



Mémoire de fin d'études d'Ingénieur

Thème :

**Evaluation de la pollution des
ressources en eau superficielle
de la ville de Ouagadougou :
établissement d'un profil des
sources de pollution et
proposition de solutions de
mitigation**

Présenté par : Yagouba DIALLO

Membres du Jury :

- | | |
|---------------------|-----------|
| 1. Babacar DIENG | Président |
| 2. Joseph WETHE | Encadreur |
| 3. Tidiane ZOUGOURI | Encadreur |
| 4. Zakary BOURAIMA | Membre |

Unité Thématique d'Enseignement
et de Recherche :

SMDD

Ouagadougou – Juin 2005

« Nous n'héritons pas la nature de nos ancêtres, nous l'empruntons à nos enfants. »

Proverbe indien

« ...Les ténèbres étaient encore informes, sans l'ornement des astres, l'abîme était sombre, la terre non ébauchée, le ciel mal dégrossi : seule l'eau, matière parfaite dès l'origine, féconde et simple, s'étendait transparente comme un trône digne de son Dieu... »

TERTULLIEN, *De baptismo*

« L'eau est la chose la plus nécessaire à l'entretien de la vie, mais il est aisé de la corrompre... Car pour la terre, le soleil, les vents, ils ne sont point sujets à être empoisonnés, ni détournés, ni dérobés, tandis que tout cela peut arriver à l'eau, qui, pour cette raison, a besoin que la loi vienne à son secours »

PLATON, *Les Lois*

« Nous ne vaincrons ni le SIDA, ni la tuberculose, ni le paludisme, ni aucune autre maladie infectieuse qui frappe les pays en développement, avant d'avoir gagné le combat de l'eau et de l'assainissement »

Kofi ANNAN, Secrétaire Générale de l'ONU

DEDICACE



REMERCIEMENTS

J'exprime ma gratitude à mes professeurs encadreurs MM. Joseph WETHE et Samuel YONKEU qui, par leur disponibilité et les conseils prodigués, m'ont énormément aidé lors des phases de préparation de cette étude, de recueil de données et de rédaction du rapport.

Je remercie également M. Tidiane ZOUGOURI du Laboratoire National d'Analyse des Eaux (LNAE) pour son attention et les moyens mis à ma disposition pour la réussite de ce travail. Il en va de même pour le laborantin M. Yaya TRAORE pour sa disponibilité, son intérêt et sa gentillesse. Je n'oublie pas les autres employés du LNAE (Delwendé et Rita) pour leur sympathie, ainsi que les chauffeurs du Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie pour le service rendu.

Mes remerciements vont aussi à l'endroit de MM Dieudonné AFANGNON et Byll CATARIA GUY de l'EIER et de ma camarade et amie Francine NGO NKOUM pour leur assistance lors de mes travaux de laboratoire. Mes remerciements s'adressent également à M. Mathieu KIENTGA de la cellule SIG du groupe EIER-ETSHER, ainsi qu'à tout son personnel pour l'appui et l'assistance technique.

Merci à mes amis Farial DIKOBAT (FPU/ISE) et Zaoro HABA (ETSHER) pour leur appui logistique. Merci à tous les élèves et stagiaires de l'EIER pour la sympathie, l'amitié et la confiance qu'ils ont eu à mon égard pendant ces trois années passées ensemble.

Je dis grand merci à mon ami Oumar DOUMBOUYA qui a toujours été mon compagnon de lutte. Dieu fasse que tous nos rêves se réalisent !

Je remercie infiniment ma famille, qui m'a permis de suivre ces études et m'a toujours soutenu et encouragé.

TABLE DES MATIERES

DEDICACE	III
REMERCIEMENTS	IV
TABLE DES MATIERES	V
LISTE DES SIGLES ET ABBREVIATIONS	VII
LISTE DES TABLEAUX.....	VIII
LISTE DES FIGURES.....	VIII
LISTE DES PHOTOS.....	VIII
INTRODUCTION GENERALE.....	2
1^{ERE} PARTIE : GENERALITES.....	3
CHAPITRE 1 - DEFINITION DES CONCEPTS	4
1.1 - La pollution des ressources en eau.....	4
1.1.1 - Définition	4
1.1.2 - Les différentes sources de pollution.....	5
1.1.3 - Les effets de la pollution	8
1.2 - Le Système d'Information Géographique	11
1.2.1 - Définition	11
1.2.2 - Présentation générale d'un SIG	11
1.2.3 - Principales fonctionnalités d'un SIG	12
1.2.4 - Intérêt du SIG.....	14
CHAPITRE 2 - CONTEXTE DE L'ETUDE	15
2.1 - Contexte environnemental	15
2.1.1 - Situation géographique.....	15
2.1.2 - Climat.....	17
2.1.3 - Relief et hydrographie.....	17
2.1.4 - Géologie et hydrogéologie	18
2.1.5 - Hydrologie	18
2.1.6 - Végétation.....	19
2.1.7 - Faune.....	20
2.2 - Contexte urbanistique.....	21
2.3 - Contexte institutionnel.....	22
2.3.1 - Rôle de l'état	22
2.3.2 - Rôle de la mairie	24
2.3.3 - Le rôle du secteur privé et associatif	24
2.4 - Contexte législatif.....	25
2.4.1 - Les lois.....	25
2.4.2 - Les décrets	26
2.5 - Contexte financier	28
2.5.1 - Financement de la gestion des déchets solides.....	28
2.5.2 - Financement de l'assainissement des eaux usées	29
CHAPITRE 3 - PROBLEMATIQUE DE L'ETUDE.....	30

2^{EME} PARTIE : METHODOLOGIE GENERALE.....	31
CHAPITRE 4 - APPROCHE METHODOLOGIQUE	32
4.1 - Analyse du contexte urbanistique du bassin versant	32
4.1.1 - Choix du bassin versant à étudier	32
4.1.2 - Description du type d'occupation des sols	33
4.1.3 - Identification des principales activités anthropiques	34
4.1.4 - Description des systèmes d'assainissement.....	34
4.2 - Interaction entre les activités anthropiques et la pollution	35
4.2.1 - Localisation et caractérisation des sources de pollution	35
4.2.2 - Caractérisation des polluants.....	36
4.2.3 - Modélisation du transfert des polluants.....	39
4.3 - Proposition de solutions	39
4.4 - Elaboration d'un SIG sur la thématique.....	39
4.4.1 - Cartographie de l'occupation des sols	39
4.4.2 - Positionnement des sources de pollution.....	40
4.4.3 - Intégration des caractéristiques des polluants.....	40
4.4.4 - Chronogramme de l'étude	41
3^{EME} PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSION.....	42
CHAPITRE 5 - RESULTATS DES INVESTIGATIONS	43
5.1 - Aspects socio-économiques et urbanistiques.....	43
5.1.1 - Occupation des sols.....	43
5.1.2 - Activités socio-économiques.....	45
5.2 - Assainissement dans le bassin versant	46
5.2.1 - Gestion des déchets liquides.....	46
5.2.2 - Gestion des déchets solides	55
5.2.3 - Analyse des risques liés à une mauvaise évacuation des déchets	58
5.3 - Identification des sources de pollution	60
5.4 - Caractérisation des eaux usées du bassin versant.....	62
5.4.1 - Caractéristiques des rejets domestiques	62
5.4.2 - Caractéristiques des rejets industrielles.....	63
5.4.3 - Caractéristiques des eaux des exutoires.....	64
5.5 - Evaluation du niveau de pollution des ressources en eau	66
CHAPITRE 6 - MODELE DE TRANSFERT DES POLLUANTS	67
CHAPITRE 7 - PROPOSITIONS D'AMELIORATION	70
CONCLUSION GENERALE	72
REFERENCES CITEES	73
ANNEXES	75

LISTE DES SIGLES ET ABBREVIATIONS

CNRST :	Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique
DS :	Déchets solides
EIER :	Ecole inter-états d'Ingénieurs de l'Equipement Rural
ETSHER :	Ecole inter-états des Techniciens Supérieurs de l'Hydraulique et de l'Equipement Rural
EU :	Eaux Usées
FODEPI :	Fond de Dépollution Industrielle
GIE :	Groupement d'Intérêt Economique
LNAE :	Laboratoire National d'Analyse des Eaux
OM :	Ordures Ménagères
OMS :	Organisation Mondiale pour la Santé
ONEA :	Office National de l'Eau et de l'Assainissement
PME :	Petites et Moyennes Entreprises
PSAO :	Plan Stratégique de l'Assainissement de Ouagadougou
SDGD :	Schéma Directeur de Gestion des Déchets
SIG :	Système d'Information Géographique
SONABEL :	Société Nationale de Burkinabé de l'Electricité

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1:	Répartition spatiale des ménages à enquêter	35
Tableau 2:	Répartition des paramètres mesurés en fonction du type d'eaux	38
Tableau 3:	Répartition pondérale des propositions d'amélioration de l'évacuation des EU.....	49
Tableau 4:	Répartition pondérale des propositions d'amélioration de la gestion des DS	58
Tableau 5:	Résultats d'analyse des rejets domestiques	62
Tableau 6:	Résultats d'analyse des rejets industriels	63
Tableau 7:	Résultats d'analyse des eaux usées des marigots	64
Tableau 8:	Résultats d'analyse des eaux de barrage.....	66

LISTE DES FIGURES

Figure 1:	Carte de situation de la zone d'étude.....	16
Figure 2:	Carte de présentation du Bassin versant à étudier	33
Figure 3:	Carte des points de prélèvement des échantillons d'EU.....	37
Figure 4:	Chronogramme de l'étude	41
Figure 5:	Carte d'occupation des sols.....	44
Figure 6:	Répartition pondérale des activités menées par la population	45
Figure 7:	Répartition pondérale de la population en fonction du niveau d'instruction	45
Figure 8:	Répartition de la population en fonction du lieu de défécation et du type d'habitat	46
Figure 9:	Répartition de la population en fonction du moyen de vidange et du type d'habitat.....	47
Figure 10:	Lieu de rejet des vidanges manuelles	47
Figure 11:	Répartition de la population en fonction du lieu de rejet des eaux de toilette et du standing ...	48
Figure 12:	Lieu de rejet des eaux de lessive et de vaisselle	48
Figure 13:	Répartition de la population en fonction du lieu d'entreposage des DS et des sous bassins	56
Figure 14:	Répartition de la population en fonction du devenir des DS et du sous bassins	57
Figure 15:	Carte de localisation des sources de pollution.....	61
Figure 16:	Modèle de transfert des polluants de la source à la ressource en eau	68
Figure 17:	Schéma d'aménagement de l'embouchure de canal.....	71

LISTE DES PHOTOS

Photo 1:	Bouteilles plastiques dans le canal Central	10
Photo 2:	Séance de prélèvement d'eaux et mesure de paramètres in-situ.....	36
Photo 3:	Rejet Tan Aliz.....	51
Photo 4:	Déchets charriés par le canal de Zogona	52
Photo 5:	Partie aval du canal Central.....	53
Photo 6:	Décharge incontrôlée	56
Photo 7:	Puit de stockage d'eaux usées sur un site de maraîchage	60

AUTEUR : DIALLO Yagouba

Professeurs responsables : WETHE Joseph
YONKEU Samuel

Organisme encadreur : LNAE
Responsable : ZOUGOURI Tidiane

THEME

Evaluation de la pollution des ressources en eau superficielle de la ville de Ouagadougou : établissement d'un profil des sources de pollution et proposition de solutions de mitigation

RESUME

Le bassin versant urbain de la ville de Ouagadougou, capitale du Burkina Faso, draine ses eaux vers les Barrages n°1, n°2 et n°3 et la zone humide de la Forêt Bangr-Wéogo. Ces écosystèmes aquatiques sont d'une utilité fondamentale pour la ville : pompage de l'eau en vue de suppléer aux besoins en eau de la ville, pêche artisanale, maintien des forêts classées, etc. Pourtant tous les exutoires d'eaux usées terminent leurs cours dans ces plans d'eau. Ces exutoires (marigots aménagés ou non) acheminent des déchets domestiques et industriels contenant toutes sortes de polluants (matières organiques fermentescibles, éléments minéraux nutritifs, métaux lourds, les bactéries, etc.)

D'après les résultats de cette étude, dans les eaux de barrage la matière organique est à des proportions allant jusqu'à 10 fois plus que la norme. Quant au marigot de la forêt, les mesures effectuées sur un échantillon prélevé au pont de Kossodo montrent que la matière organique et les composés azotés atteignent 3 fois la limite admissible, tandis que les coliformes fécaux dénombrés avoisinent 10^6 UFC/100ml. Les ressources en eau de la ville sont donc sujettes à la pollution.

Les ménages et les industries sont les plus grands producteurs de déchets polluants. Les ménages pour la plupart ne possèdent pas de système d'assainissement adéquat. Ils rejettent les déchets solides et surtout les eaux usées dans la rue ou dans la nature (45% d'entre eux affirment déverser les eaux usées dans la rue). Quand aux industries, la plupart d'entre elles rejettent dans des caniveaux, des eaux particulièrement chargées en polluants. Les composés azotés et phosphorés contenus dans ces effluents industriels sont de 20 à 65 fois plus élevé que la norme. Les microorganismes pathogènes, notamment les coliformes fécaux sont de l'ordre de 5.10^7 UFC/100ml dans les rejets de l'Abattoir frigorifique. Cette pollution présente un réel risque sanitaire pour les populations qui utilisent ces eaux dans l'agriculture urbaine ainsi que pour les consommateurs des produits maraîchers. Vu la présence excessive de substances nutritives dans ces eaux, il y a risque potentiel d'eutrophisation des ressources en eau.

Pour limiter la pollution des eaux, il est alors impératif pour tous les acteurs impliqués, de jouer le rôle qui leur est dévolu dans le but du respect des recommandations du PSAO et du SDGD. A cela, il faut ajouter quelques aménagements ponctuels (système de lagunage à l'Université de Ouagadougou, station à lit bactérien à la MACO, seuil noyé sur le canal du Moro Naba) permettant d'éliminer la charge polluante des effluents avant leur contact avec les ressources en eau.

Mots clefs : Pollution, Eaux usées, Déchets solides, Milieux aquatiques, Risques sanitaires, Ouagadougou, Polluants, Environnement, Ressources en Eau, Assainissement.

INTRODUCTION GENERALE

A l'instar de la plupart des nations de notre planète, le Burkina Faso, pays sahélien et enclavé dont l'économie repose essentiellement sur l'agriculture et l'élevage, connaît une dégradation continue de son écosystème.

La ville de Ouagadougou, sa capitale, est particulièrement affectée par une écotoxicité allant de la pollution de son atmosphère (gaz émis par les usines, les automobiles et les motocyclettes) à celle de son sol en passant par la pollution de ces eaux profondes et superficielles (rejets d'effluents domestiques et industriels).

Il n'est pas à démontrer que l'eau, encore appelée "or bleu", est tout aussi indispensable à la nature qu'aux humains. Sans elle, point de vie n'est possible pour la faune et la flore.

A Ouagadougou, cette *richesse* est particulièrement rare. En effet il n'existe aucune ressource en eau de surface pérenne dans l'agglomération. Les plans d'eau existant sont des retenues tarissables pourtant utilisées dans l'alimentation en eau potable des populations, le maraîchage, la pêche, etc.

Cette rareté de la ressource à laquelle s'ajoute la pollution sans cesse croissante, ont de multiples conséquences parmi lesquelles un coût élevé du traitement de l'eau de consommation, le risque sanitaire lié à sa réutilisation en agriculture urbaine, l'eutrophisation des plans d'eau et la contamination de la faune aquatique.

Cette situation a amené le pays à prendre conscience de la nécessité d'intégrer la question de l'environnement urbain à travers des options fondamentales qui impliquent outre la responsabilité de l'Etat, celle des collectivités locales décentralisées et des individus à tous les niveaux.

Ce rapport de mémoire de fin d'études d'Ingénieur de l'EIER qui se veut à la fois synthétique et complémentaire des études déjà faites sur le sujet, se basera sur une revue bibliographique, des travaux de terrain et de laboratoire pour fournir une banque de données sur les sources de pollution et le niveau actuel de dégradation des plans d'eau superficielle de la ville Ouagadougou. Il explicitera en outre l'impact des activités anthropiques sur la dégradation de la qualité des eaux dans le bassin versant urbain et ébauchera un modèle de transfert des polluants de la source aux ressources en eau. Enfin, il s'achèvera sur des propositions de solutions de préservation des milieux aquatiques en agissant sur toute la chaîne de pollution.

1^{ère} partie : GENERALITES

Chapitre 1 - DEFINITION DES CONCEPTS

La présente étude a pour principal objet l'établissement du profil de pollution des plans d'eau de la ville de Ouagadougou. Il nous apparaît impératif de décortiquer ce concept de pollution des ressources en eau.

Un élément essentiel du traitement des données va consister en l'établissement d'un SIG regroupant toutes les informations quantitatives, qualitatives et spatiales collectées sur la degré de pollution des ressources en de la ville ainsi que les causes de ce fléau. Outre l'établissement de cartes thématiques spécifiques, cet instrument permet d'avoir une vue plus générale et qualitative des sources de pollution potentielles de la ville (Elizenda, 2003).

Nous allons donc essayer de définir le phénomène de pollution de l'eau, de répertorier ses sources et d'en citer les conséquences sur l'environnement. Ensuite nous chercherons à comprendre le concept de SIG en essayant de mieux cerner ses fonctionnalités et son utilité pour notre étude.

1.1 - La pollution des ressources en eau

1.1.1 - Définition

La pollution est l'introduction directe ou indirecte, par l'activité humaine, de substances, de vibrations, de chaleur ou de bruit dans l'air, l'eau ou le sol, susceptibles de porter atteinte à la santé humaine ou à la qualité de l'environnement, d'entraîner des détériorations aux biens matériels, une détérioration ou une entrave à l'agrément de l'environnement ou à d'autres utilisations légitimes de ce dernier (Directive 2000/60/CE, 2000).

En ce qui concerne l'eau, les milieux potentiellement sujets à la pollution sont les cours d'eau, les nappes souterraines, les mers, les lacs, les retenues d'eau, etc.

Un milieu aquatique est dit pollué, lorsque son équilibre a été modifié de façon durable par l'apport en quantités trop importantes soit de substances plus ou moins toxiques, d'origine naturelle ou issues d'activités humaines, soit encore d'eaux trop chaudes. Ces pollutions peuvent entraîner divers types de nuisances : augmenter la mortalité de certaines espèces animales ou végétales jusqu'à parfois les faire disparaître, altérer leurs capacités physiologiques, détériorer la qualité de l'eau au point de la rendre impropre à certains usages, comme l'alimentation humaine.

La pollution se définit donc comme la dégradation d'un milieu naturel par introduction d'un polluant. Cette notion de dégradation est très importante, puisqu'en l'absence de conséquences négatives pour le milieu, on ne peut pas parler de pollution.

Concrètement, pour une même substance, son caractère polluant sera plus ou moins élevé en fonction des quantités déversées dans le milieu et de la capacité de ce milieu à l'éliminer naturellement.

Aussi, tous les polluants ne présentent pas les mêmes risques pour les écosystèmes. Certains notamment sont biodégradables. Riche en espèces animales et végétales et en micro-organismes, un écosystème est naturellement capable de transformer et d'éliminer, en partie ou en totalité, les substances biodégradables qu'il reçoit et d'assurer ainsi le maintien de son équilibre et de la qualité de ses eaux. Mais, si l'abondance de ces substances dépasse un seuil critique, ses capacités d'auto-épuration ne suffisent plus : l'agent polluant ne peut plus être éliminé assez rapidement ; il s'accumule, rompant progressivement l'équilibre dynamique naturel du milieu aquatique, et peut même devenir toxique. On dit alors qu'il y a pollution.

D'autres agents polluants, comme les plastiques, les métaux et certains pesticides, ne sont pas ou peu biodégradables : le processus d'auto-épuration est alors inopérant et ces substances s'accumulent dans l'écosystème, intoxiquant les espèces vivantes qui les ingèrent. Certaines de ces substances, de surcroît, comme les métaux lourds ou les pesticides, s'accumulent dans les organismes, se concentrant dans certains tissus ou organes à des doses parfois bien supérieures à celles mesurées dans l'eau, un phénomène appelé " bio-accumulation ". Cette accumulation, qui s'amplifie à chacun des maillons de la chaîne alimentaire, peut prendre parfois une ampleur inquiétante.

1.1.2 - Les différentes sources de pollution

Les polluants sont émis dans l'atmosphère, évacués dans les eaux usées ou épandus sur les sols, sous forme de gaz, de substances dissoutes ou de particules. La plupart finissent par rejoindre les milieux aquatiques.

On distingue deux grandes formes de pollution qui sont (www.cieau.com):

- Les pollutions ponctuelles, souvent relativement immédiates, qui proviennent de sources bien identifiées (rejets domestiques ou industriels, effluents d'élevage...) et peuvent être traitées par des stations d'épuration,
- Les pollutions diffuses, comme celles dues aux épandages de pesticides et d'engrais sur les terres agricoles, qui concernent l'ensemble d'un bassin versant, mettent plus

de temps à atteindre les milieux aquatiques et ne peuvent être traitées qu'à la source en diminuant l'usage des substances responsables.

a) Les principaux types de polluants

Les matières organiques fermentescibles (déjections animales et humaines, graisses, etc.) constituent, la première cause de pollution des ressources en eaux. Ces matières organiques sont notamment issues des effluents domestiques, mais également des rejets industriels (industries agro-alimentaires, en particulier). La première conséquence de cette pollution réside dans l'appauvrissement en oxygène des milieux aquatiques, avec des effets bien compréhensibles sur la survie de la faune.

Les éléments minéraux nutritifs (nitrates et phosphates), provenant pour l'essentiel de l'agriculture et des effluents domestiques, mobilisent également l'attention des acteurs impliqués dans la gestion de l'eau. Ils posent en effet des problèmes, tant au niveau de la dégradation de l'environnement résultant d'un envahissement par les végétaux (eutrophisation, etc.), que des complications qu'ils engendrent lors de la production de l'eau potable.

Les métaux lourds (mercure, cuivre, cadmium, etc.) constituent un problème préoccupant lorsqu'ils sont impliqués dans la pollution des ressources en eau. Non seulement leur toxicité peut être fort dommageable pour le milieu aquatique, mais leur accumulation au fil de la chaîne alimentaire pourrait avoir des effets plus ou moins graves sur la santé humaine.

La pollution des eaux par les composés organiques de synthèse (produits phytosanitaires) s'est accrue au cours des dernières décennies, notamment sous l'effet du développement de l'activité agricole. La présence de concentrations trop élevées de pesticides dans certaines ressources complique, comme dans le cas des nitrates, les processus de production de l'eau potable. Par ailleurs, ces substances peuvent s'accumuler au fil de la chaîne alimentaire.

Les hydrocarbures peuvent contaminer les ressources en eau selon différentes modalités : rejets industriels, rejets des garages et stations services, ruissellement des chaussées, effluents domestiques...

b) La pollution domestique et urbaine

Chaque Habitant de Ouagadougou utilise en moyenne 90 litres d'eau par jour (www.primature.gov)... dont la quasi-totalité est ensuite rejetée : ce sont les eaux usées domestiques qui regroupent les eaux "ménagères" (eaux de cuisine et de toilette) et les

eaux "vannes" (WC). Les eaux "ménagères", qui représentent les deux tiers du total des eaux usées domestiques (www.cnrs.fr), contiennent, notamment, des graisses, des savons et détergents, des matières en suspension et des matières dissoutes organiques ou minérales. La pollution par les eaux vannes est caractérisée essentiellement par les germes fécaux.

A cela, il faut ajouter les eaux usées rejetées (effluents) par les installations collectives, telles que les hôpitaux, les écoles, les commerces, les hôtels et restaurants, etc.

Dans le contexte urbain africain, une bonne partie de ces eaux usées rejetées ruisselle vers les caniveaux qui à leur tour la drainent vers les rivières, lacs et barrages.

Même un simple orage en zone urbaine peut avoir des conséquences remarquables en termes de pollution. En dehors du risque de saturation du système d'assainissement, entraînant une surverse du réseau de collecte, les eaux de pluie ruissellent dans les rues où se sont accumulées poussières, détritiques et hydrocarbures rejetés par les véhicules, et sur les toitures où se sont déposées, entre deux pluies, poussières urbaines et suies de combustion et d'incinération des ordures ménagères.

c) La pollution industrielle

Si la pollution domestique des ressources est relativement constante, les rejets industriels sont, au contraire, caractérisés par leur très grande diversité, suivant l'utilisation qui est faite de l'eau au cours du processus industriel.

Selon l'activité industrielle, on va donc retrouver des pollutions aussi diverses que :

- Des matières organiques et des graisses provenant des abattoirs, industries agro-alimentaires, etc. ;
- Des hydrocarbures issues des industries pétrolières, transports, etc. ;
- Des métaux provenant des traitements de surface, métallurgie, etc. ;
- Des acides, bases, produits chimiques divers produits par les industries chimiques, les tanneries, etc. ;
- Des eaux chaudes issues des circuits de refroidissement des centrales thermiques, etc.

Parmi les industries considérées traditionnellement comme rejetant des matières particulièrement polluantes pour l'eau, on citera les industries agro-alimentaires, papetières, la chimie, les traitements de surface, l'industrie du cuir, etc.

d) La pollution d'origine agricole

L'agriculture constitue la première cause des pollutions diffuses des ressources en eau. Les activités agricoles sont, en particulier, largement impliquées dans les apports d'azote et, surtout, de ses dérivés, nitrates et nitrites, que l'on trouve en forte concentration dans les engrais.

Les pesticides utilisés pour le traitement des cultures sont également une source connue de dégradation des ressources en eau. Sous l'appellation "produits phytosanitaires" se cache en fait une multitude de substances, dont la rémanence dans l'eau peut varier d'une molécule à l'autre.

e) La pollution "naturelle"

La teneur de l'eau en substances indésirables n'est pas toujours le fait de l'activité humaine. Certains phénomènes naturels peuvent également y contribuer. Par exemple, le contact de l'eau avec les gisements minéraux peut, par érosion ou dissolution, engendrer des concentrations inhabituelles en métaux lourds, en arsenic, etc. Des irrptions volcaniques, des épanchements sous-marins d'hydrocarbures... peuvent aussi être à l'origine de pollutions.

f) La pollution d'origine atmosphérique

L'atmosphère terrestre contient un certain nombre de polluants qui, sous l'effet des pluies, peuvent contaminer le sol. Par ruissellement ou infiltration, ces polluants vont ensuite migrer vers les eaux superficielles et souterraines.

Le phénomène des "pluies acides" et ses conséquences sur la végétation (forêts, notamment), sont bien connus. Ce phénomène a pour origine l'oxydation, dans l'atmosphère, de l'anhydride sulfureux (SO_2 , issu de la combustion de combustibles fossiles tels que le fuel ou le charbon) et d'oxydes d'azote (NO_x , issus des moteurs à explosion et des foyers industriels), oxydation ayant pour conséquence la présence d'acide sulfurique et d'acide nitrique dans l'eau de pluie.

1.1.3 - Les effets de la pollution

a) Les conséquences sanitaires

Les effets de la pollution de l'eau sur la santé humaine sont, bien évidemment, ceux qui doivent être considérés en priorité. Ils seront souvent différents selon le mode de contamination de l'homme, par ingestion ou par simple contact, sans oublier les modes de

contamination "intermédiaires", tels que la consommation de poissons eux-mêmes contaminés par une eau polluée.

Pour ce qui est de l'eau destinée à un usage alimentaire, les pays du tiers-monde, respecte une norme qui est constituée de la grille des valeurs indicatives des Directives de Qualité pour l'Eau de boisson publiées par l'OMS.

Ainsi, s'il y a pollution, elle doit être éliminée durant le traitement de l'eau potable. Ces directives ne sont pas toujours respectées, puisque les maladies d'origine hydrique tuent encore aujourd'hui des millions de personnes par an dans le tiers-monde (www.cnrs.fr). Il peut s'agir de pathologies liées à l'absorption d'eau polluée, vecteur d'épidémies microbiologiques ou de produits toxiques, ou de pathologies liées à un simple contact avec le milieu aquatique (ce qui est le cas de nombreuses parasitoses).

b) Les conséquences écologiques

Les conséquences écologiques de la pollution des ressources en eau se traduisent par la dégradation des écosystèmes aquatiques. Les désordres engendrés sont :

- Tout d'abord, l'eau a comme propriétés de dissoudre la plupart des substances minérales ou organiques et de mettre en suspension les matières insolubles. En conséquence, tout polluant de l'eau peut se retrouver très loin en aval du lieu de contamination ;
- Par ailleurs, les gaz sont peu solubles dans l'eau. Les milieux aquatiques sont donc naturellement pauvres en oxygène dissous, élément indispensable à la respiration de la faune aquatique. Or, la dégradation (l'élimination), par le milieu, des pollutions organiques est fortement consommatrice d'oxygène : plus la pollution organique est forte, plus le milieu concerné s'appauvrit en oxygène. Ce phénomène peut aller jusqu'à l'anoxie de l'eau (absence d'oxygène), avec des conséquences très graves pour la faune ;
- La relative pauvreté naturelle en oxygène dissous des milieux aquatiques amène les animaux à absorber de très grandes quantités d'eau pour satisfaire leurs besoins en oxygène. Ils risquent donc, beaucoup plus que les animaux terrestres, d'ingérer de grandes quantités de toxiques, même lorsque ceux-ci ne se trouvent qu'en très faibles quantités dans le milieu ;
- Enfin, les variations naturelles de température des milieux aquatiques sont d'une amplitude beaucoup plus faible que celle des milieux terrestres. Les organismes aquatiques sont donc nettement plus sensibles aux changements de température

même faibles. De ce fait, ils sont particulièrement exposés lorsqu'ils sont soumis à une "pollution thermique" (rejet d'eaux chaudes dans le milieu).

c) Les conséquences esthétiques



Photo 1: Bouteilles plastiques dans le canal Central

La pollution de l'eau peut avoir un effet de perturbation de l'image d'un milieu (par exemple les sachets ou bouteilles plastiques rejetés dans un marigot, ou encore la couleur noirâtre de certaines eaux usées).

Les conséquences esthétiques sont par définition les plus perceptibles, et c'est donc celles dont les riverains et le grand public auront, en premier, conscience (Gaujous, 1995).

d) Les conséquences économiques

Les conséquences de la pollution des ressources en eau sur l'économie d'une ville, d'une région ou d'un pays peuvent prendre plusieurs formes.

Les exemples sont nombreux de sites ayant fondé leur prospérité sur l'exploitation de riches ressources en eau et qui échouèrent durement d'une gestion inconsidérée de cette même ressource, estimée à tort comme inépuisable et souillable à volonté. Les sociétés économiquement développées ont fini par prendre conscience, ces dernières décennies, que l'augmentation continue des pollutions et des prélèvements d'eau risquait de compromettre le développement futur.

Les effets néfastes de la pollution des ressources en eau sont en effet multiples, sur les plans économique et social. On peut citer, en particulier :

- Pour la production d'eau potable, la pollution peut réduire la quantité des ressources utilisables, augmenter le coût des traitements de potabilisation ou celui du transport de l'eau, lorsqu'il faut avoir recours à des ressources plus lointaines ;
- L'industrie est un gros consommateur d'eau et ses exigences, en terme de qualité de l'eau, sont parfois très élevées. C'est pourquoi, la dégradation des ressources peut devenir un frein au développement industriel (c'est d'ailleurs l'une des raisons qui a amené les pays industrialisés, avant les autres, à se soucier de l'état de leurs ressources) (Gaujous, 1995) ;
- L'exploitation des milieux aquatiques (pisciculture, loisirs...) sera entravée en cas de pollution ;
- L'altération de la qualité de vie consécutive à la pollution du milieu influera sur la dépréciation d'un site ;
- L'agriculture a largement recours aux eaux brutes, non traitées, pour l'irrigation des sols. Une eau de mauvaise qualité ne sera donc pas sans conséquence sur la production agricole.

1.2 - Le Système d'Information Géographique

1.2.1 - Définition

Un Système d'Information Géographique (SIG) est un ensemble de données, matériels, logiciels, et personnes dont la fonction est d'exploiter de l'information géographique pour produire des résultats et atteindre un objectif de gestion d'un territoire.

La société française de photogrammétrie et télédétection définit le SIG comme étant un système informatique permettant, à partir de diverses sources, de rassembler et d'organiser, de gérer, d'analyser et de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement, contribuant notamment à la gestion de l'espace.

1.2.2 - Présentation générale d'un SIG

Un Système d'Information Géographique est un outil permettant de manipuler des bases de données géographiques planes.

Les objets géographiques manipulés sont principalement de trois types : les points, les polygones (ligne brisée) ou les polygones. Ces objets ont chacun leur intérêt pour modéliser la réalité et représenter les objets réels :

Les points définissent des localisations d'éléments séparés pour des phénomènes géographiques trop petits pour être représentés par des lignes ou des surfaces (un arbre, un habitant, un site,...), ou qui n'ont pas de surface réelle (un point côtier) ;

Les polygones représentent les formes des objets géographiques trop étroits pour être décrits par des surfaces (une rue, une rivière, un égout, une voie ferrée,...) ou des objets linéaires qui ont une longueur mais pas de surface (une courbe de niveau) ;

Les polygones représentent la forme et la localisation d'objets homogènes (contours des villes, quartiers, parcelles, zones d'activité, parcs, types de sols,...).

Un SIG permet donc, en premier lieu, de représenter l'environnement et les infrastructures géographiques existantes : communes, rues, départements, régions, massifs montagneux... C'est la raison pour laquelle ce type d'outil a été historiquement (et reste) très utilisé pour les études environnementales. C'est un outil qui permet d'inventorier les constituants d'un écosystème (faune, flore, minéral) et de comparer leur répartition avec des paramètres géoréférencés (nature du sol, présence d'autres espèces,...). Les recensements de populations animales ou végétales ont toujours nécessité une représentation cartographique.

De façon plus spécifique, le SIG permet d'analyser la répartition géographique de zones de pollutions. Ainsi, les acteurs impliqués pourront situer et traiter efficacement le problème. Des mesures de pollutions peuvent être effectuées sur le terrain par des opérateurs puis les résultats sont intégrés au SIG pour exploitation, il est aussi possible d'automatiser ces processus par récupération de données en provenance de stations d'analyse automatisées (analyse de la qualité de l'eau ou de l'air, station météorologique,...).

1.2.3 - Principales fonctionnalités d'un SIG

a) Visualisation des données et mise en page

Le SIG permet d'afficher les différentes données géographiques disponibles. A ce titre, il offre à l'utilisateur toute une palette de fonctions de gestion de l'affichage lui permettant de modifier les paramètres d'affichage avec le plus grand confort : les fonctions de zoom, de déplacement latéral sont présentes en standard sur un système d'information géographique.

L'utilisateur dispose également de toute la latitude pour modifier, à son gré, les couleurs des objets affichés. Des fonctionnalités d'analyse spécifique permettent en outre de réaliser des classifications sur une table et d'attribuer automatiquement aux objets un format graphique d'affichage spécifique en fonction des valeurs de la classification.

Une fonctionnalité de mise en page permettant de constituer des dossiers cartographiques élégants en vue d'une impression papier est également offerte à l'utilisateur.

b) Fonctionnalités d'interrogation des données

La lecture des données associées aux objets présents dans les tables affichées est possible de manière ponctuelle, en cliquant sur l'objet qui apparaît sur la carte.

Des fonctions plus élaborées de création et de manipulation de requêtes sont également disponibles, qui permettent aussi bien de réaliser des requêtes tabulaires classiques (recherche des enregistrements qui vérifient une condition donnée relative aux valeurs de champs nombres, chaînes, date ou booléens) que des requêtes spatiales, qui mettent en jeu toutes les relations géographiques imaginables entre objets : relation d'intersection, relation d'inclusion, distance séparant deux objets.

Les fonctionnalités de jointure et d'agrégation de données usuelles dans le contexte des bases de données sont également fournies à l'utilisateur.

Enfin, des outils spécifiques de calcul et d'optimisation d'itinéraires peuvent également être ajoutés à l'interface du produit.

On peut ainsi construire et réaliser des requêtes permettant de sélectionner automatiquement, par exemple, tous les sites de maraîchage situés à moins d'un kilomètre d'une retenue d'eau.

c) Localisation des données

Un SIG permet dans sa forme basique, de placer automatiquement un point dont on connaît les coordonnées géographiques planes X et Y.

Lier l'information à la localisation géographique est un processus qui s'applique à de très nombreux domaines d'activité. Choisir un site, étudier un marché, gérer des ressources, planifier et déployer un réseau, cartographier une zone, ou gérer les services d'urgence - tous ces problèmes impliquent des données d'ordre géographique.

Où sont les sources de pollutions ? Quels sont les plus gros pollueurs ? Quelles sont zones à risque ou sensibles ? Quels sont les polluants produits par telle ou telle entreprise ?

1.2.4 - Intérêt du SIG

Au vu de ses fonctionnalités plusieurs arguments peuvent être avancés pour montrer l'intérêt d'un SIG parmi lesquels :

- Croiser des informations géographiques, économiques et sociales dans un référentiel géographique commun pour permettre des analyses et visualiser les phénomènes.
- Connaître précisément l'état des lieux d'un territoire pour éclairer en temps réel les réflexions.
- Faciliter les études et les prises de décision.
- Eviter de refaire plusieurs fois les mêmes documents.
- Editer des cartes d'aide à la décision tel que l'état de la voirie, l'état du réseau d'assainissement, l'évolution des constructions individuelles...
- Permettre la superposition de cartographies différentes offrant la possibilité de rapprochements de renseignements.
- Réaliser rapidement des simulations, étudier les avantages et les inconvénients d'un projet.
- Doter les techniciens et intervenants d'un outil moderne pour la gestion et l'aménagement du territoire, pour le suivi de l'environnement.
- Améliorer le service aux usagers : rapidité, fiabilité, qualité et cohérence des informations fournies.
- Plus généralement, en accédant aux technologies nouvelles des SIG et de communication, faciliter et améliorer la gestion du territoire.

Chapitre 2 - CONTEXTE DE L'ETUDE

Dans ce chapitre nous aborderons l'étude dans son contexte décrivant l'environnement physique et biologique de la zone d'étude, en abordant l'aspect urbanistique, en énumérant le rôle des différents acteurs institutionnels intervenant dans la gestion des ressources en eau, en citant les lois et décrets relatifs à l'eau promulgués au Burkina Faso et en énumérant les difficultés rencontrées dans le financement du domaine de l'assainissement dans la ville de Ouagadougou.

2.1 - Contexte environnemental

2.1.1 - Situation géographique

La zone d'étude du projet de recherche est Ouagadougou la capitale du Burkina Faso. Pays continental situé au coeur de l'Afrique occidentale, le Burkina Faso couvre une superficie de 274'200 km². Sa population estimée à 12'500'000 habitants environ, vit majoritairement en zone rurale et mène comme activité principale l'agriculture et l'élevage. C'est un pays pauvre avec un PNB par habitant de 350\$ (Bayili, 2001). Le taux de croissance économique malgré les politiques d'ajustement structurel reste très bas (6% en 1997). De plus, les efforts de redressement sont annihilés par un taux de croissance démographique élevé.

On dénombre une soixantaine d'ethnies dont les plus importantes numériquement sont les Mossi au centre du pays, les Peuls au nord, les Lobi au sud-ouest, les Bobo et les Dioula à l'ouest.

Le pays fait face depuis les indépendances (1960) à une urbanisation rapide. Le taux d'urbanisation est passé de 3,5% entre 1960 et 1975 à 10,8% entre 1975 et 1985 (Bayili, 2001). Il a atteint 18,5% en 1990 (Bayili, 2001). Cet accroissement de la population urbaine s'accompagne de problèmes de logement, d'approvisionnement en eau, d'assainissement qui sont très ressentis dans la principale ville qu'est Ouagadougou.

Située à 1°30' de longitude Ouest et 12°23' de latitude Nord, Ouagadougou s'étend sur une superficie d'environ 240 km² au Centre du Plateau Mossi.

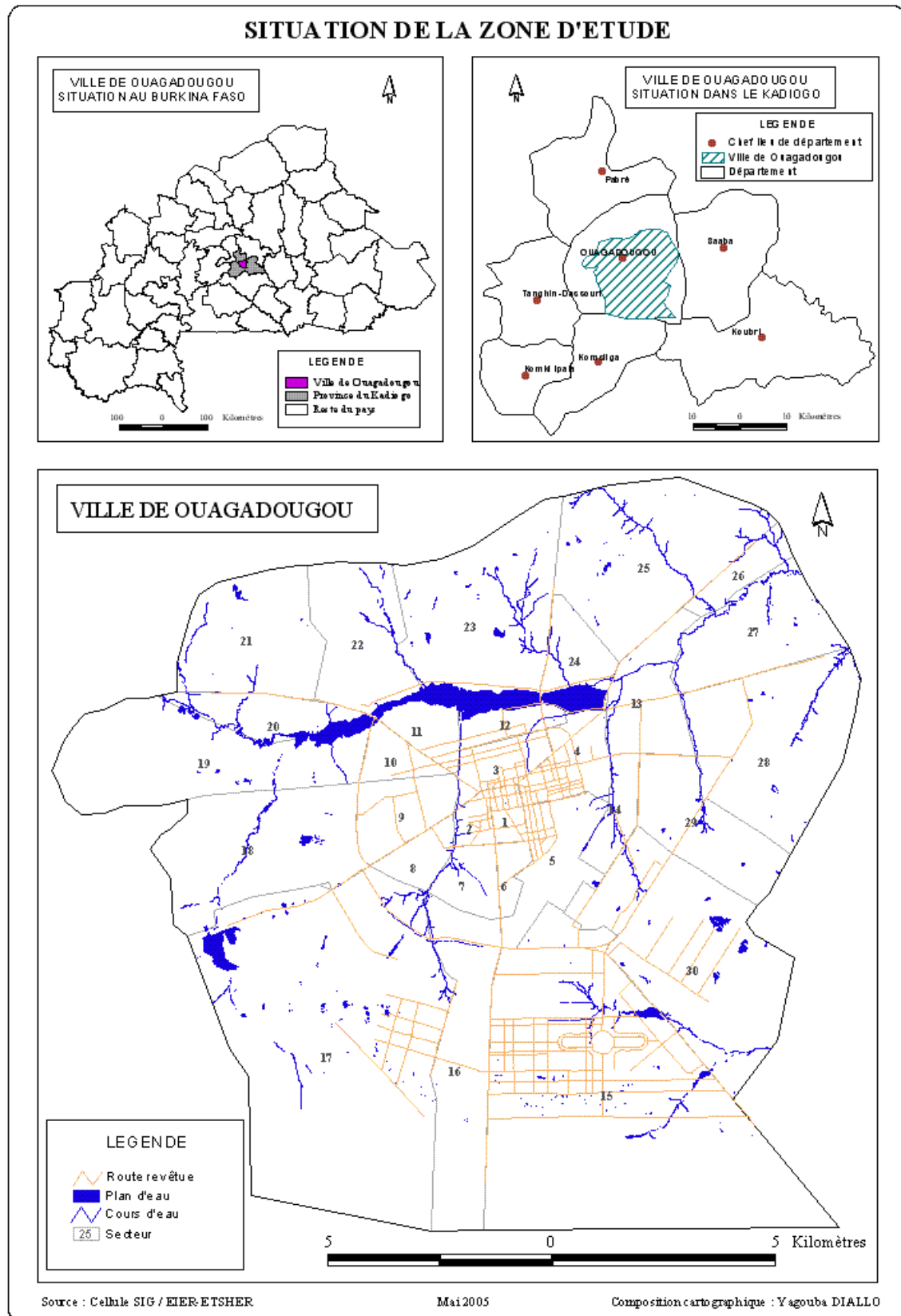


Figure 1: Carte de situation de la zone d'étude

2.1.2 - Climat

La région de Ouagadougou est située dans la zone de climat Nord Soudanien caractérisé par deux saisons fortement contrastées :

- Une saison sèche d'une durée de 8 mois environ ;
- Une saison des pluies de durée 4 mois (de juin à septembre).

Le climat Nord Soudanien est aussi caractérisé par deux flux principaux d'air qui s'alternent au rythme des saisons :

- L'Harmattan, de direction NE-SW, vent chaud et sec ;
- La Mousson, vent humide de direction SO-NE.

Les températures moyennes mensuelles enregistrées à l'aéroport de Ouagadougou, sont à la fois élevées et contrastées (40°C en mars et avril, 16°C en décembre et janvier) (SAHEL CONSULT & BCEOM, 1999).

Le total annuel moyen des précipitations varie de 780 mm à 815 mm (sur un échantillon de 41 ans) (SAHEL CONSULT & BCEOM, 1999).

L'évaporation est maximale pendant la saison sèche (319 mm en mars) et minimale en fin d'hivernage (133 mm en septembre).

L'humidité relative suit le régime de la pluviométrie, son amplitude journalière est de 20 à 30% environ. Le degré hygrométrique est maximum en août et minimum en février.

2.1.3 - Relief et hydrographie

La ville est située sur un plateau d'altitude moyenne de 295 m. Les points les plus hauts culminent à 320 m et sont situés au Nord-Est. Les pentes sont inférieures à 1% et sont peu propices à l'évacuation rapide des eaux de ruissellement. L'agglomération de Ouagadougou est située en grande partie sur le bassin versant du Massili (de direction générale d'écoulement SO/NE) qui est un affluent du Nakambé. La ville est traversée par quatre affluents temporaires de ce cours d'eau qui sont les émissaires naturels des eaux pluviales.

Ces marigots, appelés aujourd'hui canaux à cause de leur aménagement, sont :

- Le Canal du Moro Naba (ou Kadiogo) ;
- Le Canal Central (ou Paspanga) ;
- Le canal de Zogona ;

- Le canal de Wemtenga (ou Dassasgo, en cours d'aménagement).

A ces principaux cours d'eau s'ajoutent d'autres sous-affluents :

- Le marigot de Tampouy ;
- Le marigot de Tanghin ;
- Le marigot de Kossodo.

La majeure partie de ces cours d'eau aboutit au marigot de la forêt classée du Barrage N°3 (Bängre-Wéogo) qui est l'exutoire naturel de l'ensemble des eaux de drainage de la ville.

2.1.4 - Géologie et hydrogéologie

Ouagadougou est une ville située sur un socle cristallin constitué principalement de migmatites et de granites d'âge précambrien.

Le socle n'affleure que par petits pointements au nord-ouest et à l'ouest de la ville. Il est recouvert par des altérites et des alluvions dont l'épaisseur peut atteindre 40m, couronnés de puissantes carapaces ferrugineuses.

Il y a deux types de nappes :

- Une nappe superficielle située à la base des cuirasses latéritiques et dans les altérites argileuses ainsi que dans les alluvions (Yaméogo et al., 2002) ;
- Une nappe profonde dans les arènes grenues et la frange fissurée du substratum (Yaméogo et al., 2002 ; Savadogo, 1984).

L'écoulement des eaux souterraines semble s'effectuer dans la direction de l'axe de drainage du Massili à l'exception de la partie sud de la ville (extrémité sud-ouest de l'aéroport) où l'écoulement s'effectuerait vers le sud.

2.1.5 - Hydrologie

Du point de vue hydrologique, il faut rappeler que la ville de Ouagadougou est située sur le bassin du Massili. La région est caractérisée par la présence de plusieurs retenues d'eau artificielles (4 pour l'agglomération de Ouagadougou) réalisées pour stocker les eaux de ruissellement pendant la saison des pluies.

Les marigots cités ci-dessus drainent les différents quartiers jusqu'au thalweg principal. Le réseau de collecte des eaux pluviales de la ville comprend une centaine de kilomètres de caniveaux le long des routes nationales situées à l'intérieur du périmètre urbain et environ le

double de cette longueur le long de la voirie municipale. Ces caniveaux débouchent dans les caniveaux aménagés ou dans les marigots naturels.

L'insuffisance du réseau de drainage (un quart de la superficie totale lotie) est cause des nombreuses inondations pendant la saison des pluies et de la forte érosion constatée sur les bords des marigots et les parcelles dans certains secteurs.

2.1.6 - Végétation

Le domaine des massifs forestiers urbains de la ville de Ouagadougou est composé de la Forêt classée du Barrage de Ouagadougou, ce qui reste de la Ceinture Verte et les plantations périurbaines.

a) La forêt classée du barrage n°3

Elle se situe au cœur de la ville au Nord-Est du centre. La partie de la forêt située au sud de la route de Fada couvre une superficie de 12,5ha. Cette forêt n'est pas un ancien massif forestier, elle a été créée artificiellement sur les sites d'anciens champs appartenant au Moro Naba, occupés par une savane clairsemée avec des karités, des nérés et quelques caïlcédrats. Autour des premières plantations effectuées par les Services Forestiers, la Végétation naturelle s'est petit à petit reconstituée. On y observe une diversité intéressante de biotopes, surtout liée à la présence permanente de l'eau et- aux divers types de substrats favorisant la diversité végétale.

b) La ceinture verte

La ceinture verte de Ouagadougou, fruit de la coopération Germano-Burkinabé, est une plantation d'essences locales et exotiques réalisée en 1976. La vocation initiale de cette réalisation était d'entourer toute la ville de Ouagadougou, elle s'étale aujourd'hui sur à peine 11km. Elle s'étend du Nord de la ville de Ouagadougou sur une longueur allant de la RN3 (Ouaga-Kaya) à la RN1 (Ouaga-Bobo). Du point de vue du couvert végétal, une bonne partie de la ceinture verte, du fait de la pression urbaine et des prélèvements clandestins, est complètement dénudée. Les essences que l'on peut rencontrer dans la ceinture verte sont majoritairement l'*Eucalyptus camaldulensis* et l'*Azadirachta indica* (neem). On y rencontre aussi du *Cassia siamea* et une faible quantité de *Gmelina arborea* et d'Essences locales diverse.

c) Le parc forestier urbain

C'est le domaine qui comprend les plantations le long de la voirie, les plantations dans les parcelles d'habitation et des services, plantations d'ornement dans les espaces publics...

Khaya senegalensis est l'espèce qu'on rencontre le long de la voirie, plantations vieillissantes réalisées avant l'indépendance. L'espèce est quelque fois associée à *Bombax costatum* (SAHEL CONSULT & BCEOM, 1999).

Dans les parcelles d'habitation, on rencontre essentiellement des arbres fruitiers tels les manguiers, papayers, orangers et, devant les concessions, d'autres essences telles que les *Eucalyptus*, *Terminalia* et *Gmelia*. Des cultures fruitières sont aussi pratiquées dans les bas-fonds et le long des marigots.

Le strate arbustive et la strate herbacée, rares dans le domaine, sont cependant représentées dans les parties de marigot où l'eau stagne (rejets d'eaux usées) par des mimosacées (pour la strate arbustive), par *Vetivera nigriflora* et quelques graminées.

On note la présence de végétation aquatique tel *Pistia stratiotes* et la fougère *Marsilea diffusa* dans les zones marécageuses et relativement polluées.

d) Le domaine agro-forestier péri-urbain

Dans ce domaine, on rencontre les espèces de la savane arbustive claire telles : *Tamarindus indica*, *Butyrospermum parkii*, *Parkia bigbosa*...auxquelles sont associées des cultures vivrières (mil, sorgho, arachides, niébé en cultures intercalaires...).

2.1.7 - Faune

Du point de vue faune, seuls les rongeurs et les petits herbivores sont rencontrés dans les limites de la ville.

La Forêt Classée, la Ceinture Verte et la zone périurbaine possèdent une grande richesse en faune ornithologique (oiseaux sédentaires et oiseaux de passage)

Avant la régression des domaines décrits plus haut, due aux interventions humaines, les reptiles étaient omniprésents dans le périmètre urbain. Les plus remarquables sont les serpents et les lézards. Les amphibiens colonisent en général les milieux humides en fonction de leur typologie tout au long de l'année. Les vallées des marigots abritent une population d'amphibiens relativement importante, compte tenu de l'écologie de ces zones. On distingue les crapauds, les rainettes et les grenouilles dans les eaux de marigots.

La pêche est beaucoup pratiquée dans les cours d'eau et les barrages. L'espèce la plus abondante est la petite carpe. Dans les bas-fonds où la qualité chimique et biologique de l'eau est mauvaise, des espèces comme les silures et des *Cyprinodontidae* trouvent des sites écologiquement favorables (SAHEL CONSULT & BCEOM, 1999).

Les invertébrés (mollusques, insectes) en nombre important et diversifié sont présent dans le périmètre urbain, dans les zones humides de la ville et dans les endroits qui leur sont écologiquement favorables (cimetières, anciennes carrières désaffectées) en particulier.

La volaille, aussi bien que des animaux domestiques (moutons, chèvres, bœufs, porcs...), est aussi élevée à l'intérieur du périmètre de la ville.

2.2 - Contexte urbanistique

L'urbanisation de la ville de Ouagadougou a commencé avec la colonisation. L'habitat dispersé à la conquête a été structuré par l'administration coloniale avec les premiers lotissements. Au début la ville s'est développée autour du palais du Moro Naba, empereur des mossis.

De 8'000 habitants en 1904, la ville compte 1'200'000 habitants aujourd'hui. Le taux de croissance de la population pour les dix dernières années avoisine 9,4% par an (Bayili, 2001). La ville de Ouagadougou regroupe près de 60% de la population urbaine du Burkina (Bouso, 2003). Sa densité moyenne est de 50 habitants à l'hectare.

Le tissu urbain se compose comme suit (SAHEL CONSULT & BCEOM, 1999) :

- Des zones vertes qui comprennent les zones boisées ou plantées ;
- Des zones d'habitat non lotie caractérisé par un habitat non structuré et non contrôlé, généralement fait de constructions en banco recouvertes de tôles ondulées, souvent dans des conditions précaires et se développant à la périphérie de la ville.
- Des zones d'habitat dense lotie qui comprennent les quartiers anciens de la ville et constitué de maisons de petite ou de grande taille en dur ou en banco, généralement couvertes de tôles ondulées, sur des parcelles encloses connaissant un coefficient d'occupation du sol relativement important ;
- Des zones industrielles qui sont situées en périphérie de la ville et constituées de bâtiments de grande taille au milieu de vastes terrains, abritant des industries ou des unités de transformation ;
- Des zones commerciales qui sont situées dans les parties centrales de la ville et caractérisées par un taux d'occupation du sol relativement important ;

- Des zones résidentielles et administratives qui correspondent à de grands ensembles immobiliers incluant les camps militaires, les services publics, les établissements scolaires et les lieux de cultes.

2.3 - Contexte institutionnel

2.3.1 - Rôle de l'état

Les Ministères, représentants de l'Etat, chacun dans son domaine, sont les garants de la qualité de l'environnement, élément essentiel du développement durable. Dans le domaine de La protection des ressources en eau, ils sont nombreux les Ministères impliqués dans le processus et jouant chacun un rôle précis. On peut citer entre autres :

a) Ministère de l'agriculture, de l'hydraulique et des ressources halieutiques

Ce ministère assure la mise en œuvre et le suivi de la politique du gouvernement en matière de ressources hydrauliques. A ce titre et en relation avec les départements ministériels et les organismes publics ou privés compétents, il est chargé de :

- L'élaboration de la législation en matière d'eau et d'assainissement et du contrôle de son application ;
- La conception, de la réalisation et de la gestion des points d'eau (forages, puits, barrages...) ;
- La conception, de la réalisation et de la gestion des aménagements hydrauliques ;
- L'assainissement des eaux usées et des excréta ;
- La fourniture d'eau potable aux populations ;
- La protection/conservation des écosystèmes aquatiques.

Les volets assainissement et approvisionnement en eau potable de centres urbains, semi-urbains et secondaires dont la population dépasse 2'000 habitants est confiés à l'un des services rattachés du ministère à savoir l'Office national d'eau et d'assainissement (ONEA).

L'ONEA a été créé en 1985. Il est devenu une entreprise paraétatique en 1996 et fait encore partie du secteur public, financièrement autonome vis-à-vis du gouvernement.

Par le décret n° 2001-095/PRES/PM/MEF/MEE/MCPEA du 9 mars 2001 l'ONEA a reçu les attributions ci-après : la création, la gestion et la protection des installations de captage, d'adduction et de distribution d'eau potable pour les besoins urbains et industriels ; la création, la promotion et l'amélioration ainsi que la gestion des installations

d'assainissement collectif, individuel ou autonome pour l'évacuation des eaux usées et excréta en milieu urbain et semi urbain.

Pour ce faire, il est chargé de la mise en place, l'exploitation, la maintenance des installations relatives à sa mission, l'appui à la mise en place d'équipements individuels ou autonomes, la préservation de la potabilité minimale exigible pour l'eau de boisson (directives OMS), la mise en œuvre et l'application de la police des ressources en eau potable qu'elle exploite, la conception et la mise en œuvre des programmes de développement se rapportant à sa mission. Elle peut exécuter directement toutes les opérations ou confier la réalisation ou le contrôle à des organismes publics ou privés.

L'ONEA est le responsable de la mise en oeuvre du PSAO.

b) Ministre de l'administration territoriale et de la décentralisation

Ce Ministre assure la mise en œuvre et le suivi de la politique du Gouvernement en matière de décentralisation. A ce titre, il est chargé de :

- L'organisation et du contrôle du fonctionnement des collectivités locales ;
- L'exercice des pouvoirs de tutelle de l'Etat à l'égard des collectivités décentralisées ;
- L'appui aux collectivités locales dans leur mission ;
- Le développement et de promotion de la citoyenneté.

c) Ministère de l'environnement et du cadre de vie

Ce ministère assure la mise en œuvre et le suivi de la politique du Gouvernement en matière d'environnement et d'assainissement du cadre de vie. A ce titre il est chargé de :

- La protection de l'environnement et du suivi des conventions internationales en matière d'environnement ratifiées par le pays ;
- L'élaboration et du suivi des programmes d'éducation environnementale ;
- La coordination des activités en matière de lutte contre la désertification et les autres causes de dégradation de l'environnement ;
- La protection des eaux en relation avec les ministres compétents et les collectivités locales ;
- L'initiation, de la coordination, de la réglementation et du suivi des actions liées à l'assainissement de l'environnement et à l'amélioration du cadre de vie tant en milieu rural qu'urbain ;
- L'élaboration des textes réglementaires en matière de lutte contre les pollutions et les nuisances ;

- L'appui des collectivités locales en matière de salubrité publique ;
- L'élaboration et du contrôle des normes ;
- Le recyclage et du traitement des déchets solides.

d) Ministère de la santé

La pollution des plans d'eau ayant un impact direct sur la santé des populations, le ministère de la santé est plus que concerné par ce problème. Il assure la mise en œuvre et le suivi de la politique sanitaire du Gouvernement. A ce titre il est chargé entre autres de :

- L'organisation et du fonctionnement du système sanitaire national ;
- La définition des normes en matière de santé ;
- L'hygiène publique, de la prévention et de la lutte contre les grandes endémies ;
- La formation du personnel de santé.

e) Autres ministères

Il existe un dernier groupe de ministères dont les actions ne sont pas directement liées à la protection des ressources en eau, mais qui ont des implications dans ce domaine, il s'agit :

- Du Ministère de l'Economie et du développement ;
- Du Ministère des Infrastructures, des Transports et de l'Habitat ;
- Du Ministère de l'Action Sociale et de la Solidarité Nationale.

2.3.2 - Rôle de la mairie

L'Etat a investi la Mairie à travers la loi n°41/98/AN, des compétences en matière d'environnement et de gestion des ressources naturelles qui sont entre autres :

- L'élaboration de plans communaux d'action pour l'environnement ;
- La participation à la protection des ressources en eaux souterraines et superficielles et des ressources halieutiques ;
- L'assainissement ;
- La lutte contre l'insalubrité, les pollutions et les nuisances ;
- L'enlèvement et élimination des déchets ménagers ;
- L'avis sur l'installation des industries polluantes de première et deuxième catégories conformément au code de l'environnement.

2.3.3 - Le rôle du secteur privé et associatif

Conformément au SDGD, le système vise à donner la responsabilité de la pré-collecte des déchets à des entreprises choisies par appel d'offres, pour des territoires préalablement délimités et pour une durée de concession déterminée de dix ans ou de vingt ans, selon l'intérêt que présentent les prix soumissionnés pour la ville. Il est à noter que les soumissionnaires peuvent être un regroupement de plusieurs opérateurs et/ou associations qui souhaitent former une entreprise conjointe.

Un avis d'appel d'offres a permis de sélectionner 12 PME et GIE pour assurer la pré-collecte, la collecte et le transport des déchets.

Pour ce qui est des déchets liquides le secteur privé se limite essentiellement à l'évacuation des boues de vidange.

2.4 - Contexte législatif

Le secteur de l'eau a toujours fait l'objet d'attention soutenue de la part du législateur Burkinabé aussi bien à l'époque coloniale que depuis les indépendances (www.eauburkina.bf). En témoignent le nombre et le volume important des conventions internationales, des lois et règlements concernant directement ou indirectement l'eau. La législation aborde les principaux pôles en particulier ceux de l'alimentation en eau des populations et de la protection de la ressource. Ainsi les prélèvements sont soumis à une rigueur d'autorisation ou de déclaration et les captages sont protégés par un système de périmètres. D'autres dispositions intéressent l'assainissement et l'élimination des déchets.

2.4.1 - Les lois

La constitution du Burkina Faso a investi l'Assemblée Nationale, des pouvoirs de voter toute loi du Faso. A ce titre elle définit le cadre général des politiques sectorielles. Il est répertorié ci-dessous quelques-unes de ces lois relatives à la protection des ressources en eau :

- La loi n°40-98/AN du 3 août 1998 portant orientation de la décentralisation au Burkina Faso qui dans son article 2 annonce que *la décentralisation consacre le droit des collectivités territoriales ou collectivités locales à s'administrer librement et à gérer des affaires propres en vue de promouvoir le développement à la base et de renforcer la gouvernance locale.*
- La loi n°002-2001/AN du 8 février 2001 portant loi d'orientation relative à la gestion de l'eau qui stipule dans son article 1 que *l'eau est une ressource précieuse et que sa gestion durable constitue un impératif national.* Dans son article 4, il est dit que *la diversité biologique des écosystèmes aquatiques, leur rôle dans la régulation et le renouvellement des ressources en eau, l'importance des fonctions sociales*

économiques et culturelles auxquelles ils participent, confèrent à leur conservation un caractère prioritaire et d'intérêt général. Dans ce même article 4, la loi interpelle les acteurs en disant que *dans l'exercice de leurs compétences respectives, les personnes de droit public sont tenues, comme les personnes privées, de prendre en considération les exigences de la gestion durable des écosystèmes aquatiques ;*

- La loi n°005-97/ADP du 30 janvier 1997 portant code de l'environnement au Burkina Faso qui aborde entre autres les mesures sur les établissements dangereux, insalubres et incommodes, les mesures sur les déchets urbains et ruraux, les mesures sur les déchets industriels et assimilés produits sur le territoire national, les mesures sur les déchets dangereux en provenance de l'étranger, les mesures sur les pesticides et les matières fertilisantes, les mesures sur les pollutions atmosphériques, les mesures sur la pollution des eaux et des sols, l'assainissement et les nuisances diverses ;
- La loi n°23-94/ADP du 19 mai 1994 portant code de la santé publique précise dans son article 14 les sanctions que doit subir *quiconque par négligence ou incurie : (i)dégrade des ouvrages publics ou commerciaux destinés à recevoir ou à conduire des eaux d'alimentation, (ii)laisse introduire des matières excrémentielles ou tout autre matières susceptibles de nuire à la salubrité de l'eau, des sources, fontaines, puits, citernes, conduits, aqueducs, réservoirs servant à l'alimentation publique, (iii)abandonne des cadavres d'animaux, débris de boucherie, fumier, matières fécales, et en général tous résidus d'animaux putrescibles dans les failles ou excavations susceptible de contaminer les eaux livrées à la boisson et à la consommation.* Dans son article 14, elle mentionne que *les déchets toxiques d'origine industrielle et les déchets spéciaux doivent être éliminés impérativement conformément aux dispositions réglementaires nationale et internationales ;*
- La loi portant Code de l'hygiène publique au Burkina Faso du 25 mai 2005 qui est la dernière née de ces lois.

2.4.2 - Les décrets

La Constitution du Burkina Faso confère au Président du Faso la responsabilité de promulguer les lois votées par l'Assemblée Nationale. C'est à ce titre qu'il prend des décrets pour organiser des secteurs de la vie publique. Il est répertorié ci-dessous quelques-uns de ces décrets relatifs à la protection des ressources en eau :

- Décret N°95-176/PRES/MFP//MATS du 23 mai 1995 portant institution d'une redevance d'enlèvement des ordures ménagère. Ce décret conjoint, édicté en

fonction du code de l'environnement, vient préciser les compétences et obligations des communes en matière de collecte et de traitement des déchets solides ;

- Décret N°98-323/PRES/PM/MEE/MATE/MIHU/MS/MTT du 28 juillet 1998 portant réglementation de la collecte, du stockage, du transport, du traitement et de l'élimination des déchets urbains stipule en son article 9 que *la collectivité décentralisée ou la circonscription administrative organise cette collecte en concertation et en collaboration avec les entreprises privées et les Organisations Non Gouvernementales (ONG) exerçant leurs activités dans le domaine de l'assainissement ainsi que les associations de quartier et tout autre personne ou institution dont la contribution serait utile ;*
- Décret N°98-322 PRS/PM/MEE/MCIA/MEM/MS/MATS/METSS/MEF du 28 juillet 1998 portant conditions d'ouverture et de fonctionnement des établissements dangereux, insalubres et incommodes ;
- Décret n°2001-126/PRES en date du 03 avril 2001 promulguant la loi n°002-2001/AN du 08 février 2001 sur la gestion de l'eau ;
- Décret n°2002-402/PRES/PM/MATD du 8 novembre 2002 portant organisation du ministère de l'Administration Territoriale et de la Décentralisation lui confère aux articles 39 et 48 en matière d'Approvisionnement en Eau Potable et Assainissement, le suivi et la coordination de la mise en œuvre des Textes d'Orientation de la Décentralisation et des lois et règlements de la décentralisation ;
- Décret n°2002-457/PRES/PM/MECV du 26 octobre 2002, qui en son article 30 charge la Direction de l'Amélioration du Cadre de Vie de l'appui aux collectivités locales pour la gestion des déchets solides municipaux et la promotion de technologies de valorisation des déchets solides biodégradables et les déchets plastiques. Elle est d'autre part chargée de l'élaboration et mise en œuvre des stratégies de gestion des substances chimiques utilisées en matière agricole en collaboration avec les structures concernées et des stratégies nationales du sous-secteur de l'assainissement.

Nota : Toutes ces règles proviennent de sources assez nombreuses donnant à l'ensemble un caractère disparate. Cependant, il n'empêche pas que le droit de l'eau repose, avec la loi portant Réorganisation Agraire et Foncière, sur des fondements incontestables, que complètent le code de la santé publique, le code de l'environnement et les grandes orientations de la politique nationale du secteur. D'un autre côté en revanche, l'état des lieux révèle que tous ces instruments juridiques dont dispose le droit de l'eau devraient être accompagnée d'un renforcement de l'action publique et de l'action citoyenne.

2.5 - Contexte financier

La loi pose comme principe de base que l'utilisation de l'eau exige de chacun qu'il participe à l'effort de la Nation pour en assurer la gestion. Cela se traduit par les principes pollueur / payeur et préleveur / payeur. La contribution financière issue de l'application de ces principes doit être affectée en priorité au financement du secteur de l'eau, selon le principe "l'eau finance l'eau". Cependant, le principe pollueur / payeur n'est en aucun cas un droit à polluer contre un paiement. Il traduit la nécessité pour les pollueurs de contribuer financièrement à l'atténuation des nuisances provoquées et à la réhabilitation de l'eau et de l'environnement. De même, le principe préleveur / payeur ne signifie pas la possibilité d'acheter un droit à gaspiller l'eau ; Il exprime l'obligation pour les usagers de contribuer financièrement à la gestion durable de la ressource qui leur est nécessaire pour leur activité.

La loi veille cependant à la protection sociale des usagers en matière d'accès à l'eau pour la satisfaction des besoins élémentaires : les usagers domestiques, dont les types de prélèvement et les seuils d'usage seront définis par décret, ne seront pas soumis à cette contribution financière.

La loi prévoit également des indemnités de dédommagement pour les victimes de pollutions accidentelles, à charge du responsable de la pollution.

2.5.1 - Financement de la gestion des déchets solides

Ce dossier est particulièrement complexe dans la mesure où les bénéfices d'une meilleure gestion de déchets solides sont principalement économiques et sociaux (et non pas financiers). Il n'y a donc pas de solution facile qui satisfasse tout le monde.

La volonté politique de faire appliquer le principe de pollueur - payeur ne va pas de soi. Les études entreprises donnent un bon aperçu sur le coût actuel de la gestion des déchets solides (par tonnes, par habitants / par mois, par an), les recettes disponibles au niveau des autorités locales et centrales, les différents modes de recouvrement et quelques scénarios pour le futur.

La capacité de payer des gens varie avec leurs revenus. La commune a indiqué que selon ses informations, le montant moyen de 1'000 F CFA par concession (ménage) par mois serait réaliste (DESSAU – SORPIN, 2002).

2.5.2 - Financement de l'assainissement des eaux usées

La composante de l'assainissement domestique du PSAO adopte une approche modulaire, offrant une gamme d'options techniques qui pourraient être adaptées aux finances des ménages particuliers. Pour l'assainissement de terrain, il y a lieu de choisir entre la réhabilitation des latrines traditionnelles et la construction des latrines à fosses ventilées et améliorées ou des latrines à chasse d'eau.

Les ménages choisissent une option technique donnée et passent le contrat à un artisan qualifié pour le faire. Selon le choix opéré, le programme donne le ciment, les dalles des toilettes ou des briques pour les tuyaux d'aération.

Le coût moyen par système est estimé à 57 \$US (www.primature.gov.bf).

Pour ce qui est du réseau d'égout, les charges globales d'exploitation étant rapporté à l'ensemble des volumes d'eau vendus par l'ONEA, il a été retenu par le PSAO d'introduire une surtaxe de 17.3 F CFA par m³ d'eau vendue.

Le PSAO a prévu la création d'un fond de dépollution industrielle (FODEPI). Le FODEPI est un fonds logé et géré par l'ONEA. Il est destiné à permettre aux principales industries de pollution de financer le prétraitement et d'en limiter ainsi la quantité qu'elles dégagent. La consultation entre les principales industries polluantes, l'ONEA, le Ministère de l'environnement et de l'eau a permis d'établir les niveaux cibles de décharge qui sont spécifiés dans une convention spéciale sur le déversement des eaux usées par les industries.

Le FODEPI :

- Accorde une subvention de 20 à 30% du coût de la pré-taxe du capital d'investissement ;
- Se porte garant des crédits accordés aux industries par les banques ;
- Accorde une remise sur les taux d'intérêt à payer par les emprunteurs.

DESSAU – SORPIN (2002) a estimé que les coûts d'exploitation des installations de prétraitement s'élèvent à :

- Tan Aliz : 230'000 F CFA / j ou environ 420 F CFA/m³ (540 m³/j) ;
- La Brasserie BRAKINA : 170'000 F CFA/j ou environ 95 F CFA/m³ (1800 m³/j) ;
- L'abattoir frigorifique : 105'000 F CFA/j ou environ 580 F CFA/m³ (180 m³/j).

Chapitre 3 - PROBLEMATIQUE DE L'ETUDE

La Constitution du Burkina Faso dispose en son article 14 que "les richesses et les ressources naturelles appartiennent au peuple. Elles sont utilisées pour l'amélioration de ses conditions de vie". En son article 29 elle indique que "le droit à un environnement sain est reconnu ; la protection, la défense et la promotion de l'environnement sont un devoir pour tous". La gestion des ressources en eau au Burkina Faso est donc un des principaux enjeux du moment qui interpelle toute la communauté nationale.

Ouagadougou, capitale du Burkina Faso, est implanté sur un bassin versant drainée par les barrage n°1, 2, 3 puis le Massili. L'eau de ces retenues est utilisée pour servir de secours au barrage de Ziga ou de Loumbila pour l'alimentation en eau potable des populations de la ville. Le cours d'eau située à l'aval de ces barrages traverse la forêt Bangr-Wéôgo et un site de maraîchage avant de continuer son cours dans le Massili. Vu l'intérêt de ces milieux aquatiques sur le plan économique (agriculture urbaine), de la préservation de l'écosystème (forêt naturelle classée) et sanitaire (eaux potabilisables), la mise en place de tous les mécanismes concourant à leur protection s'impose.

C'est pourquoi la gestion des déchets solides, l'assainissement des eaux usées, les conséquences sanitaires liées à la réutilisation des eaux usées, la vulnérabilité des ressources en eau,..., de la ville de Ouagadougou ont fait l'objet de plusieurs études menées par des professionnels et chercheurs (ONEA & GTZ, 1993 ; MEE/BF, 1996 ; Cissé, 1999, GIRE, 2000 ; Yaméogo et al., 2002 ; Kenfack et al., 2004 ; LNAE, 2004).

La promulgation des lois portant code de l'environnement, code de la santé publique, code de l'hygiène publique, loi d'orientation relative à la gestion de l'eau,...et le lancement du PSAO et du SDGD ont permis de faire quelques avancées.

Toutefois, afin de permettre aux autorités, à tous les niveaux, de posséder un cadre synthétique et complet dans le domaine de la pollution des ressources en eau de la ville de Ouagadougou, il s'avère plus que nécessaire de générer une synergie des résultats obtenues, de mettre à jour toutes les données qualitatives et quantitatives produites précédemment, de proposer des solutions nouvelles et optimales d'atténuation des problèmes de pollution et enfin d'intégrer les SIG dans la gestion du phénomène.

C'est conscient de cet enjeu que la Direction Générale de l'Amélioration du Cadre de Vie (DGACV) du Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie (MECV) a émis le besoin de se doter d'un outil de prise de décision en matière de protection des ressources en eau, objet de la présente étude.

2^{ème} partie : METHODOLOGIE GENERALE

Chapitre 4 - APPROCHE METHODOLOGIQUE

Les actions à mener pour atteindre l'objectif fixé dans le cadre de cette étude nécessitent de mettre sur pied une méthodologie rigoureuse d'approche du profil de la pollution des eaux de surface par les activités anthropiques dans le bassin versant de la ville de Ouagadougou. Cette démarche est basée sur la revue bibliographique, la collecte des données sur le terrain, des analyses au laboratoire et sur un traitement des données.

Le principe a été d'analyser le contexte urbanistique d'un bassin versant pilote choisi pour tenir compte du temps et des moyens limités disponibles. Par la suite il a été question de cerner l'interaction entre les activités anthropiques et la pollution des ressources en eau de ce bassin versant. De ces analyses l'étude devrait déboucher à des propositions de solution de mitigation et la mise en place d'une base de données à travers un SIG sur Arcview.

4.1 - Analyse du contexte urbanistique du bassin versant

4.1.1 - Choix du bassin versant à étudier

Le but recherché dans cette étude est l'établissement du profil de pollution des plans d'eau superficiels de la ville de Ouagadougou à savoir les barrages n°1, n°2, n°3 et le marigot de la forêt.

Compte tenu du temps assez court imparti pour l'étude et la dimension spatiale importante du bassin versant de l'ensemble de ces plans d'eau, il a été décidé en concertation avec le Laboratoire National d'Analyses des Eaux (LNAE), de redéfinir la zone d'étude en choisissant un sous bassin d'expérimentation de la démarche quitte à envisager une continuité voire une extrapolation sur l'ensemble de la zone d'influence des trois barrages.

Les plans d'eau choisis pour dans le cadre de cette étude ont été ramenés alors au barrage n°3 et le marigot de la forêt. Le choix de ces sites se justifie en ces termes :

- Le barrage n°3 est l'exutoire des deux autres barrages. Il abrite en outre une station de pompage d'eau de consommation de l'ONEA ;
- Le marigot de la forêt est l'exutoire de la plupart des canaux drainant les eaux usées de la ville de Ouagadougou (canal de Zogona, canal Central, canal de Wemtenga, canal de Tanghin). Il reçoit aussi les effluents de la zone industrielle de Kossodo (Abattoir, Tan Aliz, Brasserie,...).

Le choix de ces milieux aquatiques se justifie donc par leur représentativité car le bassin versant qu'ils drainent couvrent la plupart des sources potentielles de pollution de la ville.

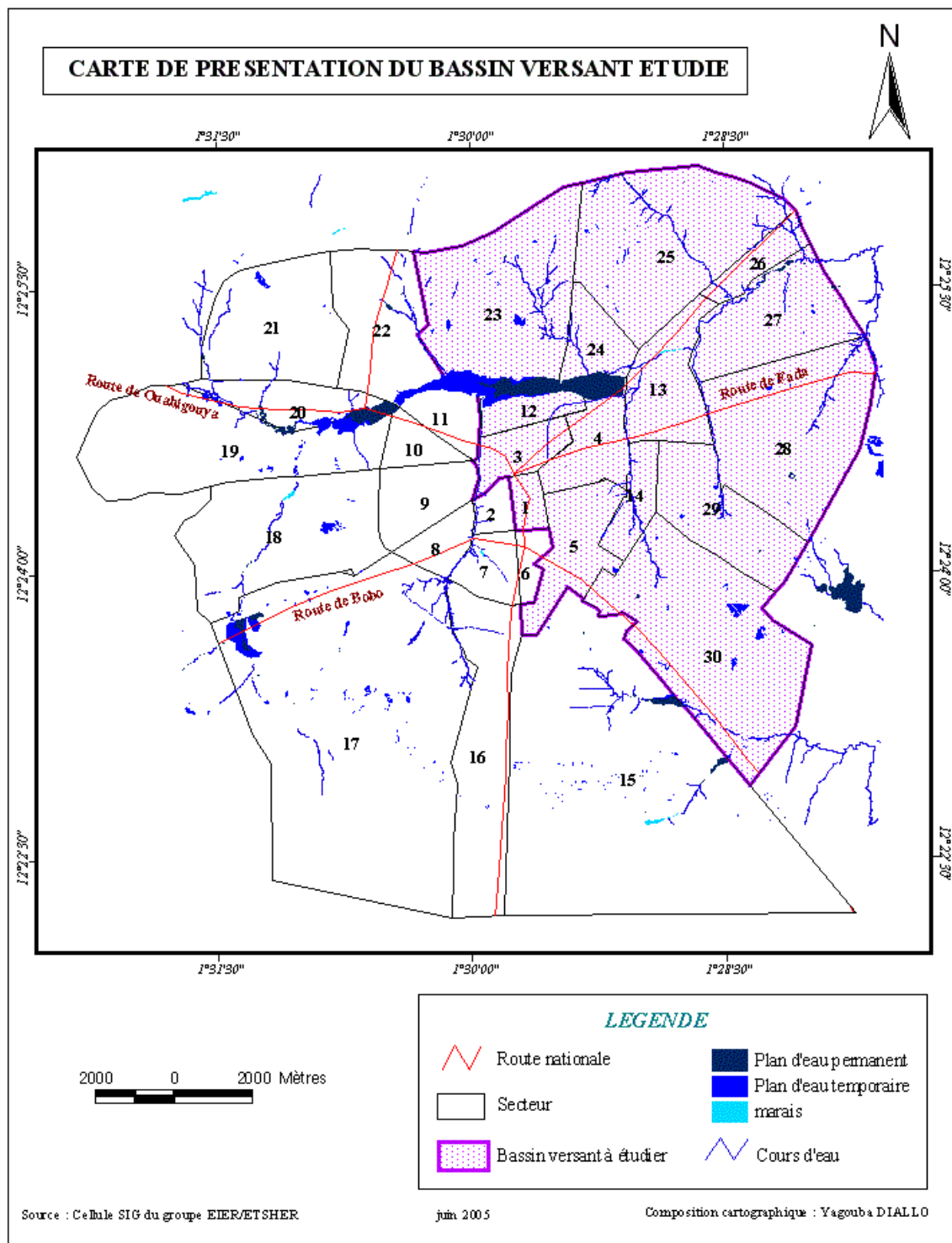


Figure 2: Carte de présentation du Bassin versant à étudier

4.1.2 - Description du type d'occupation des sols

En s'inspirant d'études antérieures (SAHEL CONSULT & BCEOM, 1999) nous avons distingué dans notre zone d'étude les zones vertes, les zones aéroportuaires, les zones d'habitat non lotie, les zones d'habitat dense lotie, les zones d'habitat lotie en voie de densification, les

zones industrielles, les zones commerciales, les zones résidentielles et administratives et les zones d'extension future.

Cette identification a donc été menée à travers la revue documentaire et l'observation directe sur le terrain (lors de la visite de reconnaissance). L'opération a consisté à recenser et repérer, sur tout le bassin versant, l'emplacement de ces différentes zones.

Cette connaissance du type d'occupation des sols a été un critère déterminant dans l'échantillonnage des ménages à enquêter.

4.1.3 - Identification des principales activités anthropiques

Les activités menées par les hommes ont un impact certain sur la pollution des plans d'eau. C'est pour évaluer le potentiel de pollution causé par la pratique de ces activités anthropiques qu'un certain nombre d'acteurs a été ciblé et interrogé sur notamment la composition des rejets de leur commerce, garage, entreprise et sur leur système de gestion des déchets.

4.1.4 - Description des systèmes d'assainissement

Cette étape est très importante pour l'identification des sources de pollution.

Elle s'est effectuée selon trois approches :

- 1) La revue documentaire a permis de recueillir des renseignements intéressants à travers les études antérieures décrivant le système de gestion des déchets liquides et solides dans la ville de Ouagadougou. A ce propos, les bibliothèques du groupe EIER-ETHER, du LNAE, du CRDI, de l'Université de Ouagadougou, du CREPA, etc. et des sites Internet traitant de l'eau ont été consultés.
- 2) Les observations directes ont eu lieu lors de la visite de reconnaissance, lors des campagnes de localisation des sources de pollution et lors des campagnes de prélèvement des échantillons, qui nous ont permis d'être en contact avec le milieu. Nous avons pu vérifier et mettre à jour certaines informations contenues dans la littérature.
- 3) Les enquêtes auprès des ménages ont porté sur les modes de gestion des déchets solides et liquides pratiqués dans les ménages situés dans les sous bassins étudiés.

Ce dernier point mérite une attention particulière compte tenu de l'importance de la population concernée, les contraintes de temps et les moyens disponibles. Nous avons alors opté pour un échantillon d'une cinquantaine de ménages à répartir équitablement dans les quatre sous bassins (le sous bassin du canal de Zogona, le sous bassin du canal de

Wemtenga, le sous bassin du canal Central et le sous bassin du marigot de Tanghin). Le sous bassin du marigot de Kossodo n'a pas été considéré pour l'enquête ménage car non seulement il n'a aucun effet sur les eaux de barrage (eau de consommation) mais aussi parce que dans cette zone c'est essentiellement les industries qui sont les plus importants pollueurs.

Ainsi, dans chacun des quatre sous bassins, douze ménages ont été enquêtés. Au sein d'un même sous bassin, les douze ménages ont été repartis en fonction du type d'occupation des sols. Le tableau ci-dessous illustre cette répartition.

Tableau 1: Répartition spatiale des ménages à enquêter

Sous bassin	Nombre de ménages à enquêter par type d'habitat				
	Non loti	Loti dense	Loti en voie de densification	Résidentiel et Administratif	TOTAL
Canal de Zogona	0	4	4	4	12
Canal de Wemtenga	0	6	3	3	12
Canal de Central	0	12	0	0	12
Canal de Tanghin	2	5	5	0	12
TOTAL	2	27	12	7	48

Une fois les données collectées et contrôlées, nous avons procédé au dépouillement des fiches à l'aide du logiciel Microsoft Excel.

La création de tableaux et graphiques croisés dynamiques a permis d'établir des statistiques sur les comportements de la population du bassin versant en matière de génie sanitaire en fonction de plusieurs critères (profession, type de l'habitat, standing, etc.). Ces statistiques fournissent ainsi une base de réflexion sur les relations de cause à effet entre les pratiques des ménages et la pollution des plans d'eau.

4.2 - Interaction entre les activités anthropiques et la pollution

4.2.1 - Localisation et caractérisation des sources de pollution

Cette activité s'est réalisée en deux campagnes. La première campagne du 6 mai 2005 a concerné les sous bassins du canal Central et du canal de Zogona. La seconde campagne

du 3 juin 2005 a concerné les sous bassins du canal de Wemtenga et du marigot de Tanghin et la zone industrielle de Kossodo.

L'opération de localisation a consisté à parcourir le bassin versant (à moto) et de repérer les tas d'ordures et les exutoires d'eaux usées débouchant sur la rue ou dans un caniveau. Leurs coordonnées en degrés décimaux été relevées au GPS Garmin eTrex Vista.

La caractérisation qualitative des tas d'ordures a consisté à définir par ordre de prévalence visuelle les différentes composantes du tas, et ce, de manière exhaustive. Pour ce qui est des eaux usées, il fallait distinguer les effluents ménagers des effluents industriels.

4.2.2 - Caractérisation des polluants

Après la localisation des sources de pollution, une analyse sommaire de la situation a permis de définir quatre types d'eaux à analyser :

- Les rejets domestiques ;
- Les rejets industriels ;
- Les eaux des exutoires ;
- Les eaux de barrage.



Photo 2: Séance de prélèvement d'eaux et mesure de paramètres in-situ

Pour caractériser les eaux nous avons procédé à des prélèvements d'échantillons (figure 3) au cours du mois de mai 2005 (début de saison des pluies).

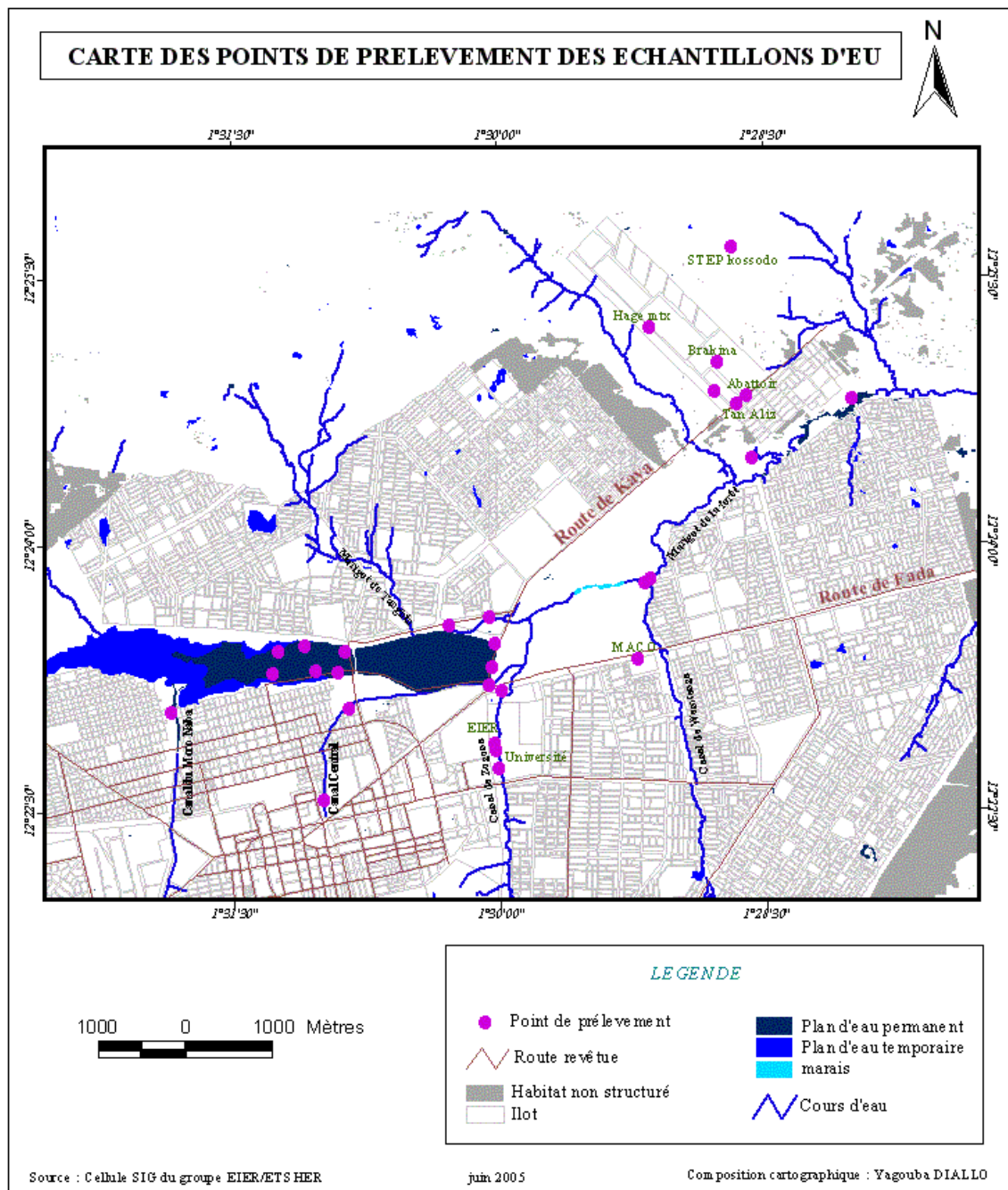


Figure 3: Carte des points de prélèvement des échantillons d'EU

Certains paramètres ont été mesurés in-situ à savoir la conductivité, le pH et la température. Tous les autres paramètres ont été déterminés au laboratoire national d'analyse des eaux et celui de l'EIER conformément aux recommandations de Rodier et coll. (1996) (tableau 2). Un extrait du protocole d'analyses physico-chimiques de LNAE est présenté en annexe 1.

Tableau 2: Répartition des paramètres mesurés en fonction du type d'eaux

		Rejets domestiques	Rejets industriels	Eaux des exutoires	Eaux de barrage
Paramètres physico-chimiques liés à la structure naturelle des eaux	Conductivité	●	●	●	●
	Température	●	●	●	●
	pH	●	●	●	●
	Sulfates	●	●	●	●
	MES	●	●	●	●
	DBO5	●	●	●	●
	DCO	●	●	●	●
Paramètres concernant les substances indésirables	Nitrates	●	●	●	●
	Azote total	●	●	●	●
	Ammoniaque	●	●	●	●
	Zinc		●	●	●
	Phosphore total	●	●	●	●
Paramètres concernant les substances toxiques	Chrome total		●		
	Nickel		●	●	●
	Plomb		●	●	●
Paramètres microbiologiques	Coliformes totaux 37°				●
	Coliformes fécaux	●	●	●	●
	Streptocoques fécaux	●	●	●	●

Les points de prélèvement des différents échantillons ont été choisis de sorte à être représentatifs c'est-à-dire que l'ensemble des données à récolter devra permettre d'établir un profil de pollution des ressources en eau de la ville de Ouagadougou. Pour chaque type d'eaux, ces points sont :

a) Les rejets domestiques

Nous avons prélevé les effluents provenant des grands consommateurs d'eau situés dans les différents sous bassins à savoir l'EIER, l'Université de Ouagadougou, la Maison d'Arrêt et de Correction de Ouagadougou (MACO).

b) Les rejets industriels

Tous les grands pollueurs du bassin versant ont été répertoriés et les eaux usées qu'ils rejettent ont été prélevés juste à la sortie des unités industrielles.

c) Les eaux des exutoires

Lors de la campagne de localisation, nous avons remarqué que l'essentiel des eaux usées domestiques transitent par les canaux principaux de la ville avant de parvenir aux ressources en eau. Nous avons alors décidé d'effectuer des prélèvements d'eau à deux ou trois endroits pour chaque canal drainant un sous bassin. Nous avons pris le soin d'inclure le canal du Moro Naba malgré que ce canal ne soit pas dans la zone d'étude. L'objectif visé par cette option est de comprendre le phénomène de la pollution du barrage n°3 dans sa globalité. En effet, le Barrage n°3 est alimenté par le Barrage n°2 qui lui-même reçoit les eaux du canal Moro Naba.

d) Les eaux des barrage

Les barrages pris en compte furent les barrages n°2 et n°3. Au niveau du barrage n°2 nous avons prélevé 6 points repartis en trois profils. Dans le barrage n°3, seul un profil de 2 points a été considéré. Ce dernier profil est pris juste au niveau de la station de pompage de l'ONEA installée sur ce barrage.

4.2.3 - Modélisation du transfert des polluants

Toutes les données obtenues lors des différentes phases de cette recherche ont été superposées et synthétisés pour aboutir à une sur l'établissement d'un modèle de transfert des polluants de la source de pollution à la ressource en eau. Les types de rejets, les lieux de rejet et les modes de transport des polluants, sont explicités par le modèle.

4.3 - Proposition de solutions

Au vu du problème posé et des résultats obtenus, nous avons proposé des solutions technico-économiques allant de la sensibilisation à la mise en place d'ouvrages permettant la réduction de pollution des plans d'eau superficiels de la ville de Ouagadougou.

Certaines solutions validées par le groupe EIER-ETSHER et le LNAE ont fait l'objet d'Avant Projet Sommaire.

4.4 - Elaboration d'un SIG sur la thématique

Nous avons réalisé le SIG à l'aide du logiciel Arcview de Esri. Le fond de carte numérique obtenue auprès de la cellule SIG du groupe EIER-ETSHER comprend les secteurs de la ville, les îlots parcellaires, la voirie urbaine, la végétation, les plans d'eau et les marigots.

4.4.1 - Cartographie de l'occupation des sols

Après identification des différents types d'occupation des sols sur une carte physique de Ouagadougou, nous avons créé dans Arcview des cartes thématiques et caractériser les différentes zones (couches).

4.4.2 - Positionnement des sources de pollution

Les coordonnées géographiques des sources potentielles et réelles de pollution relevées par le GPS ont été transférées à l'ordinateur grâce au programme informatique TrackMaker. A partir de la table obtenue à l'issue de ce transfert, nous avons généré un thème de localisation. Ainsi les points représentant les sources de pollution ont été placés sur le fond de carte de Ouagadougou.

4.4.3 - Intégration des caractéristiques des polluants

Les points de prélèvement des eaux usées et des eaux des barrages ont été aussi tous localisés en coordonnées géographiques. Nous avons placé ces points, de la même manière que les sources de pollution, sur le fond cartographique de la ville et les avons associé des tables qui renseignent sur la composition physico-chimique et bactériologique de ces eaux. La table renseigne en outre sur le dépassement ou non des seuils indicatifs de pollution.

4.4.4 - Chronogramme de l'étude

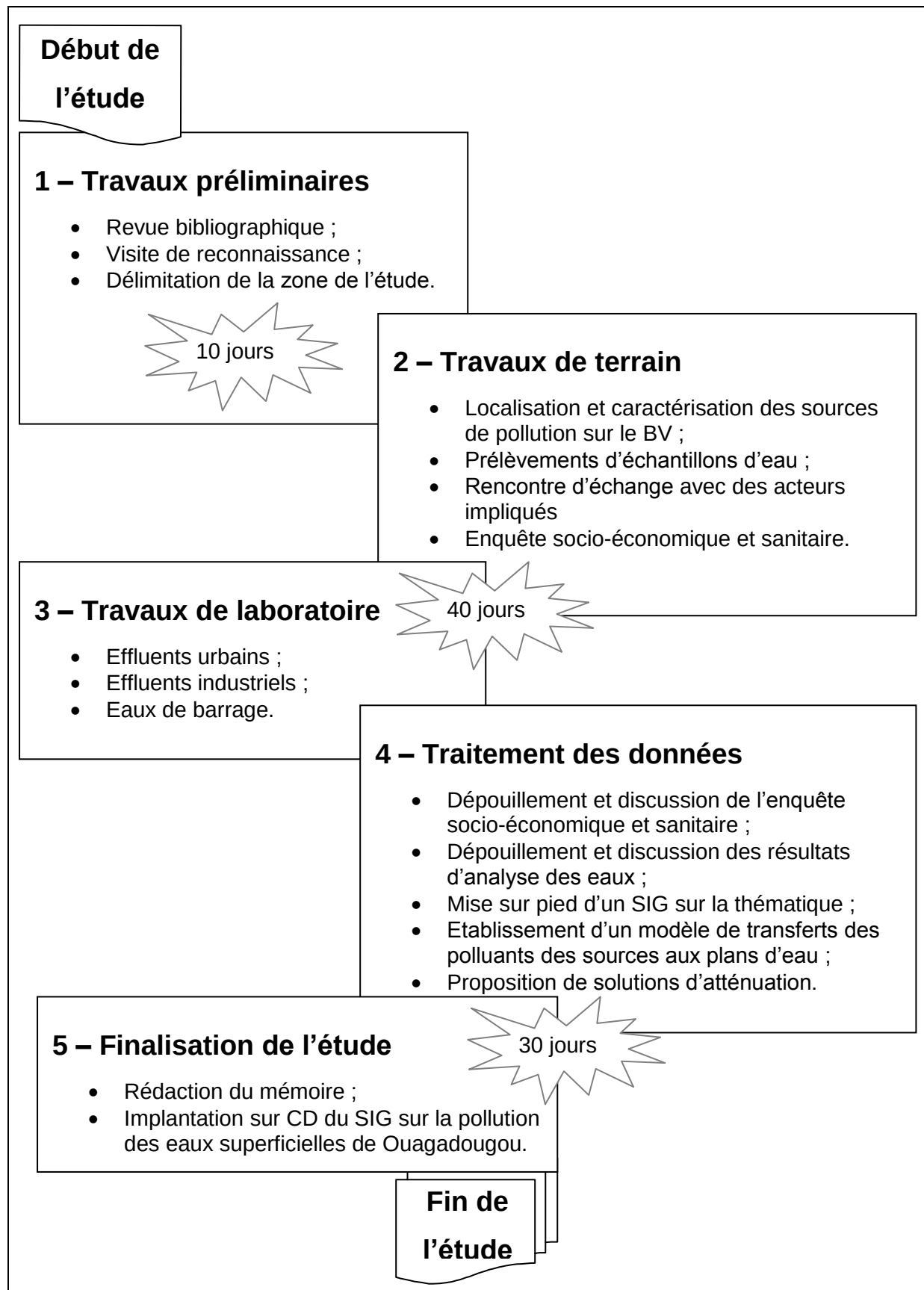


Figure 4: Chronogramme de l'étude

3^{ème} partie : RESULTATS ET DISCUSSION

Chapitre 5 - RESULTATS DES INVESTIGATIONS

Ce chapitre regroupe l'ensemble des résultats obtenus lors de cette étude. En effet après la revue documentaire et les travaux de terrain (enquêtes ménages, prélèvements et analyses d'échantillons d'eaux,...), nous avons analysé et interprétés toutes les données recueillies, en allant des aspects socio-économiques du bassin versant à l'évaluation du niveau de pollution des ressources en eau, en passant par l'identification des sources de pollution entre autres.

5.1 - Aspects socio-économiques et urbanistiques

5.1.1 - Occupation des sols

L'exploitation des cartes existantes et la visite de reconnaissance ont permis de définir les limites des types d'occupation des sols. Les résultats sont intégrés dans le SIG. La figure 5 illustre cette répartition.

On observe que les zones loties denses et en voie de densification occupent environ la moitié de l'espace urbain de Ouagadougou. La densité de population de ces zones fait d'elles de potentielles sources de pollution domestique.

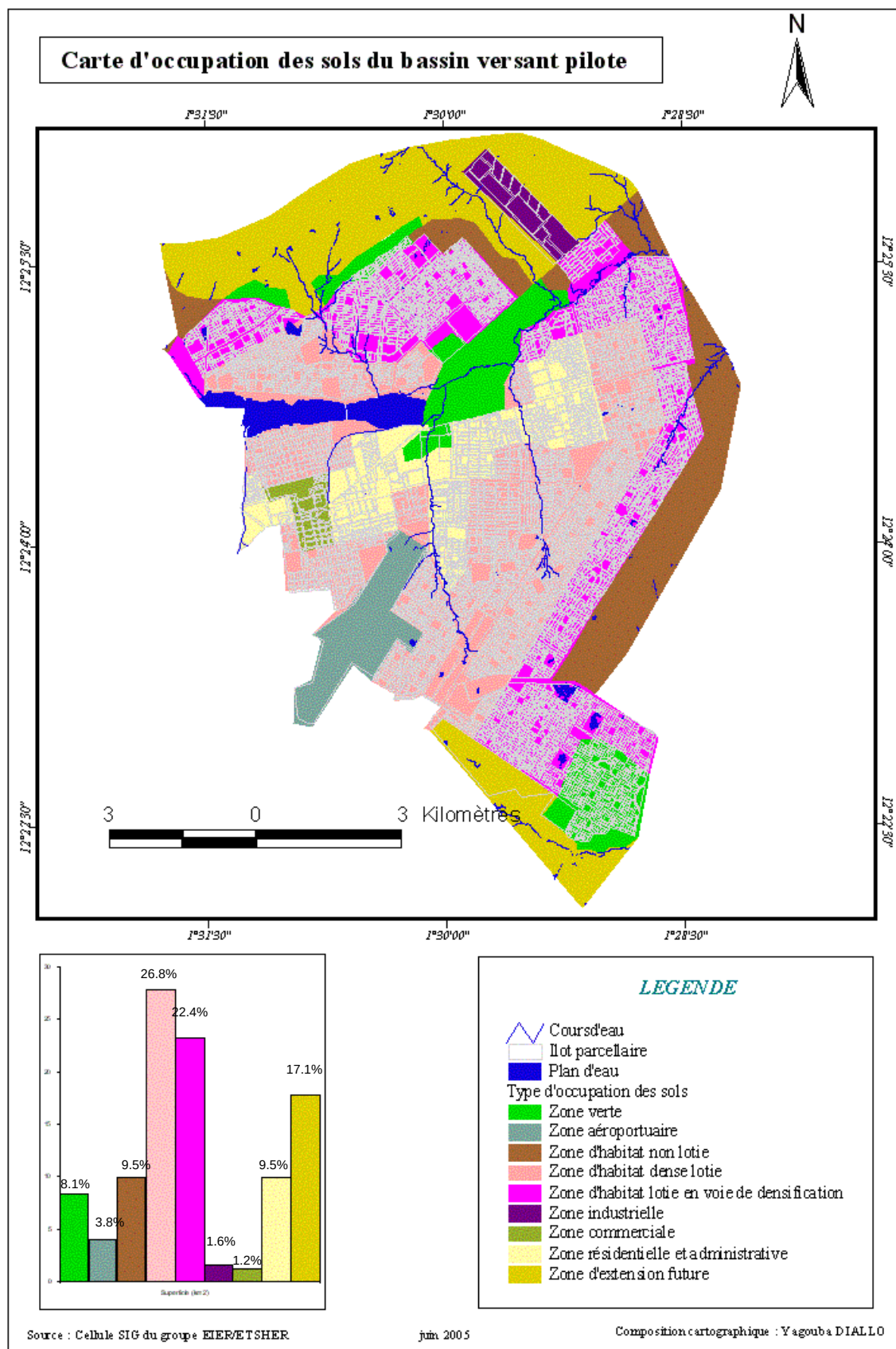


Figure 5: Carte d'occupation des sols

5.1.2 - Activités socio-économiques

Dans la zone d'étude une multitude d'activités est pratiquée. Les plus fréquentes sont le commerce, la réparation d'autos et de motos, l'administration, l'enseignement, l'industrie, le maraîchage, l'artisanat.

La plupart de ces activités sont de potentiels pollueurs notamment le commerce et l'enseignement qui rejettent des déchets domestiques, la réparation de motos qui rejettent des hydrocarbures, les industries qui rejettent toutes sortes d'effluents industriels,...

Par ailleurs lors des enquêtes sanitaires, nous avons questionné les chefs de ménage sur les activités qu'ils mènent (figure 6).

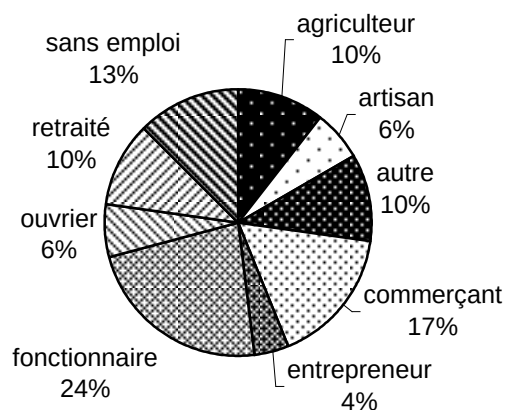


Figure 6: Répartition pondérale des activités menées par la population

Un quart de la population est fonctionnaire et près du cinquième est commerçant. Seulement 13% affirme être au chômage. Ces statistiques cachent le faible revenu des populations et le niveau d'instruction plutôt bas.

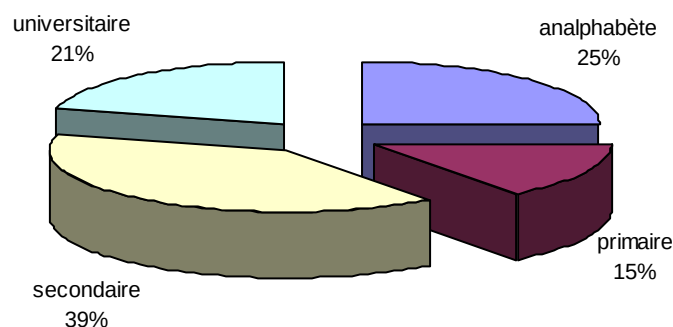


Figure 7: Répartition pondérale de la population en fonction du niveau d'instruction

Il ressort du graphique de la figure 7 que seulement le cinquième de la population avoue avoir obtenu le BAC. Ce faible niveau d'instruction pourrait avoir un lien avec les comportements.

5.2 - Assainissement dans le bassin versant

La pollution des plans d'eau de la ville de Ouagadougou est très liée aux systèmes d'assainissement pratiqués sur le bassin versant. A partir de notre démarche, nous avons obtenu des résultats portant sur les déchets liquides et les déchets solides et avons apporté notre analyse de la situation.

5.2.1 - Gestion des déchets liquides

Nous allons tout d'abord voir comment les populations font pour se débarrasser des eaux usées, ensuite quels sont les exutoires de ces eaux.

a) Lieu de défécation dans le bassin versant

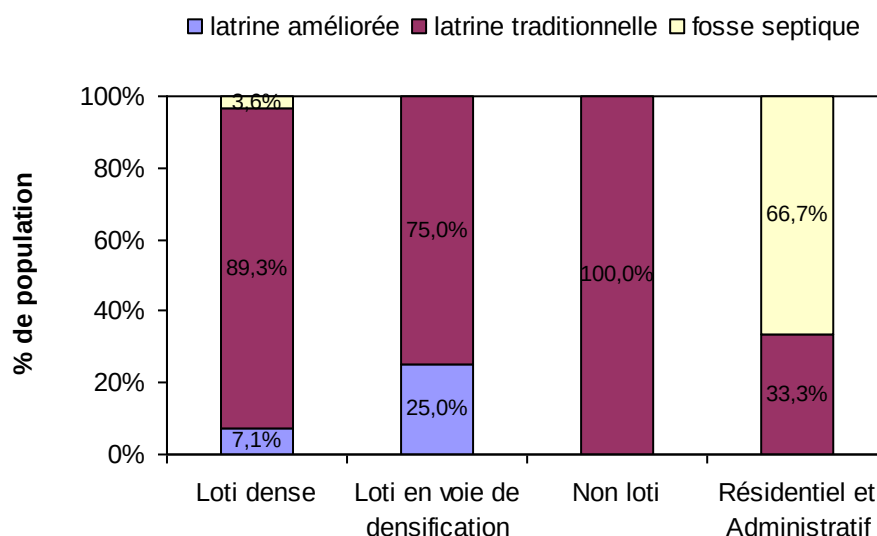


Figure 8: Répartition de la population en fonction du lieu de défécation et du type d'habitat

Nous remarquons que les populations des zones non loties sont tous équipées de latrines traditionnelles qui ont la caractéristique d'être moins hygiénique. C'est des latrines de fosse non étanche et de faible profondeur, le plus souvent sans toiture donc exposée à un remplissage par les eaux de pluie. Leur taux dans les zones loties dense ou en voie de densification est aussi très important. A noter que ces zones sont les plus étendues sur le bassin versant.

b) Vidange des fosses

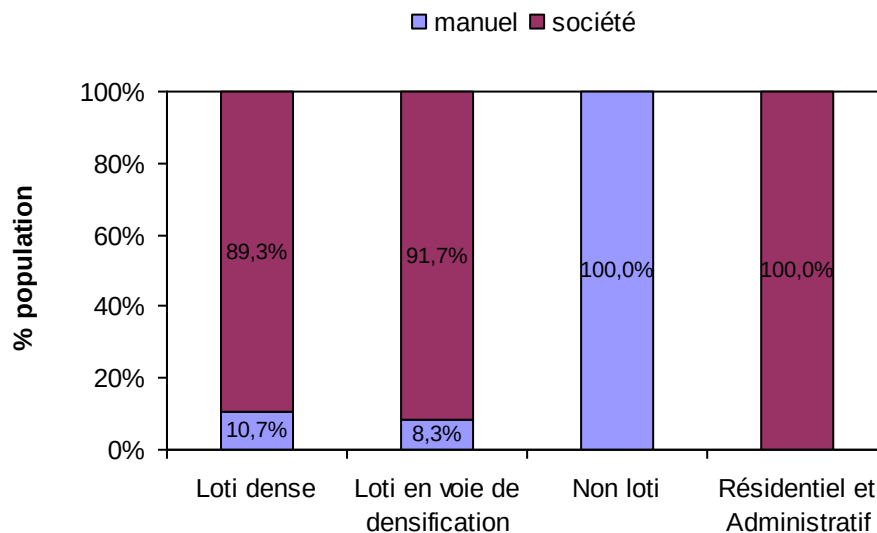


Figure 9: Répartition de la population en fonction du moyen de vidange et du type d'habitat

Nous remarquons d'après la figure 9 que seules les populations des zones résidentielles et administratives ne vidangent pas leur système manuellement. Les habitants des zones non loties vidangent tous manuellement leurs latrines.

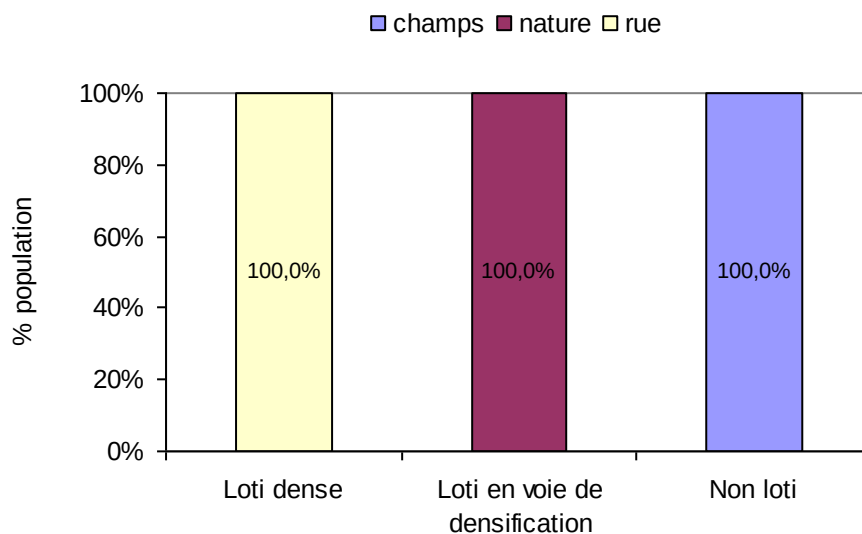


Figure 10: Lieu de rejet des vidanges manuelles

La figure 10 montre que les habitants des zones non loties réutilisent les boues de vidange en agriculture, les habitants des zones loties en voie densification les rejettent dans la nature (vu l'espace disponible dans les environs). Quant aux habitants des zones loties denses, ils versent les boues de vidange enlevées manuellement dans la rue.

Il s'en suit qu'il y a risque de contamination des plans d'eau en cas de pluie ; ce qui facilitera le transport par ruissellement des matières fécales.

c) Devenir des eaux usées

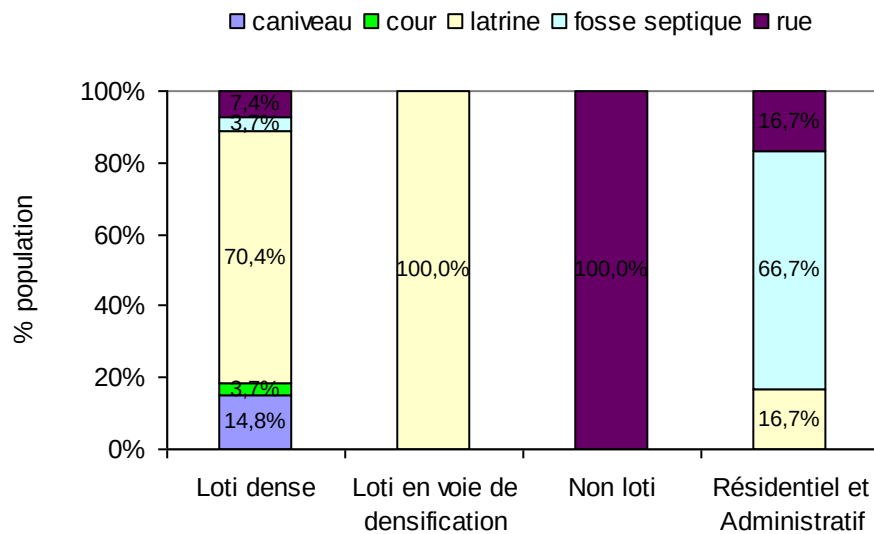


Figure 11: Répartition de la population en fonction du lieu de rejet des eaux de toilette et du standing

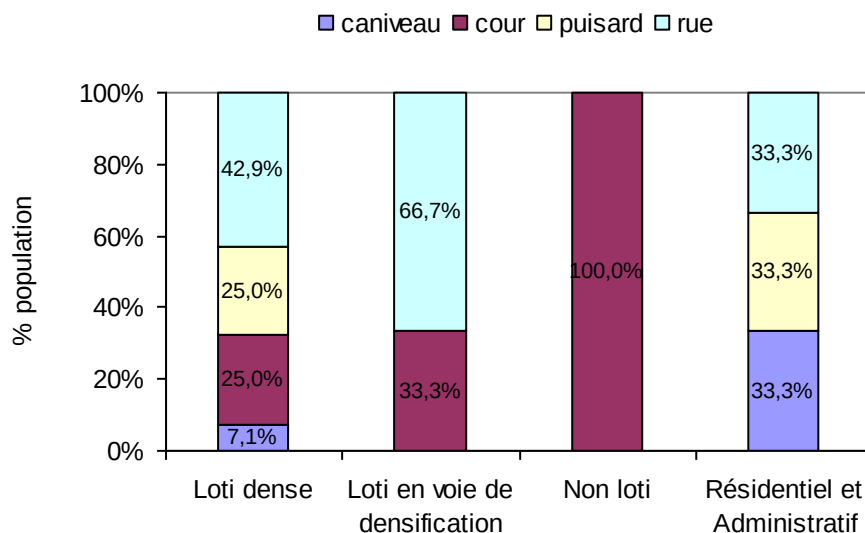


Figure 12: Lieu de rejet des eaux de lessive et de vaisselle

Il ressort de deux graphiques (figure 11 et figure 12) que les eaux de toilette et surtout les eaux de vaisselle et de lessive sont beaucoup rejetées dans la rue ou dans les caniveaux. En effet, si les eaux de toilette sont en grande partie rejetées dans les latrines ou les fausses septiques, exception faite des les zones non loties, ce n'est pas pareil pour les eaux de vaisselle et de lessive. 65% des habitants des zones loties en voie densification, 40% des habitants des zones loties denses et 33 % des habitants des zones résidentielles et administratives se plaisent à rejeter ces eaux dans la rue. Inéluctablement ces rejets participent à la pollution des ressources en eau superficielle.

d) Solutions proposées par la population

Tableau 3: Répartition pondérale des propositions d'amélioration de l'évacuation des EU

Solutions proposées	Taux
latrine améliorée	26,83%
construction caniveaux	21,95%
curage caniveaux	14,63%
puisard	12,20%
fosse septique	9,76%
système semi-collectif	7,32%
grande fosse	4,88%
seconde fosse	2,44%

Ce tableau nous renseigne du désir des populations de vivre dans un environnement sain. Mais ce désir d'un milieu propre est accompagné d'une parfaite ignorance des techniques de l'assainissement. Un quart des interrogés veulent avoir une latrine améliorée alors que 35% de la population pense que le caniveau est fait pour évacuer des eaux usées et réclament la construction de caniveaux ou le curage des caniveaux pour l'évacuation des eaux usées qu'ils produisent.

Nous remarquons aussi que les populations ne s'intéressent pas beaucoup au système semi collectif (seulement 7% de la population).

e) Exutoires des eaux usées

Les eaux pluviales sont drainées vers les marigots cités plus haut qui constituent leurs exutoires naturels. Ces exutoires sont aussi ceux des eaux usées rejetées dans la nature.

Dans le cadre de la mise en œuvre du Plan Stratégique de l'Assainissement de la ville de Ouagadougou (PSAO) et du Projet d'Amélioration des conditions de Vie Urbaines (PACVU), un programme d'assainissement collectif pour la ville de Ouagadougou est entrain d'être exécuté.

Les effets attendus de ce projet sont de différentes natures :

- Tout d'abord, la collecte des eaux usées du centre ville, des gros pollueurs et de la zone industrielle de Kossodo et leur traitement par lagunage devraient améliorer de façon substantielle la qualité de l'environnement de la ville ;

- Ces aménagement réduiront la pollution de l'eau et des sols et amélioreront le bien-être des populations, notamment en atténuant les odeurs issues des rejets d'eaux usées industrielles ;
- Par ailleurs, comme tout projet d'assainissement, ce projet aura un impact immédiat sur l'amélioration des conditions de santé de la population ;
- Il permettra également le développement d'activités de maraîchage en aval de la station d'épuration, grâce à l'utilisation des eaux résiduaires traitées (supprimant les activités actuelles où les maraîchers utilisent les eaux usées non traitées de l'hôpital et de la zone industrielle) ;
- Ce projet permettra en outre la mise en oeuvre de la politique nationale en matière de contrôle des rejets industriels et des mesures d'accompagnement ;
- Enfin il contribuera au développement de l'expertise et des compétences locales en matière d'assainissement collectif et procédé d'épuration

Ce projet d'assainissement collectif des eaux usées de la ville de Ouagadougou est prévu pour couvrir les besoins en matière d'assainissement à l'horizon 2010.

Mais le développement de l'assainissement collectif ne concerne que la partie centrale de la ville, les quartiers administratif et universitaire et les principaux pollueurs pratiquement tous localisés dans la zone industrielle de Kossodo au nord-est de la ville. Le reste du territoire de la ville sera couverte par l'assainissement individuel autonome.

Ce développement est prévu en deux phases :

- La phase 1, en cours d'exécution, concerne l'assainissement du centre-ville, de l'hôpital Yalgado, des hôtels Indépendance et Silmandé et de trois établissements de la zone industrielle de Kossodo (la brasserie Brakina, la tannerie Tan Aliz et l'Abattoir frigorifique) ;
- La phase 2, ultérieure, intéressera les extensions possibles de la partie aval de la ville entre son centre et le barrage n°3, les quartiers administratif et universitaire et quelques gros pollueurs situés sur la route de Fada.

Les charges de rejet des industries étant incompatibles au bon fonctionnement d'une station d'épuration par lagunage, il était impératif de mener une campagne de sensibilisation de industriels à la dépollution, de les assister techniquement et financièrement à la mise en place d'unités de prétraitement.

Pour les trois industriels cités de la zone de Kossodo, l'évaluation globale des investissements à réaliser est de 540 à 590 millions de F CFA HT et HD sans compter les frais d'assistance technique de ces industriels (BCEOM & BERA, 2002).

A ce jour, la station d'épuration et le réseau sont réalisés. Mais les eaux usées des unités industrielles (brasserie, tannerie, abattoir) sont toujours rejetées sans traitement dans le milieu naturel. A noter néanmoins que la Brakina et l'Abattoir sont en phase d'essai de leurs unités de prétraitement.



Photo 3: Rejet Tan Aliz

Dans ce chapitre, nous examinerons tour à tour la situation actuelle dans les principaux exutoires d'eaux usées.

Marigot de Zogona

Le Marigot de Zogona qui prend sa source dans le secteur 30, draine une superficie de 14 km². Il reçoit les eaux de drainage de l'aéroport (3/4 de l'ensemble) et du secteur 14, les eaux usées de l'Université (restaurant et cité universitaires) et de l'EIER (eaux usées domestiques et produits chimiques des laboratoires préalablement traitées dans une lagune expérimentale). Il se jette dans le Marigot de la Forêt classée du Barrage.

Il faut souligner que le maraîchage est pratiqué au bord de ce canal (à l'Université) et que ce sont les eaux usées domestiques brutes de la cité universitaire qui y sont utilisées pour l'arrosage.

Dans le canal, on remarque la présence de quelques excréta humains et des excréments d'animaux. On note aussi la présence de déchets solides charriés par les eaux de pluies.



Photo 4: Déchets charriés par le canal de Zogona

Marigot central

C'est l'un des principaux grands canaux bétonnés à ciel ouvert de la ville de Ouagadougou. Ce marigot draine le quartier Koulouba, une partie de la zone de l'aéroport et les secteurs 12, 3 et 11.

Si le marché central ne rejette plus dans ce canal avec comme conséquence la réduction considérable de la quantité d'eaux usées drainées, dans sa partie amont, le canal Central est, à certains endroits, quasiment comblé par les dépôts de sédiments et les déchets solides.

En saison sèche, la partie centrale du canal (dans les quartiers populaires de Paspanga et Dapoya) écoule un débit relativement important d'eaux usées provenant des ménages, restaurants, écoles mais aussi garages (moto et auto). Il draine en outre d'importantes quantités d'ordures produites ça et là dans la zone. Dans son parcours le long de la retenue n°3, ce marigot reçoit les eaux usées de la SONABEL et de l'ONEA.

Il faut signaler des cultures maraîchères sont pratiquées tout au long de ce canal, notamment aux abords du barrage n°3 et l'eau d'arrosage provient essentiellement de ce canal et de puits avoisinants.



Photo 5: Partie aval du canal Central

Le marigot de Wemtenga :

Il draine les quartiers Dassasgo et Wemtenga, ainsi que ceux situés en amont du Boulevard Circulaire. Il se jette dans le marigot de la Forêt Classée du Barrage.

Ce marigot dont l'aménagement est en cours, reçoit des déchets solides et les eaux usées domestiques des quartiers drainés, les eaux usées de la MACO, de la SBMC.

Le marigot de la forêt classée :

Il matérialise l'axe de drainage principal du bassin de Ouagadougou. En effet, il est alimenté par les crues du barrage n°3, par celles du marigot de Tanghin, de Zogona, de Wemtenga et Central ainsi que les eaux de drainage naturel de la Forêt Bangr-Wéogo.

En saison de pluie, on ne distingue pas nettement le lit du marigot. La zone se présente comme un vaste marécage scindé en deux par un ouvrage de franchissement situé à l'intérieur de la Forêt classée (SAHEL CONSULT & BCEOM, 1999).

En saison sèche, avec la baisse du niveau de l'eau, on distingue un étang appelé Etang n°1 qui reçoit seulement les eaux usées de l'Hôtel Silmandé et celles provenant d'un marigot étroit et sinueux où se déversent les eaux usées du marigot de Zogona et du canal Central. Ce marigot qui est le prolongement du marigot de Zogona à l'intérieur de la forêt classée se

jette à son tour dans un autre étang, l'Etang n°3. Les eaux de l'étang n°3 s'écoulent ensuite gravitairement vers le dernier étang appelé Etang n°2.

A l'endroit où le cours du marigot de la forêt s'élargit (zone des étangs), on note la présence d'une importante végétation aquatique supérieure composée de macrophytes, hydrophiles tels *Pistia stratiotes*, *Vétivaria nigritana*, *Minosa pigra*, *Nymphaea lotus*, *Eichornia crassipes* (jacinthe d'eau) et une végétation ligneuse de taille relativement plus grande qui supporte l'inondation prolongée telle *Mitragyna inermis* (SAHEL CONSULT & BCEOM, 1999).

Ces écosystèmes constituent des sites d'épuration naturelle des eaux usées qui parviennent au marigot de la forêt classée du barrage. Ainsi la charge polluante est nettement réduite à la sortie de la forêt classée du barrage (SAHEL CONSULT & BCEOM, 1999).

Mais à la sortie de la forêt, au droit de la zone industrielle de Kossodo, il reçoit de nouveau une importante charge polluante due à l'arrivée des eaux usées provenant essentiellement de l'usine Tan Aliz mais aussi de l'Abattoir, de la savonnerie Adams Afrique et de la Brakina.

Le marigot rejoint le Massili à la sortie du périmètre urbain.

Le marigot de Tanghin

Ce marigot draine une bonne partie du quartier Tanghin en transportant déchets solides, sols érodés (il n'est pas revêtu) et dans sa partie aval, les eaux usées de l'hôtel Silmandé.

Le marigot du Moro Naba

Le marigot du Moro Naba a donné son nom à sa partie revêtue en béton qu'on appelle le canal du Moro Naba. Dans la partie non revêtue amont, l'érosion hydrique est très forte du fait de l'inexistence de caniveaux aménagés qui draineraient les eaux pluviales latérales, vers le marigot et de l'augmentation du ruissellement résultant de l'urbanisation rapide qu'a connue ce bassin versant.

Comme partout ailleurs dans les autres canaux de la ville de Ouagadougou, le canal du Moro Naba est utilisé comme lieu de déversement des eaux usées domestiques et de dépôt d'ordures ménagères et de défécation.

Avec les premières pluies, tous les excréta et déchets solides divers sont charriés vers le barrage n°2 qui, il faut le rappeler alimente le barrage n°3 d'où est pompée une partie de l'eau pour l'alimentation en eau potable de la ville de Ouagadougou.

5.2.2 - Gestion des déchets solides

Avec une population estimée à 1,2 million d'habitants, Ouagadougou produirait environ 800 tonnes par jour (Traoré, 2005). Ces déchets étant essentiellement composés d'ordures ménagères, de déchets industriels et biomédicaux sont sources de pollution et de nuisances. A cela, il faut ajouter la production de 16'500 tonnes de déchets plastiques qui sont la cause de la mortalité de 30 % du cheptel (Traoré, 2005).

Bayili (2001) affirme que seulement 40% de ces déchets sont évacués par les structures publiques et privées. Il ajoute que cette moyenne cache une couverture fort inégale, les interventions étant concentrées dans le noyau central de la ville.

Néanmoins la gestion des déchets a connu récemment un tournant décisif avec la remise en cause de la vision d'esthétique urbaine dans l'action municipale au détriment de l'amélioration du cadre de vie de toute la population urbaine. L'approche nouvelle met en concurrence les opérateurs privés et le service technique municipal dans la prestation rémunérée de service de collecte primaire des déchets.

Les autorités ont pris un ensemble de dispositions contenues dans le Schéma Directeur de Gestion des Déchets (SDGD) de Ouagadougou. Si ces dispositions sont rigoureusement appliquées, elles peuvent permettre d'améliorer la gestion des déchets solides dans la ville de Ouagadougou. En effet, le SDGD permettra d'atteindre un taux de collecte des ordures ménagères (OM) de 85% en 2019.

Pour l'instant, les OM non enlevées sont éparpillées dans de nombreux dépotoirs sauvages ou décharges incontrôlées un peu partout dans la ville et ses environs.



Photo 6: Décharge incontrôlée

Une partie de ces déchets solides rejetée dans les caniveaux et les collecteurs est par conséquent acheminée en saison de pluies, vers les marigots et les barrages.

Pour mieux comprendre le façon dont la population gère les déchets solides, nous avons procédé à la suite des enquêtes ménages, à une appréciation de leurs lieux d'entreposage, de leurs devenir, etc.

a) Lieu d'entreposage

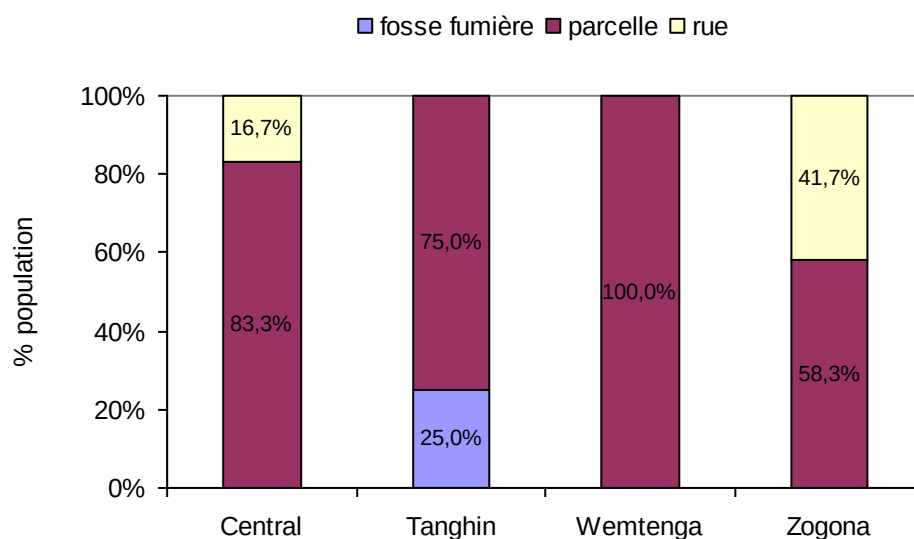


Figure 13: Répartition de la population en fonction du lieu d'entreposage des DS et des sous bassins

Il apparaît que, partout sur le bassin versant, les gens entreposent essentiellement leurs déchets solides dans la parcelle. A Tanghin 20% de la population alimentent leurs fosses fumières avec leurs déchets solides. Ces deux types d'entreposage vont dans le sens de la limitation de la pollution. Néanmoins dans les quartiers populaires des sous bassin de Zogona et du canal Central, un bon nombre des habitants stockent leurs déchets solides à l'extérieur de la cour.

b) Devenir des déchets solides

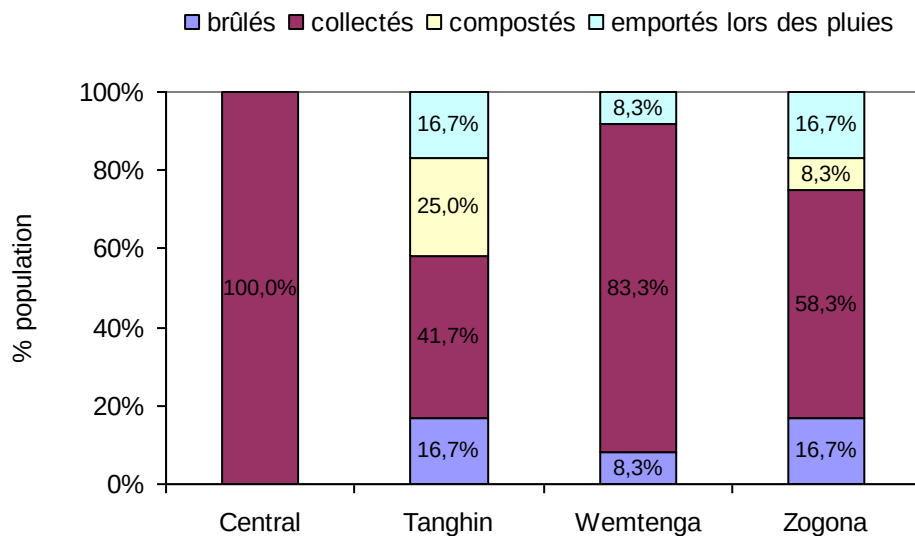


Figure 14: Répartition de la population en fonction du devenir des DS et du sous bassins

D'après le graphe (figure 14), la plupart des gens voient leurs déchets solides ramassés. D'après les enquêtés, dans la zone du canal central aucun déchet solide n'est brûlés ou emportés par la pluie.

Ces statistiques cachent une réalité toute triste car dans le canal Central, une grande quantité de déchets solides est transité chaque jour. Notre campagne de localisation des sources de pollutions a montré la présence de plusieurs tas d'ordures dans les secteurs avoisinants. Ces ordures y sont déposées par les ménages elles-mêmes ainsi que par les ramasseurs particuliers (charretiers) qui se débarrassent des ordures non loin du lieu où ils les ont collectées.

c) Solutions proposées par la population

Tableau 4: Répartition pondérale des propositions d'amélioration de la gestion des DS

Solutions proposées	Taux
ramassage par la mairie	76,47%
augmenter fréquence	5,88%
nettoyer rue et caniveau	5,88%
entretenir bacs régulièrement	5,88%
réduire coût	5,88%

L'analyse qu'on peut faire est que près de la moitié des ménages souhaiterait avoir un bac à ordures aux alentours de leur concession. Près du tiers des ménages interrogés voudrait que la mairie s'implique dans la précollecte des déchets solides.

Ces revendications semblent trouver leur réponse dans le SDGD. Mais elles prouvent aussi que ce schéma est encore loin d'être en application dans la plupart des quartiers de Ouagadougou.

5.2.3 - Analyse des risques liés à une mauvaise évacuation des déchets

Au regard des quantités importantes d'eaux usées (domestiques et industrielles) et de déchets solides déversées chaque jour dans la nature, il va de soi que le milieu connaît un risque considérable de dégradation et cela n'est pas sans conséquence sur l'écosystème et la santé des populations.

a) Risque de pollution du cadre de vie

Les déchets solides et liquides stagnants ou transités par les canaux d'assainissement à ciel ouvert à travers des longues distance dans la ville crée un véritable climat de nuisances (odeurs nauséabondes), de prolifération de vecteurs de maladies (mouches, moustiques) et de dégradation du paysage urbain.

b) Risque de pollution des eaux profondes et superficielles

 Eaux profondes :

Une étude sur la vulnérabilité à la pollution des ouvrages de captage de la ville de Ouagadougou menée par Yaméogo et coll. (2002) a montré que les eaux des forages qui captent la frange fissurée du substratum sont peu polluées, exception faite de celles du forage situé dans la zone industrielle. Les auteurs affirment que la proximité de ce forage

avec la zone des rejets de l'usine de tannerie de cuirs et peaux, et l'existence d'une ancienne décharge justifient cette exception.

Eaux superficielles :

Les plans d'eau superficiels de Ouagadougou sont essentiellement les barrages. Un certain nombre de canaux d'assainissement se jettent directement dans ces barrages (c'est le cas du canal du Moro Naba qui termine son parcours dans le barrage n°2). Il s'en suit une réduction de la ressource due à un comblement par les matières solides, une eutrophisation du milieu, une destruction de la faune aquatique et une altération de la qualité de l'eau de consommation induisant de lourdes dépenses pour son traitement.

c) Risque sanitaire

Certains auteurs trouvent que "l'eau est une ressource trop rare pour n'être utilisée qu'une fois avant d'être rendue à la nature..." (Cissé, 1999 ; Sandberg, 1992). Ceci se justifie notamment au sahel où la ressource en eau est particulièrement rare. Dans cette zone, plusieurs activités rémunératrices font appel à la réutilisation d'eaux usées domestiques mais aussi industrielles. Ces activités vont du maraîchage à la récupération de composantes utiles dans les eaux usées, en passant par l'utilisation de ces eaux pour la fabrication des parpaings, et autres briques en banco, l'abreuvement du bétail (Kenfack et al., 2004).

A Ouagadougou, c'est l'agriculture urbaine qui est la plus grande consommatrice d'eaux usées. Des effluents urbains sont utilisés le long du canal central et à l'université, des effluents industriels sont utilisés à Kossodo, etc.



Photo 7: Puit de stockage d'eaux usées sur un site de maraîchage

Cissé et coll. (2001) ont comptabilisé quatre catégories de personnes sur qui l'utilisation agricole des eaux résiduaires fait peser un risque potentiel : (i) les ouvriers agricoles travaillant dans les champs et les membres de leur famille; (ii) les manutentionnaires et manipulateurs des produits des récoltes; (iii) les consommateurs des cultures (hommes et bétail); (iv) les personnes vivant à proximité des champs.

Plusieurs études ayant prouvé la présence de nombreux agents pathogènes dans ces eaux, alors on peut conclure que leur réutilisation présente un sérieux risque sanitaire. La prolifération des vecteurs de maladies due à la présence d'eaux usées ou d'ordures, présente un risque sanitaire non moins important car plusieurs études ont montré qu'à Ouagadougou, les taux de prévalence du paludisme, des maladies diarrhéiques, de la leishmaniose,...sont très élevées.

5.3 - Identification des sources de pollution

Au moyen du SIG, tous les tas d'ordures et rejets d'eaux usées identifiés sur le bassin versant ont été cartographiés et représentés sur la figure 15. Les coordonnées de tous les points relevés sont présentés en annexe 2.

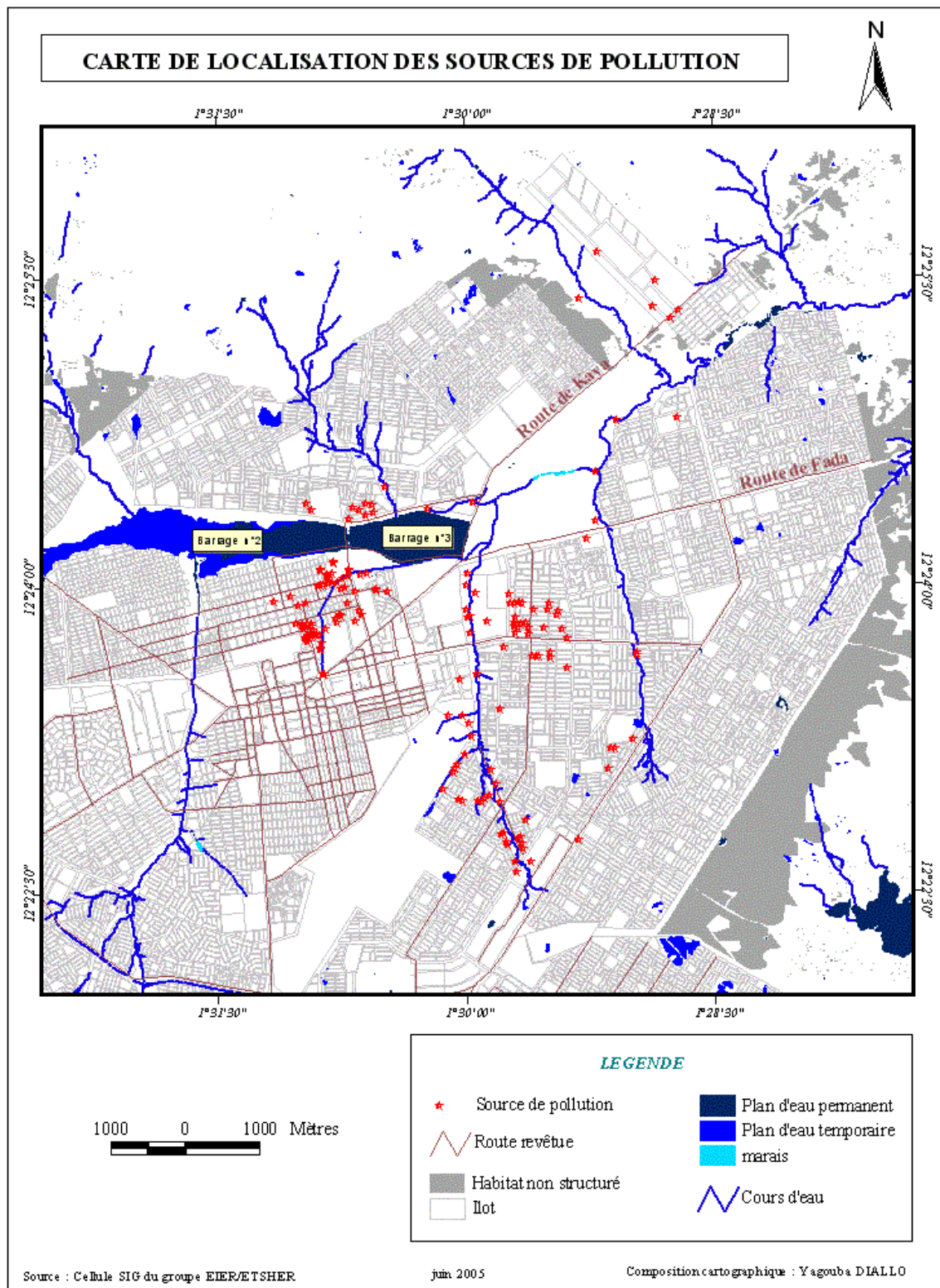


Figure 15: Carte de localisation des sources de pollution

Il en ressort évidemment que les sources de pollution industrielle sont concentrées dans la zone industrielle de Kossodo.

La pollution domestique prend sa source un peu partout sur le bassin versant mais une part importante de ses sources est concentrée dans les zones d'habitat loties denses. Dans cette catégorie il faut ajouter l'Université de Ouagadougou, l'EIER et la MACO.

5.4 - Caractérisation des eaux usées du bassin versant

Dans ce paragraphe sont présentés et commentés les résultats des analyses des échantillons d'eaux usées d'origine domestique et industrielle.

Nous signalons que les résultats ont un caractère purement ponctuel ; il ne s'agit ni de moyennes quotidiennes, ni de moyennes mensuelles ou annuelles qui, selon les cas, tiendraient compte des cycles de production. Les valeurs obtenues se veulent être un cliché à la date du prélèvement de la pollution des ressources en eau de la ville de Ouagadougou.

5.4.1 - Caractéristiques des rejets domestiques

Tableau 5: Résultats d'analyse des rejets domestiques

Paramètres	Unité	Normes de rejet*	Université 1	Université 2	EIER	MACO
Conductivité	µS/Cm 25°C	1 000	279	349	571	622
Température	°C	18 - 40	30,3	30,3	30,6	34
pH	Unité pH	6,4 - 10,5	7,5	7	7,6	7,4
MES	Mg/l	100	203	45	42	42
DBO ₅	mg/l O ₂	50	30	160	40	4
DCO	mg/l O ₂	150	22	150	90	87
Nitrates	mg/l N-NO ₃ ⁻	50	3,5	10,5	2,3	1,7
Azote total	mg/l N	-	103	67	54	93
Azote ammoniacal	mg/l N-NH ₃	10	10,3	12	30	38
Phosphore total	mg/l P	2	1	2,4	5	4
Coliformes fécaux	UFC/100ml	20 000	30 000	1 280 000	0	0
Streptocoques fécaux	UFC/100ml	10 000	0	30 000	0	0

(*) Normes de rejets de polluants dans l'eau au Burkina Faso

L'Université de Ouagadougou est une source de pollution par la *matière organique* au vu des résultats des mesures des paramètres MES (deux fois plus élevé que la norme) et de DCO (3 fois plus élevé que la norme).

Les *substances nutritives* à savoir les composés azotés et phosphorés sont excessives dans tous les rejets, surtout ceux de l'EIER et de la MACO (2 à 4 fois plus que la norme). La présence des composés azotés est due à la décomposition d'azote organique (urée, azote organique) ; celle du phosphore est due à la présence de détergents et une contamination fécale. Ces substances présentent un risque d'eutrophisation pour les ressources en eau.

Les *microorganismes pathogènes* sont très présents dans les rejets de l'Université. Les coliformes fécaux excèdent 10⁶UFC/100ml. Ceci dénote d'une véritable contamination fécale et présente un risque sanitaire important pour les maraîchers qui utilisent cette eau

ainsi que toutes les personnes qui se mettent en contact avec ces eaux durant leur transport (dans le canal de Zogona notamment).

5.4.2 - Caractéristiques des rejets industrielles

Tableau 6: Résultats d'analyse des rejets industriels

Paramètres	Unité	Limites acceptables*	Abattoir	Tan Aliz	Brakina	Adams Afrique	Hage Matériaux
Conductivité	µS/Cm 25°C	1 000	2 450	23 000	1 569	629	23 700
Température	°C	18 - 40	-	30	35	-	-
pH	Unité pH	6,4 - 10,5	7.3	8.3	11.3	8.4	7.2
MES	mg/l	100	1 213	7 100	512	1 900	100
DBO ₅	mg/l O ₂	50	580	2 000	100	200	--
DCO	mg/l O ₂	150	849	8 091	2 030	2 414	53
Nitrates	mg/l N-NO ₃	50	9.4	11.5	0	56.5	0
Azote total	mg/l N	-	68	107	25	27	26
Azote ammoniacal	mg/l N-NH ₃	10	197	650	7	1.62	1.14
Phosphore total	mg/l P	2	180	127	65	50	1.5
Zinc	mg/l	5	-	-	-	-	0
Chrome total	mg/l	0.1	-	3	-	-	-
Nickel	µg/l	500	-	-	-	-	10
Plomb	µg/l	500	-	-	-	-	82
Coliformes fécaux	UFC/100ml	20 000	50 000 000	80 000	-	-	-
Streptocoques fécaux	UFC/100ml	10 000	70 000	0	-	-	-

(*) Normes de rejets de polluants dans l'eau au Burkina Faso

La conductivité est excessive dans la plupart des rejets industriels notamment à Tan Aliz et Hage Matériaux où elle vaut plus de 20 fois la norme de rejet. Ces valeurs dénotent d'une présence excessive de HCO₃⁻, SO₄⁻, Cl⁻, Ca₂⁺, Mg₂⁺, Na⁺, K⁺, ...Ceci entraîne une perturbation de l'écosystème (problèmes de régulation chez les organismes sensibles) et peut causer, pour l'eau de consommation, un problème de saveur et de désordres digestifs.

Les MES, la DBO₅ et la DCO sont de 5 à 20 fois importantes que la norme. Il y a alors une forte quantité de matières organiques biodégradables et non biodégradables dans ces eaux

Les composés azotés et phosphorés provenant ici des détergents, excréments,...sont de 20 à 65 plus élevés que la norme. Ils présentent alors un risque réel d'eutrophisation de la ressource (le Massili, voire le Nakambé).

Les *microorganismes pathogènes* à savoir les streptocoques fécaux et surtout les coliformes fécaux sont très nombreux dans les eaux de la tannerie et de l'abattoir (5.10⁷UFC/100ml de coliformes fécaux à l'Abattoir). La santé de la population est particulièrement menacée par ces rejets.

Les caractéristiques de ces eaux confirment bien l'appellation de « grands pollueurs » donnée à ces unités industrielles.

5.4.3 - Caractéristiques des eaux des exutoires

Tableau 7: Résultats d'analyse des eaux usées des marigots

Paramètres	Unité	Normes de rejet*	Canal Central (1)	Canal Central (2)	Canal Central (3)	Marigot Tanghin (1)	Marigot Tanghin (2)
Conductivité	µS/Cm 25°C	1 000	690	861	606	482	568
Température	°C	18 - 40	33,7	33,1	33	33	33
pH	Unité pH	6,4 - 10,5	8,3	7,2	7	7,2	7
MES	mg/l	100	10	40	16	288	108
DBO ₅	mg/l O ₂	50	30	50	4	50	100
DCO	mg/l O ₂	150	52	72	63	150	410
Nitrates	mg/l N-NO ₃ ⁻	50	2,7	6,1	1,5	0	0
Azote total	mg/l N	-	79	78	87	98	79
Azote ammoniacal	mg/l N-NH ₃	10	17	20	7	5	2, 3
Phosphore total	mg/l P	2	1,6	2,6	0,5	5	3
Coliformes fécaux	UFC/100ml	20 000	110 000	220 000	90 000	10 000	0
Streptocoques fécaux	UFC/100ml	10 000	0	20 000	0	0	2 000

Paramètres	Unité	Normes de rejet*	Canal Wemtenga	Canal Zogona	Canal Moro Naba	Marigot forêt (forêt)	Marigot forêt (pont)
Conductivité	µS/Cm 25°C	1 000	386	310	364	551	1 406
Température	°C	18 - 40	34	34	33	29	30
pH	Unité pH	6,4 - 10,5	7,4	8,2	7	7,1	8
MES	mg/l	100	1 496	28	102	39	146
DBO ₅	mg/l O ₂	50	125	30	50	20	150
DCO	mg/l O ₂	150	140	52	320	37	372
Nitrates	mg/l N-NO ₃ ⁻	50	3	2,1	0	0,3	0
Azote total	mg/l N	-	78	19	44	10	22
Azote ammoniacal	mg/l N-NH ₃	10	6,3	6	8	1	24,3
Phosphore total	mg/l P	2	14,2	-	21	-	-
Zinc	mg/l	5	-	-	-	-	0.020
Nickel	µg/l	500	-	-	-	-	10
Plomb	µg/l	500	-	-	-	-	2
Coliformes fécaux	UFC/100ml	20 000	50 000	0	550 000	40 000	990 000
Streptocoques fécaux	UFC/100ml	10 000	10 000	0	60 000	0	0

(*) Normes de rejets de polluants dans l'eau au Burkina Faso

Analysons les résultats obtenus pour chacun des exutoires :

Le canal Central : De l'amont à l'aval de ce canal, le signe de pollution par les substances indésirables décelés sont la présence excessive de d'azote ammoniacal et de phosphore par endroit. Il y a aussi une forte pollution microbienne vu la présence anormale de coliformes et de streptocoques fécaux (10 à 20 fois la norme). Tout ceci prouve une contamination fécale qui proviendrait certainement de l'écoulement des effluents domestiques (rejet des eaux de toilette dans la rue, vidanges de latrines, etc.).

Le marigot de Tanghin : L'érosion des berges de ce marigot non revêtue peut justifier la valeur élevée des Matières en suspension (3 fois la norme admissible). Si la plupart des autres paramètres mesurés témoignent d'un respect des normes de rejet, le phosphore total sort du lot et indique une pollution par les *substances nutritives*. On peut expliquer cette

présence de composés phosphorés par la présence de rejets contenant des matières fécales et des détergents dans la nature à Tanghin.

Le canal de Wemtenga : A cause des travaux de son aménagement, il n'y a pas assez de rejets dans ce canal ; mais dans sa partie aval, on observe un raccordement de la MACO et de la SBMC. Le point de prélèvement se trouve être à la sortie du canal juste avant la forêt. La DBO₅ mesurée est largement anormale, cela dénote d'une présence excessive de matières biodégradables. La quantité de phosphore total, de même que les coliformes fécaux comptés est très élevée. Ceci est dû aux rejets de la MACO et de quelques ménages situés en amont. Le prélèvement étant fait juste après une pluie, la valeur excessive des MES (15 fois la norme) n'est pas surprenante.

Le canal de Zogona : Les résultats n'indiquent aucune anomalie car les quantités de polluants sont tous faibles comparativement aux normes. Ceci est surprenant d'autant plus que ce canal draine les eaux usées polluées de l'université, de l'EIER et des secteurs 14 et 30 ; il draine aussi une grande quantité de déchets solides urbains, d'excrétas humains et d'excréments d'animaux. D'ailleurs on peut s'apercevoir du niveau de pollution de canal on observant tout simplement la végétation aquatique qui l'envahit. Aussi, des études antérieures (SAHEL CONSULT & BCEOM, 1999 ; Ministère de l'Environnement et de l'Eau du Burkina Faso, 1996) ont démontré qu'il y a effectivement une contamination fécale perceptible dans ce canal.

Le canal du Moro Naba : Les résultats obtenus (MES, DBO₅, DCO, Phosphore total, CF, CT) confirment que ce canal est très pollué par les effluents domestiques des quartiers qu'il draine. Ces paramètres sont indicateurs de la présence matières organiques, de sels nutritifs et de contamination fécale. Donc il faut s'attendre à un risque d'eutrophisation et une pollution par les micro-organismes pathogènes du barrage n°2 et par conséquent du barrage n°3.

Le marigot de la forêt : Ce marigot reçoit les eaux usées industrielles de Kossodo mais aussi les eaux usées drainées par le canal Central, le canal de Zogona, le canal de Wemtenga et le marigot de Tanghin. Ceci pour dire que c'est le cours d'eau le plus vulnérable de la ville. Au vu des résultats de l'analyse des eaux prélevés sur le pont de Kossodo, tous les paramètres indicateurs de pollution sont excessifs. En effet la conductivité vaut 15 fois la norme, la matière organique est de 1,5 à 3 fois la norme, les composés azotés sont de 2,5 fois plus que la norme de rejet et les coliformes fécaux, près de 50 fois. La mauvaise odeur qui règne dans ce cours d'eau et ses alentours est révélatrice d'une forte contamination. Appréhender son niveau de pollution est d'autant important que ses eaux sont utilisées par les maraîchers de Kossodo pour l'arrosage mais

aussi il se jette dans le Massili qui est un affluent du Nakambé. Donc la pollution qu'il subit peut se répercuter dans cet important bassin versant national.

5.5 - Evaluation du niveau de pollution des ressources en eau

Tableau 8: Résultats d'analyse des eaux de barrage

Paramètres	Unité	Limites acceptables*	BARRAGE N°2						BARRAGE N°3	
			COTE SUD			COTE NORD			COTE SUD	COTE NORD
			Amont	Milieu	Aval	Amont	Milieu	Aval	Aval	Aval
Conductivité	µS/Cm 25°C	1 000	436	454	451	450	463	446	322	323
Température	°C	18 - 40	33	32	32	33	33	33	29,4	30
pH	Unité pH	5,5 - 9	8,9	8,7	8,9	9,1	8,9	9	8,4	8,6
MES	mg/l	25	251	175	170	209	236	85	43	34
DBO ₅	mg/l O ₂	<7	26	-	24	26	-	10	6	6
DCO	mg/l O ₂	30	68	59	77	76	69	59	4	6
Nitrates	mg/l N-NO ₃	50	0	0	0	0	0	0	0,8	0,8
Azote total	mg/l N	10	8	9	4,5	10	9	3,8	-	5,6
Azote ammoniacal	mg/l N-NH ₃	4	1,1	1,5	1,2	1,2	1,7	1,1	0,2	0,23
Phosphore total	mg/l P	0,7	0,32	0,5	0,5	0,6	0,4	0,4	-	-
Zinc	mg/l	5	0.020	-	-	0.020	-	-	0.010	0.010
Nickel	µg/l	50	21	-	-	25	-	-	0	0
Plomb	µg/l	50	4	-	-	4	-	-	1	1
Coliformes fécaux	UFC/100ml	20 000	4 000	0	0	2 000	0	0	1000	9000
Streptocoques fécaux	UFC/100ml	10 000	0	0	0	0	0	0	0	0
Coliformes totaux	UFC/100ml	50 000	10 000	0	6 000	10 000	0	0	2 000	8 000

(*) Normes de rejets de polluants dans l'eau au Burkina Faso

Les résultats montrent qu'il y a une certaine décroissance de la charge polluante de l'amont à l'aval dans les barrages.

Ces montrent la présence modérée de composés azotés et phosphorés ainsi que de coliformes et de streptocoques. Nous pouvons en déduire qu'il y a une pollution par les substances nutritives des barrages mais à degré encore acceptable.

Toutefois les résultats des mesures de MES (2 à 10 fois plus élevé que la norme) confirment la présence en grande quantité de matières décantables et colloïdales dans les deux barrages. De même les valeurs de DBO₅ et DCO sont la preuve de la présence en grande quantité de matières organiques biodégradables et non biodégradables dans le barrage n°2.

En tout état de cause ces plans d'eau sont très vulnérables car ils drainent une bonne partie du bassin urbain de la ville de Ouagadougou qui est pourtant un grand producteur de matières polluantes. Alors seul un suivi continu du contrôle de qualité des eaux de barrage de Ouagadougou peut contribuer efficacement à avoir des résultats fiables permettant de prendre des mesures optimales de réduction de la pollution.

Chapitre 6 - MODELE DE TRANSFERT DES POLLUANTS

Le modèle de transfert des polluants s'inspire des résultats précédents. Il est la représentation théorique du phénomène de la pollution des eaux superficielles de la ville de Ouagadougou en décrivant le parcours des polluants de la source à la ressource en eau. Dans cette description, il intègre plusieurs facteurs (hydrique, pédologique, topographique, éolien, etc.) influençant le mode de transfert.

Le schéma du modèle (figure 16) explicite la manière dont un polluant va de son origine (source de pollution) à sa destination (ressource en eau).

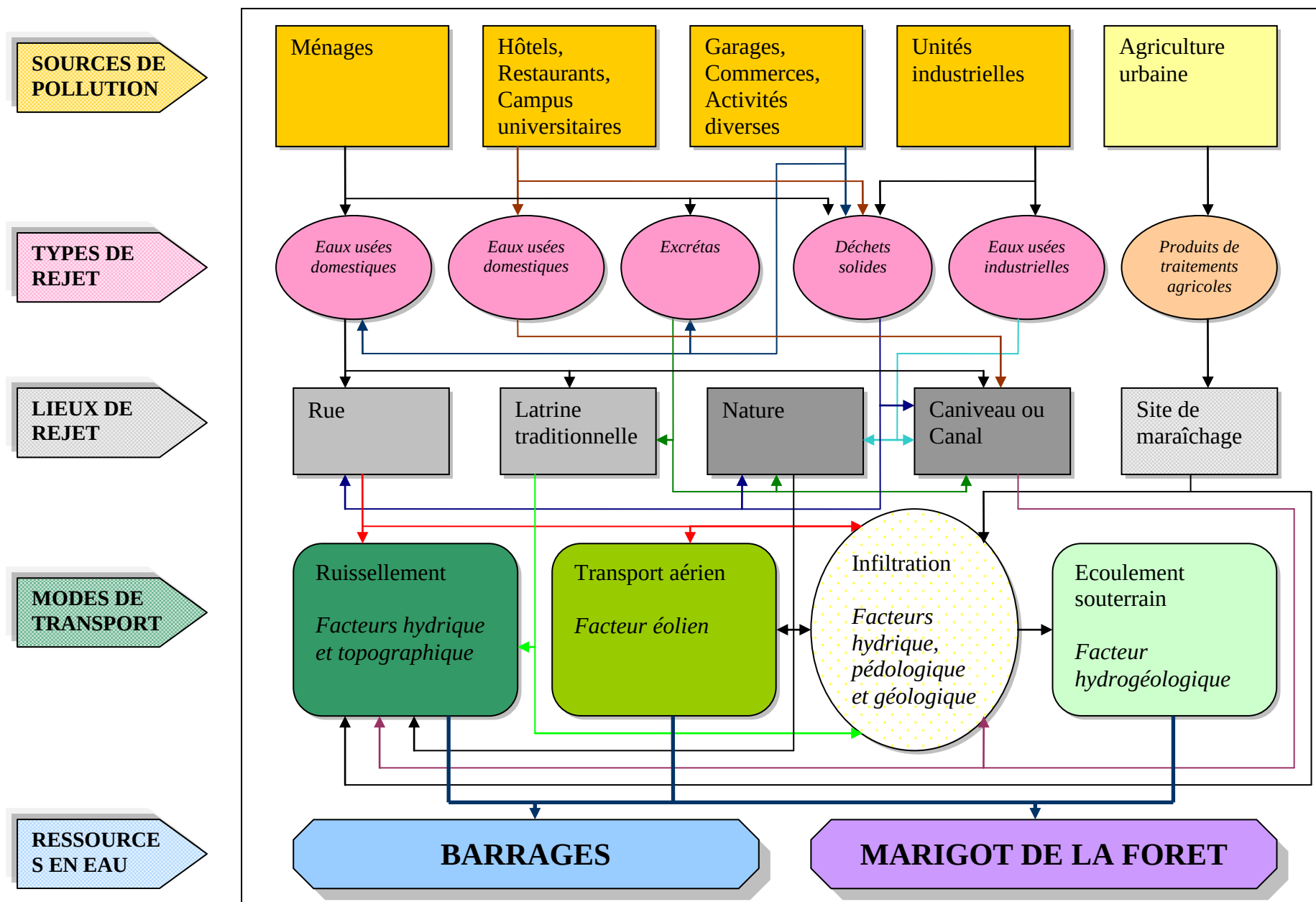


Figure 16: Modèle de transfert des polluants de la source à la ressource en eau

Ce modèle fait voir que les eaux usées domestiques, les eaux usées industrielles, les excréta, les déchets solides et les produits de traitements agricoles sont produits par les activités anthropiques menées dans les ménages, les hôtels, les écoles, les garages, les unités industrielles, etc. Il décrit ensuite que ces déchets sont rejetés dans des sites de maraîchage (produits de traitements agricoles), des latrines traditionnelles (eaux usées domestiques, excréta), la rue (eaux usées domestiques, déchets solides), la nature (eaux usées domestiques, excréta, déchets solides, eaux usées industrielles) des caniveaux ou des canaux (produits de traitements agricoles, eaux usées domestiques, excréta, déchets solides, eaux usées industrielles). Enfin il montre que les polluants contenus dans les déchets sont transportés vers les ressources en eau par ruissellement, par transport aérien, ou par infiltration suivi d'un écoulement souterrain.

Chapitre 7 - PROPOSITIONS D'AMELIORATION

Après avoir défini le contexte de l'étude et sa problématique identifié les sources de pollution et ébauché les modes de transferts, il nous revient de proposer des solutions pour limiter la pollution des ressources en eau affectées.

Plusieurs solutions sont envisageables. Les solutions prioritaires que nous avons retenues sont :

- 1) **L'action citoyenne** est fondamentale dans la lutte contre la pollution de l'eau. D'après les résultats obtenus dans cette étude, il ressort que le citoyen, soit par ignorance, soit par négligence, a une grande part de responsabilité dans la pollution. Tantôt il déverse les ordures dans la rue ou dans la nature, tantôt il rejette les eaux usées dans le caniveau. Donc l'atténuation de la pollution de l'eau passe par l'*éco-citoyenneté*. Les populations doivent être suffisamment sensibilisés sur les pratiques de l'assainissement autonome et de gestion des déchets solides. Une large campagne médiatique sur l'enjeu de l'hygiène et l'assainissement doit être menée à tous les niveaux.
- 2) **L'action publique** est incontournable pour obtenir les résultats escomptés. En effet, l'Etat et les Collectivités décentralisées ont un rôle important à jouer pour réduire la pollution des ressources en eau superficielle de la ville de Ouagadougou. L'Etat doit, pour cela, veiller rigoureusement au respect des lois et règlements y afférant, seul gage de réussite de toutes les autres actions à mener. Il doit alors appliquer rigoureusement le principe du pollueur-payeur et toutes les autres sanctions prévues par la loi. Il doit en outre considérer le domaine de l'assainissement comme secteur prioritaire dans sa politique de lutte contre la pauvreté. La mairie se doit de trouver les moyens pour exécuter convenablement le Plan Stratégique d'Assainissement de Ouagadougou (PSAO) et le Schéma Directeur de Gestion des Déchets (SDGD) de Ouagadougou en les améliorant (extension du PSAO de manière à permettre l'accès de tous les ménages à des ouvrages d'assainissement autonome décent, raccordement de tous les « gros pollueurs » au système collectif.
- 3) **Des aménagements** sont indispensables à certains endroits du trajet des polluants pour les réduire et limiter ainsi la contamination des ressources en eau de la ville. Parmi ces aménagements on peut citer :

☞ **Un système décentralisé de lagunage naturel des eaux usées de l'Université de Ouagadougou.** Cette solution permet de réduire considérablement les teneurs des polluants organiques et chimiques ainsi que les polluants microbiologiques (Annexe 3). Un projet de ce type est d'ailleurs en

cours d'exécution dans le campus en vue de la valorisation des effluents dans la production fourragères par le CNRST du Burkina Faso.

- ☞ **Une station d'épuration à lit bactérien à la MACO.** Ce système est à fonctionnement simple, demandant peu d'entretien et de contrôle. Il occupe aussi peu d'espace comparativement au lagunage (Annexe 3).
- ☞ **Un seuil noyé en béton à l'endroit où le canal du Moro Naba se jette dans le Barrage n°2.** Cette solution consiste à un traitement localisé à l'embouchure du canal. En effet la mise en place du seuil noyé provoque l'accroissement du temps de séjour hydraulique dans cette partie, ce qui permet d'obtenir des conditions de lagunage (figure 17). La mairie devra veiller à curer régulièrement le canal, notamment à cet endroit, de sorte à éviter les nuisances et limiter l'accumulation des déchets solides. Seul une bonne gestion de l'ouvrage permettra d'assurer un bon rendement de l'épuration.

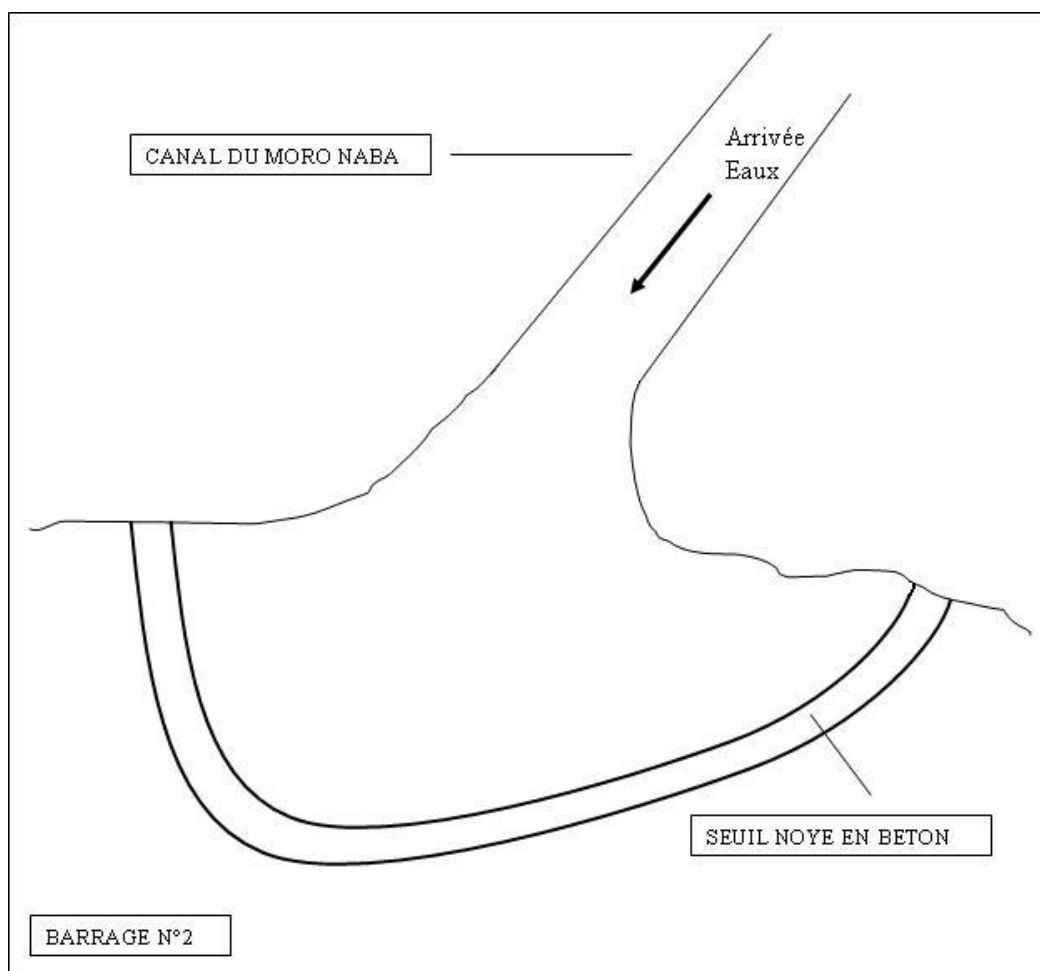


Figure 17: Schéma d'aménagement de l'embouchure de canal

CONCLUSION GENERALE

L'étude portait sur l'analyse de la pollution des ressources en eau superficielle de la ville de Ouagadougou, de la production de polluants à la contamination de l'eau en passant par les modes de transferts et les activités anthropiques.

Au cours de cette étude, nous avons pu exploiter la documentation existante, mené des enquêtes ménages pour recueillir l'avis des populations en la matière, identifié les sources de pollution, caractérisé les polluants, etc. Nous avons, par la suite, défini un modèle de transfert des polluants et proposé quelques solutions pour atténuer la pollution des ressources en eau de la ville.

Des investigations menées, il est ressorti que plusieurs facteurs interviennent dans le phénomène de pollution des plans d'eau. Ces facteurs sont liés aux activités anthropiques sur le bassin versant, aux pratiques en matière de gestion des déchets solides et liquides, au contexte urbanistique, à la topographie du bassin versant, etc.

Nous avons recommandé que la population soit suffisamment sensibilisée sur le sujet et que les lois et règlements relatifs à la protection des ressources en eau soient rigoureusement appliqués.

Cette étude servira alors aux décideurs dans la mise en place de stratégie de lutte contre la pollution de l'eau. Mais la volonté politique, les comportements culturels et la capacité administrative sont d'autres éléments importants qui interviennent dans le processus de prise des décisions (Calamiri et al., 1994). Dans tous les cas, les résultats pourront servir de cadre de travail pour les chercheurs et les professionnels du domaine.

Toutefois les résultats obtenus, au cours de cette période relativement courte (deux mois), ne permettent pas de fournir des données quantitatives statistiquement fiables.

En vue de dresser un constat complet de la situation en matière de pollution dans le bassin versant, il serait souhaitable de mettre sur pied une méthodologie plus rigoureuse, basée sur des échantillons statistiques représentatifs, et mettant en œuvre des investigations adéquates. Cette démarche permettra de quantifier les flux de pollution dans le bassin versant et d'explicitier le processus de transfert des polluants de la source à la ressource en eau sur une longue période.

REFERENCES CITEES

Bayili P. P., 2001. *Gestion et valorisation des déchets solides dans les villes africaines : contribution à la définition d'un plan de gestion dans la ville de Ouagadougou*, Sempervira No.10 : 72-85.

BCEOM & BERA, 2002. *Plan stratégique d'assainissement de la ville de Ouagadougou*. Version définitive, Ouagadougou, Burkina Faso, 117p.

Bousso S., 2003. *La simulation et la vérification d'une zone d'influence d'eau à Ouagadougou*, Mémoire de fin d'études d'Ingénieur EIER, OUAGADOUGOU, Burkina Faso, 102p.

Calamiri D., Naeve H., 1994. *Revue de la pollution dans l'environnement aquatique africain*, Document technique du CPCA No.25, Rome, FAO, 129p.

Cissé G., 1999. *Risques sanitaires liés à l'utilisation d'eaux polluées en maraîchage urbain au sahel : cas de Ouagadougou (Burkina Faso)*, Sud Sciences & Technologies No.3 : 4-13.

Cissé G., Tanner M., 2001. *Utilisation des eaux usées ou polluées en agriculture urbaine dans le contexte sahélien : Risques sanitaires, aspects socio-économiques, et contraintes pour un développement durable*, Sempervira No.10 : 31-49.

Dejoux C., 1988. *La pollution des eaux continentales africaines : expérience acquise, situation actuelle et perspectives*, Paris, France, éditions de l'ORSTOM, collection Travaux et Documents n°213, 513p.

DESSAU – SOPRIN, 2000. *Schéma directeur de gestion des déchets de Ouagadougou. Rapport final*, Ouagadougou, Burkina Faso, 217p.

Elizenda B., 2003. *Identification, évaluation et compréhension des interactions entre les différents facteurs de pollution du barrage de Yitenga (Burkina Faso)*, Travail de mémoire, EPFL, Lausanne, Suisse, 86p.

Gaujous D., 1995. *La pollution des milieux aquatiques : aide-mémoire*, Paris, France, Techniques & Documentation – Lavoisier, 220p.

Gestion Intégrée des Ressources en Eau, 2000. *Evaluation des sources de pollution et de leur état de suivi*, Rapport technique, Ouagadougou, Burkina Faso, 71p.

Kenfack S., Kientga M., Yonkeu S., Maïga A. H., Cissé G., Pulgarin C., 2004. *Problématique de la gestion environnementale des déchets industriels au Burkina Faso: Analyse des risques de pollution par les eaux usées industrielles dans les villes de Ouagadougou et Bobo-*

Dioullasso, In 3ème Journée Scientifique du Groupe EIER-ETSHER, Ouagadougou, Burkina Faso, 6 décembre 2004.

Ministère de l'Environnement et de l'Eau du Burkina Faso, 1996. *Etude de faisabilité de l'aménagement de la forêt classée du barrage de Ouagadougou*, Rapport définitif. Ouagadougou, Burkina Faso, 65p.

Parlement européen, 2000. *Directive n° 2000/60/CE établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau*.

Rodier J., Bazin C., Broutin J.-P., Chambon P., Champsaur H., Rodi L., 1996. *L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer*, 8^e éd., Paris, France, Dunod, 1383p.

SAHEL CONSULT & BCEOM, 1999. *Schémas directeurs d'assainissement pluvial de Ouagadougou*, Rapport final, Ouagadougou, Burkina Faso, 82p.

Traoré D., 2005. *Traitement des ordures ménagères à Ouaga : un centre d'enfouissement est né*, L'opinion No.384.

Yaméogo S., Savadogo A. N., 2002. *Les ouvrages de captage de la ville de Ouagadougou et leur vulnérabilité à la pollution*, In 5^{ème} conférence inter-régionale sur l'eau et l'environnement - Envirowater 2002, Ouagadougou, Burkina Faso, 2002, p.378-389, Ouagadougou, Burkina Faso, SOGIF.

Ressources Internet :

<http://www.cieau.com>

<http://www.cnrs.fr>

<http://www.eauburkina.bf>

<http://www.primature.gov.bf>

ANNEXES

Annexe 1 : Extrait du protocole d'analyses physico-chimiques du LNAE

Annexe 2 : Coordonnées des sources de pollution du bassin versant étudié

Annexe 3 : Deux systèmes d'assainissement