	
Coliformes totaux	220	20	8	0/100ml pour une eau désinfectée
Coliformes thermotolérants	37	3	0	0/100ml
E-colis	8	1	0	0/100ml
Streptocoques fécaux	0	0	0	0/100ml

Annexe 14 : résultats des analyses des échantillons d'eaux des puits de concessions

Paramètres	unités	Résultats			Normes Burkinabés de potabilité des eaux
		PC1	PC2	PC3	
Ph		7,2	7,4	7,2	6,5-9*
Turbidité	UNT	6	13	11	≤ 5
Conductivité à 25°C	µS/Cm	630	1120	1520	400*
Sodium	mg/l	43	72	98	≤ 200
Potassium	mg/l	25	15	17,5	12*
Calcium	mg/l	51,84	10,80	48,40	100*
Magnésium	mg/l	0	67,74	0	50
Ammonium	mg/l	0,21	29,92	44,50	0,5
Nitrates	mg/l	23,76	30,8	32,56	≤ 50
Carbonates	mg/l	0	0	0	-
Bicarbonates	mg/l	197,64	480,68	44,08	-
O-phosphates	mg/l	0,37	0,42	1,01	0,7
Sulfates	mg/l	34	0	5	≤ 250
Chlorures	mg/l	90,09	134,13	232,23	≤ 250
DCO	mgO ₂ /l	34	64	107	30
Cuivre	mg/l	-	-	-	≤1
Nickel	mg/l	-	-	-	≤ 0,02
Cadmium	mg/l	-	-	-	≤ 0,003
Chrome	mg/l	-	-	-	≤ 0,05

Annexe 15 : Résultats des analyses physico-chimiques et toxicologiques des puits de la zone maraichère

paramètres	unités	Résultats															Normes Burkinabés de potabilité des eaux
		PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM7	PM8	PM9	PM10	PM11	PM12	PM13	PM14	PM15	
Dist.rigole	M	30	100	110	15	5	7	120	120	10	30	4	5	6	6	200	
profondeur	M	5	4	5	8	8	10	10	10	10	10	10	9	7	8	8	
PH		5,8	5,7	5,9	6,1	5,7	6,3	6,2	6,2	5,9	6,3	6,5	6,4	6,3	6,8	6,5	6,5-9*
Turbidité	UNT	46	36	22	181	20	37	15	32	92	21	30	52	21	27	56	≤ 5
Conductivité	μS/cm	180	210	220	310	190	410	270	370	270	450	640	420	510	700	240	400*
Sodium	mg/l	15,5	13,0	11,5	30,0	23,5	41,5	23,5	41,5	30,0	38,0	59,5	32,5	46,5	63,0	20,5	≤ 200
Potassium	mg/l	3,5	4,5	5,0	3,5	3,0	3,0	3,5	4,5	3,0	2,5	3,0	3,0	4,5	10,5	3,0	12*
Calcium	mg/l	13,5	61,8	17,92	44,48	8,0	25,28	20,16	19,84	18,48	27,60	20,16	66,32	32,0	43,84	22,32	100*
Magnésium	mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50
Ammonium	mg/l	0,36	0,28	0,14	1,89	0,41	0,79	0,12	0,36	1,05	0,36	0,49	0,52	0,92	2,34	0,45	0,5
Nitrates	mg/l	57,2	62,48	56,32	396,0	26,4	37,84	32,12	37,4	68,64	31,24	30,36	37,84	25,52	40,92	46,2	≤ 50
Carbonates	mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
Bicarbonate	mg/l	48,8	36,6	53,68	122,0	36,6	139,08	139,08	117,12	85,4	170,8	244,0	163,48	146,4	268,4	122,0	-
phosphates	mg/l	0,21	0,15	0,17	0,08	1,43	0,26	0,22	0,17	0,38	0,39	0,51	0,49	0,29	0,27	0,54	0,7
Sulfates	mg/l	0	3	1	12	14	23	7	18	13	26	37	10	36	45	2	≤ 250
Chlorures	mg/l	30,03	40,04	40,04	16,01	14,01	54,05	30,03	50,05	40,04	80,08	64,064	50,05	70,07	70,07	24,02	≤ 250
DCO	mg/IO ₂	4	47	184	39	230	305	85	119	31	208	13	0	62	80	28	30
Cuivre	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	≤ 1
Nickel	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	≤ 0,02
Cadmium	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	≤ 0,003
Chrome	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	≤ 0,05

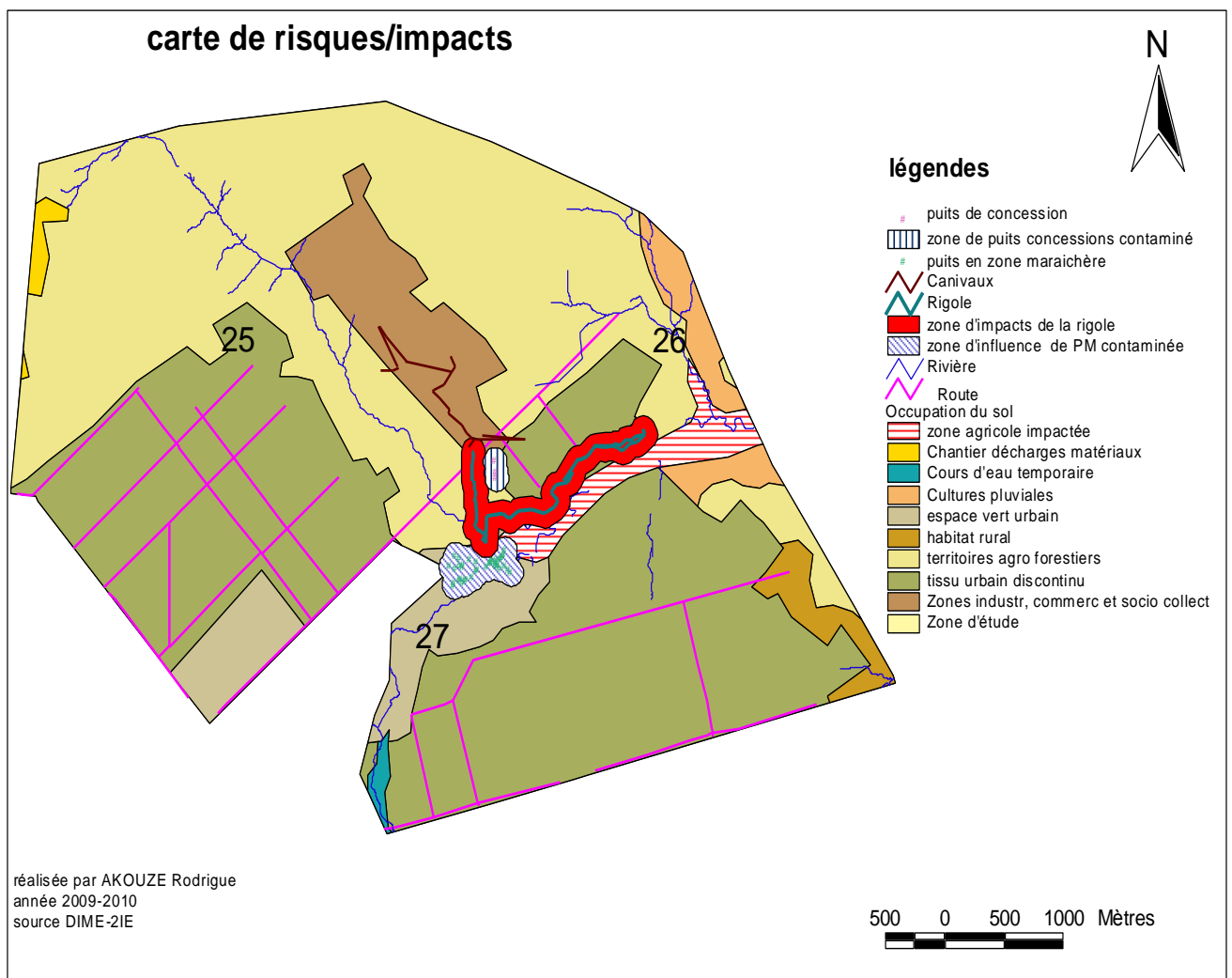
Annexe 16 : résultats des paramètres microbiologiques analysés

Paramètre	Résultats															Normes Burkinabés de potabilité des eaux
	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM7	PM8	PM9	PM10	PM11	PM12	PM13	PM14	PM15	
CT	17	1800	180	256	1380	2000	900	3600	310	548	1500	310	124	1034	430	0/100ml pour une eau désinfectée
CF	3	176	29	220	300	600	520	580	6	116	240	36	72	384	70	0/100ml
E-colis	0	104	1	0	7	30	480	24	0	1	54	0	1	3	56	0/100ml
SF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/100ml

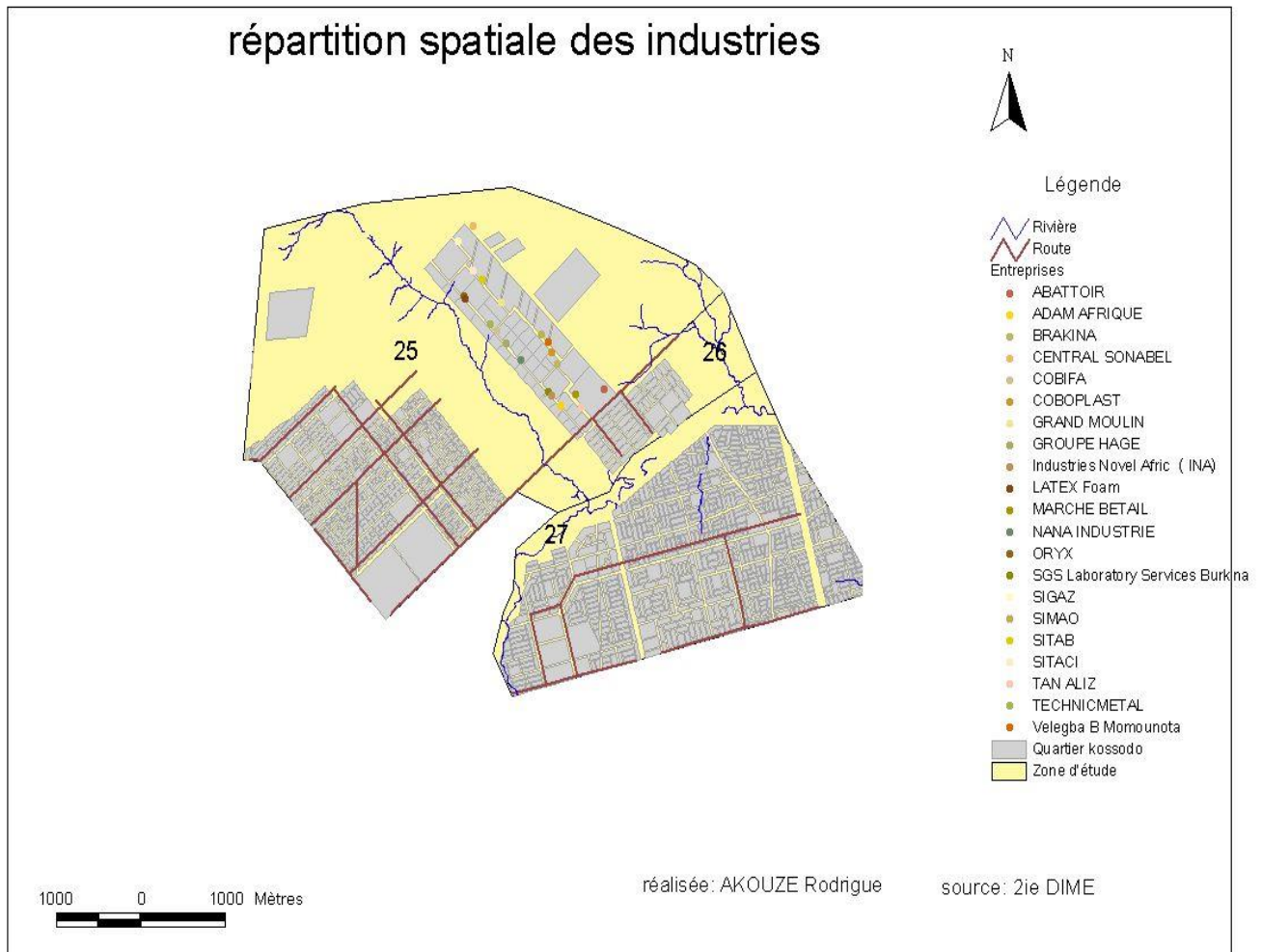
Annexe 17 : résultats des analyses microbiologiques de deux pieds de laitue

Paramètres	Temps d'incubation	Laitue en zone maraichère	Laitue sur le marché de Kossodo	Normes de potabilité des eaux au Burkina Faso
CT	37°C/24H	30	15	0/100ml
CF	44°C/24H	22	10	0/100ml
E-COLI	44°C/14H	13	8	0/100 ml
SF	37°C/48H	0	0	0/100ml

Annexe 18 : carte des risques et impacts



Annexe 19 : répartition spatiale des entreprises dans la zone industrielle de Kossodo



Annexe 20 : Fiche d'enquête ménage

<p>Partie enquêteur</p> <hr/>
<p>N° de fiche :</p> <p>Enquêteur : Date de l'enquête :</p>
<p>Partie enquêté (e)</p> <hr/>
<p>1. combien de personnes êtes-vous dans le ménage ?</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
<p>2. Depuis quand êtes-vous installés dans cette zone ou le secteur ?</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
<p>3. Quels changements notables avez-vous observé autour de vous depuis votre installation dans la zone industrielle ?</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
<p>4. Que pensez-vous de votre proximité avec la zone industrielle ?</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
<p>5. Quel (s) problème (s) rencontrez-vous ?</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
<p>6. Quelle suggestion faites-vous pour améliorer la situation actuelle ?</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
<p>Nuisance sur la santé</p> <p>7. Pensez-vous que cette eau peut être dangereuse pour votre santé ?</p> <p>Oui (1) Non (2)</p> <p>8. De quelle maladie souffrez-vous fréquemment ?</p> <p>Paludisme (1) Diarrhée (2) Dermatose(3) Typhoïde(4) Autres(5)</p>

Perception des nuisances dues à la zone industrielle

- Pollution de l'air

Pas de nuisance (1) peu perceptible (2) perceptible (3) très perceptible (4)

- Bruit

Pas de nuisance (1) peu perceptible (2) perceptible (3) très perceptible (4)

- Eau (puits)

Bonne(1) acceptable (2) mauvaise (3) très mauvaise(4)

ASPECT AEP :

9. Comment vous vous procurer de l'eau de consommation ?

- Branchement privé
- Bornes fontaines
- Puits traditionnels
- Pompes manuels

Branchement privé

.....
.....

Bornes fontaines

1. Quelle distance parcourez-vous pour aller à la borne fontaine ?

.....
.....

2. Quel moyen de transport utilisez-vous?

.....
.....

3. Quel est le cout de l'eau et qu'en pensez- vous?

.....
.....

Puits traditionnels

1. Pourquoi utilisez-vous l'eau du puits ?

.....
.....

2. Les bornes fontaines sont-elles éloignées de vous ?

.....
.....

3. Quels usages faites-vous de cette eau ?

.....
.....

Pompes manuelles

1. Quelle distance parcourez-vous pour aller à la pompe ?

.....
.....

2. Quel moyen de transport utilisez-vous ?

.....
.....

Conservation de l'eau

Comment conservez-vous votre eau ?

Canaris(1) bidons (2) bassine(3) fût(4) autres(5)

ASPECT EVACUATION DES EAUX USEES

10. Avez-vous de latrines ?

11. Ou sont recueillies les eaux vannes ?

Fosse septique

1. Quelles est la fréquence de vidange de la fosse septique ?

.....
.....
.....

Puits perdus ou puisards

1. Débordent-ils dans la rue ?

.....
.....
.....

2. Votre voisin se plaint-il de cette situation ?

.....
.....
.....

ASPECT DECHETS SOLIDES

12. combien de fois balayez-vous votre cour par jours ?

.....
.....

13. Où déposez-vous vos ordures ?

Bac à ordure (1) dans la rue (2) dans la cours (3)

.....
.....

14. Sont-elles collectées par les services d'hygiènes de la ville ?

Oui Non

- Si oui, comment est organisée la collecte ?

Association collective (1)

.....
.....
.....

- Si non, pourquoi ?

Champ (2) incinéré (3)

.....
.....
.....
.....

ASPECT TRANSPORT ROUTIER

13. Que pensez-vous du trafic routier ?

.....
.....

14. Sentez-vous une nuisance due à la densité du trafic routier ?

Pas de nuisance (1) peu perceptible (2) perceptible (3) très perceptible (4)

15. Quelles sont les zones que vous pensez être dangereux pour la population ?

Risques d'accident : Négligeable (1) existant (2) prépondérant (3) fréquent (4)

16. Type d'habitat

Haut standing (1) moyen standing (2) bas standing (3) traditionnel (4)

Annexe 21 : Fiche d'enquêtes des maraichers

N° de fiche.....Enquêteur :..... Date de l'enquête.....

1. Dans quel quartier habitez-vous ?

2. Combien de temps par jour consacrez-vous à l'activité maraichère ?

3. Combien êtes-vous dans le ménage ?

4. Description de la parcelle

- Type de culture :
- Surface occupée :
- Source d'eau utilisée : puits(1) rigole(2)
- Fréquence d'arrosage par jour :
- Nombre d'arrosoirs par tour :
- Temps mis de la mise en terre des graines à la vente des produits :

5. Quels autres usages faites-vous de l'eau prélevée?

Boisson (1) activité domestique (2)

6. Pensez-vous que cette eau pourrait être dangereuse pour la santé ?

Oui(1) non (2)

pourquoi ?.....

7. Comment vendez-vous vos produits ?

8. De quelle maladie souffrez-vous fréquemment ?

Paludisme(1) diarrhée(2) dermatose(3) typhoïde(4) autres (5)