



MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2IE AVEC GRADE DE

MASTER EN INGÉNIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT SPECIALITE EAU ET ASSAINISSEMENT

Présenté et soutenu publiquement le 01/10/2020 par **DJIBO HAHIOU Abitalib 2014 0182**

Directeur de mémoire : Boubié GUEL, Professeur, Université Joseph KI-ZERBO

Co-Directeur : Stéphanie MAIGA-YALEU BATCHAKOUE, Maître Assistante, Université Joseph KI-ZERBO

Encadrant 2iE: Dr. Boukary SAWADOGO, Enseignant-Chercheur à 2iE

Structure d'accueil du stage : Université Joseph KI-ZERBO

Jury d'évaluation du mémoire :

Président : Prof. yacouba KONATE

Membres et correcteurs : Dr. boukary SAWADOGO

Dr. seram SOSSOU

Dr. Stéphanie MAIGA-YALEU BATCHAKOUE

Promotion 2019/2020

DEDICACE

A mon père **Djibo HAHIOU**, qui peut trouver ici le résultat de ses longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien venu de toi.

A ma défunte mère Fourera CHAIBOU, pour son amour, et toutes ses prières à mon égard.

A mes grandes sœurs **Sakina DJIBO** et **Nana Aïchatou CHAIBOU GADO** pour leur soutien moral et matériel.

A mes frères, tantes et oncles pour leurs encouragements et leurs prières.

A mes camarades de la promotion, ainsi qu'à tous mes amis qui m'ont soutenu de près ou de loin.

CITATIONS

« Là où il y'a un problème, il existe un potentiel d'amélioration. »

Masaaki IMAI

« Un problème ne peut être résolu en réfléchissant de la même manière qu'il a été créé. »

Albert Einstein¹

REMERCIEMENTS

Ce mémoire n'aurait pas pu être réalisé sans la contribution de près ou de loin de plusieurs personnes de l'institut 2iE et de l'université Joseph KI- ZERBO. C'est le lieu d'exprimer notre gratitude à tous ceux qui ont, d'une manière ou d'une autre, permis sa réalisation. Il s'agit de :

- La direction générale de l'institut 2iE pour la qualité des enseignants et des cours dispensés pendant mes cinq années d'étude.
- ➤ **Prof. Rabiou CISSE**, Président de l'Université Joseph KI-ZERBO d'avoir accepté ma demande de stage ;
- ➤ **Prof. Boubié GUEL**, Enseignant-Chercheur à l'université Joseph KI-ZERBO, Directeur de mémoire. Je lui exprime mes remerciements pour sa disponibilité, ses précieux conseils, ses encouragements sans cesse renouvelés qui ont eu sur moi un impact indélébile non seulement sur le plan scientifique et technique, mais aussi sur le plan humain. Merci infiniment pour la confiance, la compréhension et surtout pour les enseignements dont j'ai bénéficié auprès de son imminente personne.
- ➤ Dr. Stéphanie MAIGA-YALEU BATCHAKOUE, Enseignante-Chercheure à l'université joseph KI- ZERBO pour m'avoir fait confiance dès le premier jour et pour avoir accepté d'être co-directrice de ce mémoire. Je lui exprime toute ma reconnaissance pour m'avoir proposé ce thème de mémoire et pour avoir assuré l'encadrement scientifique. Je lui exprime également toute ma reconnaissance pour le suivi scientifique très enrichissant, ses conseils et le temps précieux consacré à l'encadrement de ce mémoire.
- ➤ Dr. Boukary SAWADOGO, Enseignant-Chercheur au 2ie, qui a bien voulu assurer l'encadrement de ce mémoire. Je lui suis entièrement reconnaissant pour son encadrement et pour avoir consacré de son temps précieux pour assurer le suivi scientifique de ce travail.
- Messieurs Mathieu Kabore Technicien, Moustapha OUEDRAOGO, Technicien supérieur de laboratoire, TINDOURE Raogo Guy Noel, Technicien supérieur de laboratoire pour l'accueil, l'accompagnement, les conseils tout le long du travail.

RESUME

La pression parasitaire et l'appauvrissement des sols par les facteurs naturels et anthropiques exercés sur les cultures au Burkina Faso entrainent une diminution de la production et par conséquent les revenus des cultivateurs. Ces derniers ont trouvé comme solutions à ces contraintes l'application massive de produits phytosanitaires et des engrais chimiques, parfois prohibés, et qui, à terme, posent des problèmes environnementaux et sanitaires.

L'objectif de notre étude est d'évaluer l'impact des activités culturales sur la qualité des eaux du sous bassin barrage de Tougou. Il a fallu pour y arriver, mener d'une part, des investigations sur les pratiques d'utilisation des produits phytosanitaires et des engrais dans le sous bassin versant barrage de Tougou, et d'autre part, faire des analyses d'échantillons d'eau prélevés dans la zone d'étude, afin d'en déterminer le niveau de contamination du barrage et des eaux de ruissellement. Neuf paramètres physico-chimiques (Température, pH, Conductivité, Phosphore, Nitrate, Sulfates, Cadmium, Manganèse, Plomb) ont été suivis durant trois mois allant de Juillet à Septembre.

Les résultats des enquêtes ont mis en évidence l'application de divers produits phytosanitaires et engrais chimiques pour le traitement des champs. Les non-conformités recensées dans cette enquête concernent également le niveau de protection des cultivateurs qui est très faible dans l'ensemble. L'enquête a relevé aussi un taux d'analphabétisation élevé soit 76 %, ce qui pourrait constituer un véritable handicap aux respects des bonnes pratiques d'utilisation des pesticides, au port d'équipements de protection individuels appropriés ainsi qu'au mode de préparation et d'application des pesticides. L'étude a généralement démontré que l'analyses des 73 échantillons d'eau, prélevés dans la zone d'étude, ont permis d'avoir des résultats montrant des niveaux de contamination faible. Pour minimiser l'impact des activités culturales sur la qualité des eaux et préserver la santé des cultivateurs suite à l'application des intrants agricole, des formations devront être renforcées sur les précautions d'usage des pesticides, les bonnes pratiques agricoles et la préparation et usage de biopesticides.

Mots Clés:

- 1. Activités culturales
- 2. Bassin versant de Tougou
- 3. Caractérisation physico-chimique

- 4. Eau de barrage
- 5. Qualité des eaux

ABSTRACT

Parasitic pressure and soil impoverishment caused by natural and anthropogenic factors on crops in Burkina Faso lead to a decrease in production and consequently in farmers' incomes. Farmers have found solutions to these constraints through the massive application of phytosanitary products and chemical fertilizers, some of which are prohibited and which, in the long run, pose environmental and health problems.

The objective of our study is to evaluate the impact of farming activities on the water quality of the Tougou sub-dam basin. To achieve this, it was necessary to investigate the practices of using phytosanitary products and fertilizers in the Tougou dam sub-basin and to analyze water samples taken in the study area in order to determine the level of contamination of the dam and runoff water. Nine physico-chemical parameters (Temperature, pH, Conductivity, Phosphorus, Nitrate, Sulfates, Cadmium, Manganese, Lead) were monitored during three months from July to September.

The results of the surveys highlighted the application of various phytosanitary products and chemical fertilizers for the treatment of the fields. The non-compliances identified in this survey also concern the level of protection of farmers, which is very low overall. The survey also revealed a high illiteracy rate of 76%, which could constitute a real handicap to the respect of good practices in the use of pesticides, the wearing of appropriate personal protective equipment and the preparation and application of pesticides. The study generally demonstrated that the analysis of 73 water samples, taken in the study area, yielded results showing low levels of contamination. In order to minimize the impact of farming activities on water quality and to preserve the health of farmers following the application of agricultural inputs, training should be reinforced on the precautions for the use of pesticides, good agricultural practices and the preparation and use of biopesticides.

Key words:

- 1. Farming activities
- 2. Tougou basin
- 3. Chemical characterization
- 4. Dam water
- 5. Water quality

LISTE DES ABREVIATIONS

2iE : Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement

AEP: Adduction en Eau Potable

BPA: Bonne Pratique Agricole

CE: conductivité

CILSS: Comité permanent Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel

CSP: Comité Sahélien des Pesticides

CNCP: Commission Nationale de Contrôle des Pesticides

CONACE: Conseil National des Sciences Economiques

CSLP: Cadre Stratégique de croissance et de Lutte contre la pauvreté

DDT: Dichlorodiphenyltrichloroethane

EPPO: European Public Prosecutor's Office

FAO: Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture

EMC: Encyclopédie médico-Chirurgicale

K₂O: Oxyde Potassium

LEHSA: Laboratoire Eaux-Hydro-systèmes et Agriculture

NH₄⁺: Ammonium

N: Azote

NO₃⁻: Nitrate

NKT: Engrais de type NTK

ODD : Objectifs du Développement Durable

PNUD : Programme des Nations Unies pour le Développement

PO₄³⁻: OrtoPhosphate

SOFITEX : Société Burkinabè des Fibres Textiles

SNSA: Syndicat National des Sociétés d'Assistance

SO₄²⁻: Sulfate

TABLE DES MATIERES

Dédicace	I
CITATIONS	II
Remerciements	III
Résume	IV
Abstract	V
LISTE DES ABREVIATIONS	VI
Table des matières	8
LISTE DES FIGURES	10
LISTE DES TABLEAUX	11
INTRODUCTION	12
CONTEXTE	12
PROBLÉMATIQUE	13
OBJECTIFS DE L'ÉTUDE	
HYPOTHÈSE DE L'ÉTUDE	14
I. GÉNÉRALITÉS SUR LES PESTICIDES ET LES ENGRAIS	15
1.1 Les engrais	15
1.1.1 Classification des engrais	15
1.1.2 Comportement et devenir des engrais dans l'environnement	15
1.1.3 Impact sur l'environnement	16
1.2 Les pesticides	17
1.2.1 Définition	17
1.2.2 Classification des pesticides	18
1.2.3 Comportement et devenir des pesticides dans l'environnement	20
1.2.4 Les facteurs influençant la toxicité et Écotoxicité des pesticides et des engrais:	21
1.2.5 Écotoxicité des pesticides et des engrais pour la faune aquatique	21
1.2.6 Toxicité des pesticides et des engrais pour l'Homme	22
1.2.7 Différents types de pesticides et d'engrais utilisés dans l'agriculture burkinabè :	23
1.3 Législation et réglementation des pesticides et engrais	23
II. MÉTHODE ET MATÉRIEL	25
2.1 cadre physique et géographique de la zone de l'étude	25
2.1.1 Situation géographique du sous bassin versant barrage de Tougou	25
2.1.2 Climat et le réseau hydrographique :	25
2.1.3 Relief et couverture géologique du bassin versant de Tougou :	26

2.1.4 Caractéristiques du sol et de la végétation de Tougou :	26
2.1.5 Historique du barrage de Tougou	27
2.1.6 Agriculture pratiquée dans la Zone	27
2.1.7 Subdivision Du Bassin Du Barrage De Tougou En Sous Bassin	28
2.2 Dispositif expérimental et collecte des données	29
2.2.1 Échantillonnage et paramètres utilisés pour évaluer la qualité de l'eau	31
2.2.2 Méthode d'échantillonnage et analyse physico chimique des eaux	31
2.2.3 Dispositif expérimental et collecte des échantillons	31
2.2.4 Analyse des paramètres physico-chimiques	31
2.2.5 Quantité et qualité des échantillons	33
2.2.6 Analyse chimique des eaux	34
2.2.7 Analyse statistiques des données	35
III. RESULTATS ET DISCUSSION	36
3.1 Résultats des enquêtes	36
3.1.1 Résultats d'enquête auprès des cultivateurs	36
3.1.2 Résultats d'enquête auprès des revendeurs	38
3.2 Caractéristique physico-chimiques des eaux collectées	39
3.2.1 Résultats des paramètres physico chimique	39
3.2.2 Les paramètres physiques	41
3.2.3 les métaux lourds	49
IV. CONCLUSION ET PERSPECTIVES	54
4.1 CONCLUSION	54
4.2 PERSPECTIVES	55
4.3 RECOMMANDATIONS	55
SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE	56
Références	56
ANNEXES	62

LISTE DES FIGURES

Figure 1:Comportement des pesticides dans l'environnement (Berrah, 2011)	21
Figure 2:Carte de localisation sous bassin versant du barrage de Tougou	25
Figure 3: différents types de cultures présents dans la zone	28
Figure 4:Subdivision des sous bassins versants barrage de Tougou	29
Figure 5:Répartition des populations enquêtées	30
Figure 6: échantillonnage des eaux pour l'analyseFigure	32
Figure 7:échantillons d'eaux prélevés pour l'analyse	33
Figure 9:Localisation des points de prélèvements des échantillons d'eau	34
Figure 10:emballage de pesticides abandonnés dans une exploitation	38
Figure 11:emballage de pesticides abandonnés dans une exploitation	38
Figure 12:Quelques types de pesticides utilisés dans la zone	39
Figure 13:Evolution du pH dans différents sites de prélèvement	43
Figure 14:Evolution de la température dans les différents sites de prélèvement	44
Figure 15:Evolution de la conductivité dans les différents sites de prélèvement	45
Figure 16:Evolution du nitrate dans les différents sites de prélèvement	46
Figure 17:Evolution du sulfate dans les différents sites de prélèvement	47
Figure 18:Evolution du phosphore dans les différents sites de prélèvement	49
Figure 19: Concentration des métaux lourds sur les différents points de prélèvements	50
Figure 20:pH-mètre WTW 3310	66
Figure 21:pH-mètre WTW 3310	66
Figure 22:Pompe à vide Figure 23: Spectromètre DR3900	67
Figure 24:Spectromètre d'absorption atomique	68

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1:Classification de quelques insecticides organique de synthèse (apiee.org, 2014)	18
Tableau 2:Liste des paramètres analysés et des méthodes appliquées	34
Tableau 3:Caractéristiques physico-chimique des échantillons (moyenne de tous les	
échantillons dans les deux périodes de prélèvement)	40
Tableau 4: Caractéristiques physico-chimique des échantillons pendant la période sans plui	e 41
Tableau 5: Caractéristiques physico-chimique des échantillons pendant la période de pluie.	41
Tableau 6:Caractéristiques des métaux lourds des échantillons pendant les deux temps de	
prelevement	51
Tableau 7: Caractéristiques des métaux lourds des échantillons pendant la période sans plui	ie52
Tableau 8: Caractéristiques des métaux lourds des échantillons pendant la période avec plu	ıie
	52
Tableau 9 : moyenne des échantillons en période non pluvieuse	

INTRODUCTION

CONTEXTE

L'un des objectif de développement durable (ODD) est de mettre un terme à la faim et à la malnutrition sous toutes ses formes d'ici à 2030. Cela n'est possible que si toutes les personnes notamment les enfants et les personnes les plus vulnérables ont accès à une alimentation suffisante en qualité, tout au long de l'année (PNUD 2015). Pour atteindre cet objectif, il est nécessaire d'encourager des pratiques agricoles durables, d'améliorer les moyens d'existence et les capacités des petits paysans, de permettre une égalité d'accès à la terre, aux technologies et aux marchés (PNUD 2015).

Situé en région sahélienne de l'Afrique de l'Ouest, le Burkina Faso est un pays à vocation agropastorale dont l'économie est fortement tributaire de l'agriculture. Les secteurs de l'agriculture et de l'élevage emploient 86% de la population active au Burkina Faso, et fournissent à eux seuls 30% du PIB et 80% des recettes d'exportation nationales (Ganamtore et et Idani 2002). En dépit des nombreux efforts mis en œuvre par le gouvernement afin d'atteindre l'objectif 2 des ODD « Lutter contre la faim » et réduire la pauvreté au Burkina, 40,1% des 16 millions d'habitants vivent toujours en dessous du seuil de pauvreté (EMC 2014). Le gouvernement Burkinabé a accordé une place de premier plan à la sécurité alimentaire dans le Cadre Stratégique de Lutte contre la Pauvreté (CSLP). Ce document de référence traduit la volonté gouvernementale d'éradiquer de façon systématique la pauvreté et de parvenir à un développement humain durable (SNSA 2012). En milieu rural, les stratégies mises en place par les paysans pour atteindre la sécurité alimentaire consistent à accroître leurs productivités agricoles et à développer une économie rurale efficace. La principale source d'alimentation et de revenu qui est l'agriculture est très active au niveau des plans d'eau et dans les plaines inondables à la décrue. Dans le souci d'un bon rendement agricole, les populations utilisent les intrants agricoles dont l'un des effets est la dégradation des composantes environnementales (Dossoumou 2010).

PROBLÉMATIQUE

Pour l'atteinte de l'autosuffisance alimentaire et du développement durable, l'homme a pensé à la mise en œuvre de mécanismes de fertilisation des sols et de protection des végétaux. On est alors arrivé, grâce aux prouesses technologiques, à élaborer des mécanismes chimiques très puissants pour la lutte efficace contre la pauvreté de certains sols et les ravageurs de cultures (Congo 2013). Leur usage a permis d'améliorer les rendements, la diversité des cultures agricoles et de satisfaire la demande nutritionnelle liée à l'accroissement de la population. Ces produits chimiques sont un moyen efficace pour la fertilisation des sols, la protection des cultures et la réduction des dégâts dû aux ravageurs.

Cependant force est de reconnaître que ces produits chimiques ne sont pas sans conséquences néfastes pour l'Homme et l'environnement. En effet, les eaux qui ruissellent sur les terres agricoles transportent d'importantes quantités d'éléments nutritifs qui sont reversés dans les retenues d'eau dont l'une des conséquences est l'eutrophisation des plans d'eau (Soclo.H 2003). L'utilisation non rationnelle des engrais et pesticides et le manque de sensibilisation de la population envers la protection de l'environnement conduisent autant à un déséquilibre de l'écosystème et génèrent des éléments polluants qui peuvent affecter la qualité physico-chimique et biologique des milieux aquatiques récepteurs (Makhoukh, et al. 2011). C'est dans ce sens que l'utilisation non rationnelle des produits chimiques représente de réels dangers : pollution de l'environnement, particulièrement des eaux de surface (Ouattara et al., 2013) et des sols (Sawadogo et al., 2006), ce qui engendre des effets néfastes directs et indirects sur l'environnement et sur l'Homme (Katrijn, Piet et Peter 2007)

Pour ce qui est de l'utilisation de ces produits chimiques, une étude au Burkina Faso a mis en exergue le non-respect des Bonnes Pratiques Agricoles (BPA) par les producteurs (Toe et al., 2004). Plus de 60% des pesticides utilisés dans le maraîchage ne sont pas adaptés, les produits utilisés sont en majorité destinés à la protection du cotonnier (Bassolé et Ouedraogo, 2007), beaucoup d'autres sont interdits d'usage ace (Ouattara et al., 2013). D'un point de vue mondial, près de 115 millions de tonnes d'engrais minéraux azotés sont appliqués chaque année sur les cultures, ces 4,6 millions de tonnes de pesticides chimiques sont pulvérisées dans l'environnement (FAO, Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture 2018). Près de 20 % de ces apports en azote finissent par s'accumuler dans les sols et la biomasse

générant ainsi des problèmes pour l'environnement (FAO, Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture 2018).

Au Burkina Faso, ces maladies et ravageurs des cultures causent des dégâts considérables pouvant engendrer dans certains cas des pertes en production s'élevant à plus de 30% (PAFASP 2014). Le manque de suivi et de formation des agriculteurs donne lieu à l'utilisation de substances variées et en quantité souvent très différentes d'un site à l'autre (Bassolé 2007). Il existe donc un réel besoin d'identification de la nature de ces produits utilisés sur les sites agricoles, de leur mode d'utilisation (doses et fréquences d'application) et de leurs concentrations résiduelles dans l'écosystème afin de pouvoir établir un diagnostic sur la problématique des pesticides et des engrais en zone agricole.

OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

L'objectif général de cette étude est d'analyser les impacts des activités culturales sur la qualité des eaux du barrage de Tougou.

De façon spécifique il s'agira de :

- Identifier les différents types de produits chimiques et leurs modes d'usage pour les pratiques agricoles;
- Faire un état des lieux de l'exposition des populations aux produits phytosanitaires utilisés dans les exploitations agricoles ;
- Réaliser une caractérisation physico-chimique des eaux du barrage de Tougou.

HYPOTHÈSE DE L'ÉTUDE

Afin d'atteindre ces objectifs spécifiques, un certain nombre d'activités doivent être menées :

- Les exploitants agricoles utilisent les produits chimiques comme fertilisant dans les champs.
- L'utilisation des produits phytosanitaires dans les exploitations conduit à une forte exposition des exploitants agricoles
- Les eaux du barrage de Tougou sont polluées par des résidus des produits de traitement des exploitations agricoles.

I. GÉNÉRALITÉS SUR LES PESTICIDES ET LES ENGRAIS

1.1 Les engrais

Les engrais sont des substances, le plus souvent des mélanges d'éléments minéraux, destinés à apporter aux plantes des compléments d'éléments nutritifs de façon à améliorer leur croissance et augmenter le rendement et la qualité des cultures (Karidja YAO 2008). Selon la (FAO, 2003), tout produit contenant au moins 5% ou plus de l'un ou plus des trois principaux éléments nutritifs des plantes (N, P₂O₅, K₂O), fabriquées ou d'origine naturelle, peut être appelé engrais.

1.1.1 Classification des engrais

Selon I COURS 2019 (https://fr.wikipedia.org/wiki/Engrais) il existe trois grands types d'engrais chimiques :

- Les engrais organiques: généralement, leur origine est animale ou végétale ou sous sa forme synthétisée (urée par exemple) et ils sont spécifiquement composés de déchets industriels comme les déchets d'abattoirs (sang desséché, corne torréfiée, déchets des poissons, boues).
- Les engrais minéraux : issus de substances d'origine minérale, ils sont produits soit par l'industrie chimique, soit par l'exploitation de gisement naturel (Phosphate, potasse). Exprimé en azote N, l'apport azoté est apporté soit sous forme de nitrate NO₃, d'ammoniaque NH₄ ou d'urée. Le phosphore est lui exprimé sous la forme P₂O₅ et apporté sous forme de phosphates de calcium ou d'ammonium. Quant au potassium, il est apporté par du chlorure, du nitrate et du sulfate de potassium mais exprimé sous la forme K₂O.
- Les engrais organo-minéraux : Ils proviennent du mélange d'engrais minéral et d'engrais organique. Les matières organiques azotées représentent généralement 25 à 50 % des produits finis. Les autres constituants du fertilisant, sels simples et minéraux, apportant l'Azote (N) le Phosphore (P) et le Potassium (K) sous des formes appropriées, sont dilués dans les matières organiques.

1.1.2 Comportement et devenir des engrais dans l'environnement

Rôles des différents éléments nutritifs de base

• L'Azote (N)

L'azote figure parmi les intrants dont l'utilisation a fortement progressé. Elle constitue, après l'eau, l'un des facteurs limitant le plus important de la production végétale (Recours et al., 1995). L'azote joue aussi un rôle essentiel dans la photosynthèse en permettant la

transformation de la matière minérale de la plante en tissu végétal. Dans le sol, l'azote est sous forme organique ou minérale (ammonium NH_4^+ , nitrate NO_3^-). L'azote organique (résidus des récoltes précédentes, engrais organiques etc.) est transformé par les microorganismes présents dans le sol en nitrates pour être utilisable par les plantes ; c'est la minéralisation. Ce sont essentiellement les nitrates qui assurent la nutrition azotée des plantes. Son cycle dépend des conditions climatiques et de la microbiologie du sol (Okoundé 2006) .

• Le Phosphore (P)

Le phosphore tout en transportant l'énergie à la plante, favorise la croissance générale de celle-ci, notamment du système racinaire et des tiges. Sans le phosphore, pas de photosynthèse, la plante ne peut plus utiliser l'énergie solaire. Elle ne peut plus respirer ni dupliquer son patrimoine génétique. En cas de carence en phosphore, la plante ralentit ou cesse toute croissance à l'extrême jusqu'à la mort. D'où l'importance de l'alimentation phosphorique via les racines. Le phosphore se trouve le plus souvent dans les roches sous des formes totalement inutilisables. Les plantes s'alimentent essentiellement à partir du phosphore, des matières organiques du sol ou des engrais minéraux. (Caroline, et al. 2015).

• Le Potassium (K)

Le potassium permet à la plante d'avoir une croissance équilibrée et renforce la résistance aux maladies et à la sécheresse en limitant la transpiration. Sa carence comme son excès augmente la sensibilité des plantes aux parasites. Il joue aussi un rôle primordial dans la formation et le stockage des sucres au niveau de la plante. Le potassium de la solution du sol est retenu par l'humus ou l'argile ; celui contenu dans les minéraux ne sera libéré que très lentement. Comme pour le phosphore, le cycle du potassium est dépendant des caractéristiques physiques et chimiques du sol (Okoundé 2006).

1.1.3 Impact sur l'environnement

D'après Novotny et Chesters 1981, la pollution diffuse d'origine agricole est essentiellement un problème de nature hydrologique. La pollution issue des épandages agricoles se manifeste surtout après les précipitations. L'eau, agent de transport, ruissèle à la surface du sol, s'infiltre dans le sol et se mélange avec la solution du sol, entraînant vers les drains artificiels et les eaux souterraines des éléments potentiellement polluants. En milieu agricole, l'érosion des sols et le ruissellement des eaux sont les principales causes du transport de matières polluantes vers les eaux de surface. Ils affectent principalement les eaux de surface et souterraines et sont

susceptibles d'altérer les processus du cycle hydrologique. Ce phénomène est essentiellement dû à l'azote (sous forme de nitrate) et au phosphore contenu dans les engrais. Les nitrates représentent le stade final de l'oxydation de l'azote. Naturellement présents dans le milieu, ils attestent d'une bonne autoépuration et constituent une des sources nutritives des végétaux. Aujourd'hui, ils proviennent essentiellement des engrais agricoles et des rejets domestiques (Gaujous D. 1995). La pollution des eaux par les nitrates présente un double risque. En effet, ingérés en trop grande quantité, les nitrates ont des effets toxiques sur la santé humaine. Le phosphore est souvent l'élément qui contrôle la productivité primaire des lacs et des rivières. Lorsque les concentrations en phosphore sont proches des concentrations naturelles, les algues et les plantes aquatiques se développent normalement (Sylvie Blais et al., 2002). Par ailleurs, l'augmentation des concentrations de phosphore et de nitrate, suite à des activités anthropiques comme l'épandage d'engrais, peut entraîner l'eutrophisation des rivières. Ce phénomène d'eutrophisation se traduit par une croissance excessive des plantes aquatiques submergées dans les tronçons où l'intensité lumineuse, essentielle à la photosynthèse, n'est pas amoindrie par une trop forte turbidité (Laflamme, et al. 1997).

La plupart de ces produits touchent également d'autres organismes que ceux visés au départ de manière directe (absorption, ingestion, respiration) ou indirecte (via un autre organisme contaminé, de l'eau polluée...). En outre, l'extension territoriale des activités agricoles, comparées aux autres activités humaines, est telle que leurs impacts prédominent tout au moins dans les phénomènes de dégradation des propriétés du sol, de contamination des ressources en eau des aquifères et d'eutrophisation des milieux aquatiques (Géza, 1990).

1.2 Les pesticides

En fonction des contextes d'utilisation et des réglementations, la définition précise et la classification des pesticides sont diverses (Afsset 2010).

1.2.1 Définition

Les pesticides sont des substances naturelles ou de synthèse capables de contrôler, d'attirer, de repousser, de détruire ou de s'opposer au développement des organismes vivants considérés comme indésirables pour l'agriculture, l'hygiène publique, la santé publique ,les bactéries pathogènes de l' eau détruites par la chloration, la santé vétérinaire, ou les surfaces non-agricoles (Berrah, 2011). Le terme « pesticide » couvre un champ plus vaste et général que les expressions « produit phytosanitaire » ou « produit phytopharmaceutique » car il englobe tous les produits destinés à lutter contre tous les dits nuisibles, ou indésirables (ex :

les champignons qui pourraient attaquer une charpente) et les médicaments vétérinaires destinés à protéger les animaux domestiques, gibiers ou de compagnie (par exemple, le collier antipuces pour chien) (Berrah, 2011). Les pesticides sont présents dans presque tous les milieux de l'environnement y compris les eaux de surface, les eaux souterraines, l'air ambiant, la poussière, le sol, le brouillard, la pluie, et la glace (Berrah, 2011.Les pesticides sont diffusés partout, car les résidus de pesticides ont été trouvés dans plus de 70 % des fruits et légumes, plus de 60 % des échantillons de blé et de 99% pour cent de lait, Ils sont également présents dans les organes de presque tous les adultes et les enfants (Berrah, 2011).

1.2.2 Classification des pesticides

On distingue plusieurs types de classifications dont les plus rencontrées sont faites selon :

L'ennemi ciblé, la nature chimique, le mode d'action, la toxicité et la formulation.

Classification selon l'ennemi ciblé

Selon cette classification, on distingue:

- les Insecticides : produits de lutte contre les insectes ;
- les Acaricides souvent inclus dans les insecticides: produits de lutte contre les acariens;
- les Fongicides: produits contre les maladies fongiques;
- les Herbicides: produits de lutte contre les mauvaises herbes;
- les Nématicides : produits de lutte contre les nématodes,
- les Rodenticides : Taupicides (contre les taupes), les Larvicides (contre les larves).

Classification selon la famille chimique

Selon leurs structures moléculaires et leurs propriétés, les pesticides appartiennent à différentes familles chimiques. Ces propriétés conditionnent, en partie, leur devenir dans l'environnement, mais également leurs propriétés toxicologiques.

Selon leurs natures chimiques, il existe trois catégories de pesticides que sont les pesticides inorganiques (dérivé de minéraux : cuivre, sels, soufre, etc.), les pesticides organométalliques et les pesticides organiques, dont les pesticides organiques naturels et les pesticides organiques de synthèse. Ces derniers (Tableau 1) constituent, de loin, le groupe le plus important et représentent l'essentiel des pesticides utilisés en agriculture (Diop, 2013).

Tableau 1: Classification de quelques insecticides organique de synthèse (apiee.org, 2014)

Natures chimiques	Familles chimiques	Caractéristiques	
	Organochlorés	Neurotoxiques très stable, très persistante et bioaccumulable, classée POP par la Convention de Stockholm du 22 mai 2001. Difficilement dégradables	
Insecticides Organiques De Synthèse	Organophosphorés	Difficilement dégradables Molécule synthétique à dégradation rapide neurotoxique pour les insectes, les animaux et l'homme. Moins établés dans l'environnement ; persistant cependant dans l'eau et bioaccumulables tout au long de la chaîne alimentaire.	
	Carbamates Pyréthrinoïdes	Stables peu solubles dans l'eau et neurotoxiques. Rapidement détruits dans le sol. Toxiques pour les poissons et les abeilles. Stables à la lumière que les pyréthrines	
	Néonicotinoïde	naturelles, neurotoxiques pour les insectes, poissons et abeilles, peu toxiques pour les homéothermes. Pas bioaccumulables. Neurotoxique pour les insectes avec une	
		toxicité inférieure chez les mammifères.	

Classification selon le mode d'action

On distingue des pesticides par contact, des pesticides par inhalation, des pesticides par ingestion et des pesticides systémiques.

Classification selon le degré de toxicité

Une substance est qualifiée de toxique lorsqu'elle cause de façon passagère ou permanente des dommages dans les fonctions et pouvant entrainer même la mort de l'individu après contact, inhalation, ingestion et pénétration dans l'organisme. On distingue la toxicité aigüe de la toxicité subaigüe et de la toxicité chronique. La DLso (dose létale) constitue la valeur standard en toxicologie. Elle désigne la dose de substance active suffisante pour tuer 50% de

la population d'un lot d'animaux d'expérience. Cette valeur est exprimée en milligramme de matière active par kilogramme du poids corporel de l'animal (OMS, 2005).

Classification selon le type de formulation

On distingue des concentrés émulsionnables, des poudres mouillables, des solutions aqueuses et des granulés.

1.2.3 Comportement et devenir des pesticides dans l'environnement

Depuis plus d'un quart de siècle, plusieurs études ont montré que l'utilisation de certains pesticides, provoque de profondes modifications de l'écosystème dans lequel on les introduit (Berrah, 2011). Libérés dans l'environnement les pesticides vont éliminer les organismes contre lesquels ils sont utilisés : des végétaux pour les herbicides, des champignons pour les fongicides et des insectes pour les insecticides. Dès qu'ils ont atteint le sol ou la plante, les pesticides commencent à disparaître : ils sont dégradés ou sont dispersés. En effet, les matières actives peuvent se volatiliser dans l'atmosphère, ruisseler vers les eaux de surface ou être lessivées (infiltration) et atteindre les eaux souterraines, être absorbées par des plantes ou des organismes du sol ou adsorbées par les particules du sol. Le ruissellement emporte en moyenne 2% d'un pesticide appliqué sur le sol, rarement plus de 5 à 10% (Léonard, 1990 ; Schiavon, et al., 1995). Les pertes par lessivage sont généralement moins importantes (Schiavon et al. 1995 ; Taylor et Spencer, 1990). En revanche, on a parfois constaté des pertes par volatilisation de 80 à 90% du produit appliqué, quelques jours après le traitement (Glotfelty, et al. 1984 ; Taylor et Spencer, 1990). Le taux de dégradation des pesticides dans le sol, augmente généralement avec la température et avec la teneur en eau du sol (Walker, 1976).

L'eau peut entraîner la dispersion des pesticides dans le milieu par lavage des feuilles, ruissellement et lixiviation. Le ruissellement contribue à la pollution des eaux de surface tandis que la lixiviation contribue surtout à celle des eaux profondes (Van der, 1997).

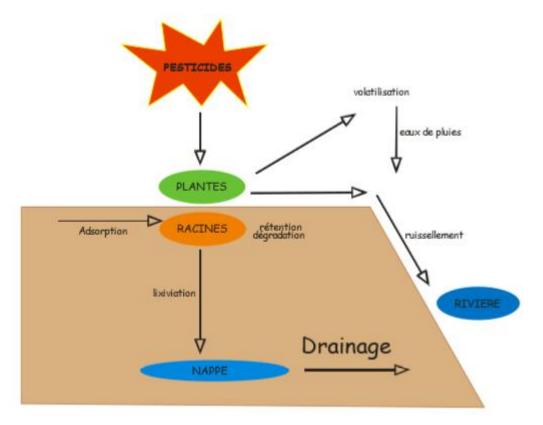


Figure 1:Comportement des pesticides dans l'environnement (Berrah, 2011)

1.2.4 Les facteurs influençant la toxicité et Écotoxicité des pesticides et des engrais:

- La dose.
- Les modalités de l'exposition.
- Le temps pendant lequel la personne est exposée.
- Le degré d'absorption.
- La nature des effets de la matière active et de ses métabolites.
- L'accumulation et la persistance du produit dans l'organisme.
- La "sensibilité" personnelle (antécédents, patrimoine génétique, etc.) (Berrah, 2011).

1.2.5 Écotoxicité des pesticides et des engrais pour la faune aquatique

On note leurs effets nocifs sur la microflore du sol, laquelle est essentielle au maintien de sa fertilité. En effet, les vers de terre sont des agents actifs de la fertilité des sols et forment un maillon important des réseaux trophiques édaphiques. Les pesticides et les engrais les atteignent principalement via l'eau contaminée qui imbibe le sol. Une forte pluie juste après un traitement est dangereuse pour eux (EPPO, 1993). Les oiseaux sont certainement un des éléments les plus appréciés de la faune sauvage. Dès le début des années 50, on a rapporté des mortalités d'oiseaux dans des champs traités au DDT ou avec d'autres produits (Madhun et Freed, 1990).

La pratique, à cette époque, du traitement des graines aux organo-chlorés a tué des quantités d'oiseaux granivores. Quand la dose ingérée est insuffisante pour causer la mort, il peut apparaître des effets sublétaux. Ainsi le DDT affecte les capacités de reproduction (Leblanc, 1995) et peut entraîner la ponte d'œufs à la coquille très mince : c'est là l'effet adverse des pesticides le plus important sur les oiseaux (Hall 1987)

Dans les écosystèmes aquatiques, les poissons situés à des niveaux supérieurs de la chaîne trophique constituent des cibles par excellence de divers polluants. Ainsi, dans un milieu contaminé, les poissons absorbent directement via l'eau, par diffusion au travers des branchies ou de la peau et/ou indirectement à partir de nourriture contaminée plus de polluants qu'ils ne peuvent en éliminer naturellement (Abarnou, et al. 2000). (Pimentel, et al. 1993), estiment qu'entre 1977 et 1987, aux États-Unis, 6 à 14 millions de poissons sont morts, chaque année, à cause des pesticides.

1.2.6 Toxicité des pesticides et des engrais pour l'Homme

En ce qui concerne l'impact de la toxicité des pesticides et des engrais sur l'homme, on note des effets cancérogènes, immunodépresseurs, mutagènes, neurotoxiques et tératogènes (Hayesw, 1991). Elles entraînèrent la transmission de résidus par la chaîne alimentaire, des maladies liées aux matières actives utilisées de façon peu raisonnée et des problèmes de santé pour les agriculteurs et leurs familles.

Les effets négatifs sur la santé des Agriculteurs ont été quantifiés, notamment le dédoublement du risque de maladies pulmonaires, de la peau, de la vue et des anémies (Rola, et Pingali, 1993). La présence de nitrates dans les eaux est considérée comme dangereuse pour les nourrissons de moins de 6 mois. Les nitrates sont à l'origine de méthémoglobinémie ou « maladie bleue » chez les bébés. La faible acidité permet la transformation des nitrates en nitrites qui, se combinant avec l'hémoglobine du sang, rend celle-ci impropre au transport de l'oxygène et bloque donc les échanges gazeux.

De plus, certains auteurs estiment que les fortes teneurs en nitrates (plus de 100 mg/L) pourraient avoir un rôle dans l'hypertension et dans la fabrication par l'estomac des produits dont certains seraient cancérigènes (formation de nitrosamines cancérigènes).

On peut également constater que les nitrites bloquent les échanges respiratoires au niveau du sang et quel que soit l'âge dès que leur teneur dépasse 50 µg/L.

1.2.7 Différents types de pesticides et d'engrais utilisés dans l'agriculture burkinabè :

La quantité de l'engrais utilisée dans l'agriculture burkinabé demeure faible du fait de son caractère encore traditionnel. L'utilisation d'engrais par superficie n'est que de 7kg/ha comparativement à la moyenne mondiale d'environ 85 kg/ha. La filière coton consomme l'essentiel des engrais avec une proportion de 85% pour les engrais de types NKP et 87% sous forme d'urée (Gbikpi, 1996). Ces valeurs bien qu'anciennes n'ont pas évoluées dans le temps. Des études réalisées en 2006 par Okoundé autour du périmètre de Mogtedo ont montré que les coopératives de rizicole et de maraîchère de la région, utilisent des engrais de types NKP14-23-14 et NKPSB14-19-14+6S+1B2O3 et de l'urée à 46% de proportion.

Tout comme l'engrais l'utilisation des pesticides dans l'agriculture demeure faible et 85% sont destinés à la production du coton (Sofitex, 2007). Les plus utilisés dans l'agriculture sont pour la plupart des insecticides et des herbicides. Une étude menée par l'IFDC en 2006 dans certaines localités du Burkina Faso (Ouagadougou, Ouahigouya et Bobo Doualas) sur les produits phytosanitaires utilisés en maraîchage a montré que 60% des pesticides destinés à la protection du cotonnier sont utilisés en maraîchage. 43% de ces produits ne figurent pas sur la liste des produits homologués par le Comité sahélien des pesticides

1.3 Législation et réglementation des pesticides et engrais

Le contrôle des pesticides et engrais sont réglementés par plusieurs textes législatifs et réglementaires au Burkina Faso. Conformément à la réglementation commune aux états membres du CILSS sur l'homologation des pesticides (CILSS, 1999), le Burkina Faso, tout comme les autres pays du CILSS ne disposent pas d'une structure autonome d'homologation des pesticides. Les opérations d'homologation sont assurées par le Comité Sahélien des Pesticides (CSP), secrétariat d'exécution du CILSS. Aucun pesticide ne peut être vendu ni utilisé au Burkina Faso tant qu'il n'est pas autorisé par la CSP (CNCP, 2011). À cet effet, le Burkina Faso a créé en août 2000, une Commission nationale de Contrôle des Pesticides (CNCP) chargée d'appliquer au niveau national les décisions de la CSP à l'issue de ses sessions. Elle est placée sous la tutelle du ministère en charge de l'agriculture. Le CNCP est vraiment devenu fonctionnel qu'en 2007.

Pour ce qui est des engrais, le Burkina Faso dispose depuis 2007 de la loi 026, qui prescrit la qualité des engrais admis dans le pays et qui prévoit des sanctions contre des contrevenants. Le gouvernement a pris des mesures pour non seulement faciliter leur accès aux agriculteurs, mais surtout garantir leur qualité, d'où la création de la Commission nationale de contrôle des engrais

(CONACE), le 28 octobre 2016. Cet organe a vu le jour à la suite de l'adoption du règlement commun relatif au contrôle de qualité des engrais dans l'espace CEDEAO en 2012 à Abidjan par les États membres.

II. MÉTHODE ET MATÉRIEL

2.1 cadre physique et géographique de la zone de l'étude

2.1.1 Situation géographique du sous bassin versant barrage de Tougou

D'une superficie d'environ 450 ha, le sous bassin barrage de Tougou est un sous bassin du bassin versant de Tougou situé dans le village de Tougou, au nord-ouest du Burkina Faso précisément dans la partie Est de la province du Yatenga, département de Namissiguima (figure1). Il est situé sur l'axe Ouahigouya-Titao à 25 km de Ouahigouya. Il est circonscrit entre les coordonnées géographiques 13° 40' 43'' de latitude Nord et 02° 12 47''de longitude Ouest (Makaya, 2010). Il est limité par le sous bassin de kerga au Nord, au Sud parc celui de Tougou, à l'Est par celui de lorum, et à l'ouest pars Karma. La figure 1 donne la localisation du sous bassin barrage de Tougou.

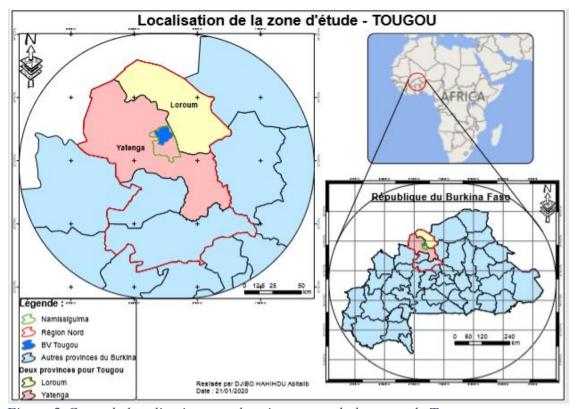


Figure 2: Carte de localisation sous bassin versant du barrage de Tougou

2.1.2 Climat et le réseau hydrographique :

Le climat dans la région de Tougou est de type sahélien, caractérisé par une saison de pluie dominée par la mousson et s'étalant de juin à octobre et une saison sèche, subdivisée en 2 saisons : une saison sèche froide de novembre à février et une saison sèche chaude de mars à mai. La pluviométrie est en moyenne de 650 mm, comprise entre 300 mm et 700 mm (Diello, 2007a; Marchal, 1983; Mounirou et al. 2012). Les températures moyennes mensuelles varient

de 18°C (minimum) à 42°C (maximum). Le réseau hydrographique de Tougou à tendance à évoluer vers un type sahélien et se trouve à l'intérieur de celui du Nakambé. Quant aux écoulements, ils se concentrent dans les talwegs et dépressions selon un réseau de chenaux d'érosion désordonnés (Makaya, 2010).

2.1.3 Relief et couverture géologique du bassin versant de Tougou :

Le bassin versant présente un relief très peu accidenté. On note la présence des collines de faible altitude variant entre 340 et 380 mètres et des vallées. La morphologie présente un glacis d'épandage qui n'est pas bien développé sauf dans sa partie amont (Lawani. 2012). Avec une altitude moyenne estimée à 334 mètres, la géomorphologie du bassin versant de Tougou est une succession de sommets et de reliefs bas reliés entre eux par des zones de transition plus ou moins régulières dans leur forme. Les traces d'érosion sont nombreuses.

Les formations meubles sont constituées par des produits d'altération de sable hydroéolien, d'épandage gravillonné, de cuirasse latéritique et d'altérités argileuses (saprolite, argiles tachetées indurées) dont l'épaisseur peut dépasser 50 mètres. Le substratum rocheux est formé de roches cristallines dont les aires de répartition sont de 91 % pour le granite syntectonique (2,1 milliards d'années, d'aprs Boher et al.,1992), de 8 % pour l'unité volcano-sédimentaire (gabbros, schistes, etc.) et seulement 1 % pour les volcanisés basiques. (Lawani. 2012)

2.1.4 Caractéristiques du sol et de la végétation de Tougou :

Sur le substratum géologique varié, plusieurs catégories de sols se sont formées en rapport avec les autres éléments du milieu physique tels la topographie, le couvert végétal, et l'humidité. Ainsi trois grandes familles de sols peuvent être identifiées dans le bassin (BDOT, 2002; BNDT, 2000)

- Les sols peu évolués (25%) se rencontrent généralement sur les pentes moyennes et inférieures et dans les zones de plaine. Ils sont représentés dans le bassin par les sols peu évolués d'érosion lithique sur les pentes moyennes et les sols peu évolués d'apports alluviaux et colluviaux sur les pentes inférieures.
- ➤ Les sols minéraux bruts (35%) sont représentés par les lithosols. Ce sont des sols superficiels, très peu épais avec un recouvrement gravillonné et occupent les sommets et les versants raides des buttes et les collines.
- Les sols hydromorphes à hydromorphisme temporaire (40%) sont localisés dans les plaines alluviales, les terrasses et dans les dépressions périphériques. (Bunasols, 1992).

La végétation est de type steppe arbustive et arborée sur les interfluves et de type forêt-galerie

dans les bas-fonds. Le couvert végétal est constitué d'une part de savanes parcs arbustives et

arborées à Vitellaria paradoxa...et d'autre part de steppes succulentes sur les versants des

collines et arborées au niveau du bas glacis à Combretum micranthum, Combretum. (BDOT,

2002)

2.1.5 Historique du barrage de Tougou

Le barrage de Tougou a été construit en 1962 pour l'association des éleveurs et producteur de

Sologum, Tougou et Faogodo afin de leur permettre de pratiquer les cultures d'irrigation sur

près de 50 hectares de terre, aussi pour la pisciculture et les activités pastorales (Makaya,

2010).La Surface du plan d'eau à la côte 314,20 = 460 hectares la capacité à cette côte est de 4

264 000 mètre cube. Le barrage présente les caractéristiques suivante (Diabri 2008)

• Année du lever topographique : 1959

• Année de construction : 1962

• Capacité du barrage à la côte 314,20m : 4 264 000 m3

• Surface du plan d'eau à la côte 314,20 : 460 ha

• Longueur barrage et digue : 440m

• Longueur du déversoir : 150 m

• Longueur de la digue en terre : 290m

• Pente talus aval 1/1

• Pente talus amont 1/1

• *Hauteur maximale initiale : 3,20 m*

2.1.6 Agriculture pratiquée dans la Zone

D'une pluviométrie moyenne de 650 millimètre et d'un barrage d'une superficie de 450

hectares l'agriculture pluviale et irriguée sont les deux types d'agricultures pratiquées à

Tougou. La plus pratiquée est l'agriculture pluviale pendant la saison hivernale (juin-

septembre) caractérisée par des moyens d'exploitation archaïques. Cette pratique se fait sans

l'accompagnement de l'État et pour un bon rendement agricole, les agriculteurs utilisent les

engrais organique et minéraux comme fertilisants dans les champs et des pesticides pour la

protection des cultures contre les ravageurs.

Cette agriculture pluviale est orientée en majorité vers la culture des produits céréaliers tels que

le riz, le mil, le sorgho, le haricot et l'arachide destinée principalement à l'auto-consommation.

L'agriculture irriguée, pratiquée après la saison hivernale est orientée vers la pomme de terre et et les produits maraichers : oignon, tomate, concombre, choux, piments.









Figure 3: différents types de cultures présents dans la zone

2.1.7 Subdivision Du Bassin Du Barrage De Tougou En Sous Bassin

Le logiciel Arcview et ses différentes applications ont permis non seulement de localiser et de délimiter le bassin du barrage de Tougou mais aussi de subdiviser celui-ci en 6 sous bassins (Makaya, 2010).

- Le sous bassin de Soulou
- Le sous bassin de kerga
- Le sous bassin de Karma
- ➤ Le sous bassin de Tougou
- ➤ Le sous bassin de Loroum
- Le sous bassin Barrage

Les noms attribués aux différents sous bassins proviennent des localités choisies par l'auteur du travail sauf celui de Loroum qui porte le nom de la deuxième province du bassin. Certains sous bassin (barrage) ne respectent pas totalement les normes d'un bassin versant mais ont été créés pour des raisons pratiques dans le modèle.

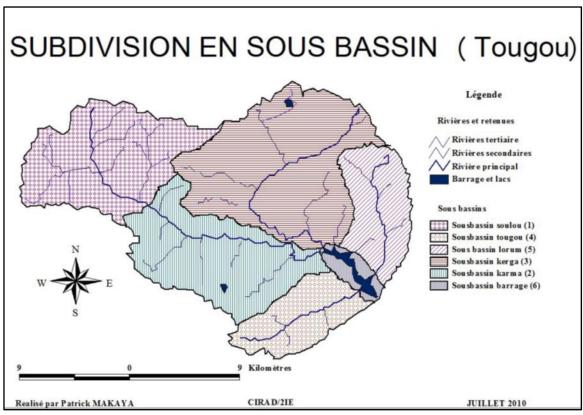


Figure 4: Subdivision des sous bassins versants barrage de Tougou

2.2 Dispositif expérimental et collecte des données

Collecte de données d'enquête

Une enquête a été réalisée auprès d'un échantillon représentatif des producteurs et revendeurs de pesticide et d'engrais dans les alentours du barrage de Tougou. L'enquête a duré 45 jours (Aout-Septembre). L'objectif visé est de collecter les données sur les usages des pesticides et des engrais dans la zone d'étude afin d'analyser les conséquences sur la qualité des eaux du barrage. Aussi, il s'est agi de déterminer leurs pratiques culturales et identifier les différents types de produits chimiques utilisés, de comprendre les connaissances, les attitudes, les pratiques et perceptions des personnes cibles par rapport aux questions posées. Le choix des zones d'enquête a été motivé par la forte présence des populations pratiquant des activités agricoles autour du barrage, précisément autour des points d'entrée d'eau dans le barrage. Ainsi cinq points d'enquête ont été identifiés et nommés (Bvo, Touroyiry, Toumany, Wana et

Nononga). Ces différents sites d'enquête ont été localisés par GPS (Figure 2). Les données ont été collectées par l'approche d'enquête individuelle (Dawson et al, 1993). Sur chaque site, les populations favorables au questionnaire ont été enquêtées sur la base d'entretiens semi-dirigés. Certaines réponses ont fait l'objet de vérification par l'observation directe. Un questionnaire a donc été conçu (annexe4) pour chaque groupe cible :

- pour les producteurs, les questions ont porté sur l'identité de l'enquêtée, les caractéristiques de la parcelle cultivée, les cultures pratiquées, la gestion des ressources en eau, les pesticides utilisés, le mode d'usage des pesticides.
- pour le revendeur, les questions ont porté sur l'identité du revendeur, les sources d'approvisionnement en engrais et en pesticides, les formulations commercialisées, le mode de stockage et de gestion, la connaissance de la réglementation en vigueur au Burkina Faso en matière d'engrais et pesticides, le circuit de commercialisation, la connaissance des bio pesticides.

C'est un total de 51 personnes qui ont été enquêtées, soit 13 sur le site Bvo, 7 sur Toumany, 13 sur Touroyiry, 7 sur Wana, 10 sur Nonnonga et 1 au Marché de Tougou.

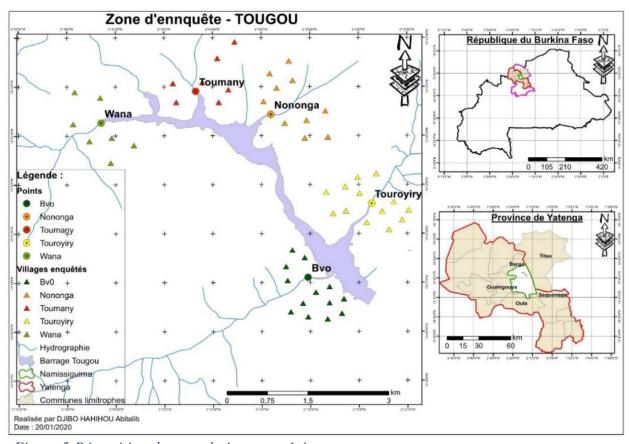


Figure 5: Répartition des populations enquêtées

2.2.1 Échantillonnage et paramètres utilisés pour évaluer la qualité de l'eau

2.2.2 Méthode d'échantillonnage et analyse physico chimique des eaux

Les méthodes de collecte des données de terrain se résument aux observations directes et entretiens sur la base des questionnaires, aux prélèvements d'eaux sur les sites d'étude et aux analyses des échantillons au laboratoire.

2.2.3 Dispositif expérimental et collecte des échantillons

Les échantillons d'eau pour les analyses physico-chimiques ont été collectés aux niveaux des exutoires des différents sous bassin versant identifié sur le terrain et sur le barrage lui-même.

Ainsi dix (10) points de prélèvements ont été choisis : cinq (5) au niveau des exutoires et cinq (5) autres sur le barrage (figure 11).

Les exutoires sont identifiés sur la base de la grandeur de leurs différentes sections. Cinq principaux grands exutoires ont êtes identifiés. Il s'agit du Bvo situé au sud du barrage qui reçoit les eaux de ruissellement des villages aux alentour (Faougoudou, Basnéré, Goulogou), l'exutoire de Touroyiry situé au Nord-Est du barrage de Tougou. Il reçoit les eaux de ruissellement des villages (Goyiri, Pelmotanga). Quant à l'exutoire de Wana, il est situé à l'ouest du barrage et reçoit les eaux des villages comme Laliyiri, Sougourou et Haouréma.

Toumany et Nononga sont situés au nord et reçoivent respectivement l'eau des villages (Lilbouré, Sanayiri) et (Koumani, Siisbanko).

L'échantillonnage aux exutoires a été réalisé pendant les évènements pluvieux. Un échantillon prélevé est référencé par un nom, la date et l'heure du prélèvement. Les prélèvements ont été effectués au milieu de la section d'écoulement pendant les périodes de crue des évènements pluvieux (Maïga, 2014). Les points de prélèvement sur les barrages ont été choisis du fait de la position des cultures avoisinant le barrage. Les autres prélèvements ont aussi été effectués quelques minutes après les évènements du fait de leurs positions très difficiles sous la pluie. Ces points sont : rive droite, rive gauche, barrage, milieux barrage, exutoire.

2.2.4 Analyse des paramètres physico-chimiques

Afin de mieux apprécier l'impact des pratiques culturales sur la qualité des eaux du barrage, des échantillonnages d'eaux ont été effectués pendant la saison des pluies (août-octobre 2019) de la manière suivante :

Les échantillons sont prélevés en plein milieu de chaque exutoire dans la partie ou l'écoulement est important de 15 à 30 centimètres sous la surface de l'eau dans les flacons en polyéthylène de 1 litre préalablement lavés et rincés avec de l'eau distillée. Ils sont par après rincés avec l'échantillon avant de les remplir et ajuster le niveau de liquide.

- Au niveau des aménagements (champs-jardin) situés aux alentours du barrage :
- Des points de prélèvement ont été choisis dans les ruisseaux qui se jettent dans le barrage. Les prélèvements d'échantillon été opérés en temps de pluie de façon ponctuelle, 1 jour après application des engrais et pesticides.
 - Au niveau du barrage, des prélèvements se sont faits en deux temps : un prélèvement en temps de pluie qui a été effectué sur certains points de la partie avoisinant l'aménagement. Et un autre prélèvement sur les mêmes points, mais en temps sec (en temps où il ne pleut pas)

Les échantillons ainsi prélevés ont été transportés dans des glacières au laboratoire pour des analyses.



Figure 6: échantillonnage des eaux pour l'analyseFigure



Figure 7:échantillons d'eaux prélevés pour l'analyse

2.2.5 Quantité et qualité des échantillons

Les flacons pleins d'eau (figure 6) sont très bien fermés excluant la pénétration de l'air pour lutter contre l'évolution des paramètres pendant l'échantillonnage et afin que les résultats analytiques soient en conformité avec le milieu lors de l'échantillonnage, et sont amené à la base de résidence sur le terrain.

Les paramètres physiques sensibles comme la température T, le pH et la conductivité électrique qui peuvent facilement changer lors de l'acheminement, du lieu de prélèvement au laboratoire ont été mesurés in situ sur le terrain sur les échantillons non encore filtrés à l'aide d'un pH-mètre et d'un conductimètre (figure 9 et 11).

Ensuite, avec la pompe à vide, les échantillons sont filtrés à l'aide des filtres GFC 'figure 11) au laboratoire Eaux Hydrosystèmes et Agriculture (LEHSA). Au total, pour la période d'étude, 73 échantillons d'eau ont été analysés.

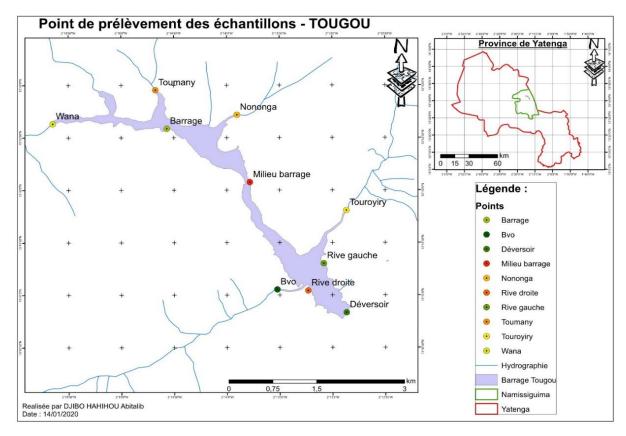


Figure 8:Localisation des points de prélèvements des échantillons d'eau.

2.2.6 Analyse chimique des eaux

Les analyses physiques ont été conduites sur le terrain à Tougou tandis que les analyses chimiques au laboratoire Eaux Hydro-Systèmes et Agriculture (LEHSA) de l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2IE) de Ouagadougou pour analyse. En revanche, les métaux lourds ont été effectués au niveau d'un laboratoire privé conformément aux exigences de la norme ISO.

Les ions sulfates (SO₄²⁻), nitrate (NO₃⁻) et phosphore (PO₄²⁻) sont déterminés par spectrométrie d'absorption moléculaire (direct Reading DR 3900). Le tableau 3.3 résume les caractéristiques des méthodes et équipements utilisés pour les paramètres analysés. En annexe 2 nous avons détaillé les protocoles d'analyse pour chaque ion.

Les autres paramètres ont été de la manière suivante :

Tableau 2:Liste des paramètres analysés et des méthodes appliquées

Paramètres	Matériels	Méthodes

pН	pH-mètre 3310 SET 2	Méthode
		standard(1995)
Température (°C)	pH-mètre 3310 SETS 2	Méthode
		standard(1995)
Conductivité (µS/cm)	Conductimètre 3110 SET 1	Méthode
		standard(1995)
Plomb (Pb)	Spectrophotomètre a absorption atomique	spectrophotométrie
Cadmium (Cd)	Spectrophotomètre a absorption atomique	spectrophotométrie
Manganèse (Mn)	Spectrophotomètre a absorption atomique	spectrophotométrie
SO_4^{2-} (mg/L)	Spectrophotomètre a absorption moléculaire	Méthode HACH
	DR3900	Sulavert 3
NO ₃ -(mg/L)	Spectrophotomètre a absorption moléculaire	Méthode HACH
	DR3900	Nitraver5
PO ₄ ³⁻ (mg/L)	Spectrophotomètre a absorption moléculaire	Méthode HACH
	DR3900	Phosver 3

2.2.7 Analyse statistiques des données

Les données collectées ont été dépouillées sous **Microsoft Office Excel** et **Sphinx plus**², un logiciel libre de dépouillement d'enquête.

Nous avons saisi les réponses des différentes fiches d'enquête sur le logiciel Sphinx Plus ² après y avoir effectué les fiches d'enquête. Ce qui nous permet d'analyser les réponses en fonction des différents paramètres. Ensuite, les données issues ont été transférées sur Excel pour la réalisation des graphiques

III. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 Résultats des enquêtes

L'enquête administrée auprès des cultivateurs a été réalisé afin de déterminer leurs pratiques culturales et identifier les différents types de produits chimiques utilisés dans la zone. Elle s'est déroulée dans les ite différent tout autour du barrage. Il faut relever que sur place seul les propriétaires de parcelle ou à défaut leurs représentants ont été enquêtés. Elle a permis d'obtenir les graphiques (annexe I) après analyse des données de celui-ci.

Ils concernent les caractéristiques sociodémographiques, les caractéristiques sur la ressource en eau, les caractéristiques des parcelles cultivées, les pratiques agricoles, l'usage et la gestion des pesticides et engrais. La répartition des enquêtés par site est présentée dans le tableau 1.

3.1.1 Résultats d'enquête auprès des cultivateurs

Les réponses des 51 cultivateurs enquêtés aux 42 questions de notre questionnaire ont été jugées exploitables. Les enquêtés dans l'ensemble 70% sont de sexe masculin, 76% n'ont pas été inscrit à l'école 96% s'exprime uniquement en langue locale, cela suppose qu'ils ne sont pas capables de lire les modes d'application des intrants agricoles qu'ils utilisent. Quant à l'utilisation de l'engrais et des pesticides dans les cultures elle est de 90% pour l'engrais dont 86% pour l'engrais chimique et 70% pour l'engrais organique et 81.6% pour les pesticides.

Aussi, 76,2% des enquêtés déclarent n'avoir reçu aucune formation quant à l'utilisation des pesticides et engrais. Cette situation est proche de celle décrite par Toé (2007), dans une enquête menée dans la région de l'Est du Burkina Faso, où 100% des producteurs de tomates et pastèques déclarent n'avoir reçu aucune formation.

L'enquête a permis d'identifier les types de traitements appliqués dans la zone d'étude par les cultivateurs. Les plus fréquents concernaient le traitement à l'herbicide dû à la quantité des mauvaises herbes et les traitements aux insecticides du fait des ravageurs de culture. Cette situation corrobore celle décrite de façon générale au Burkina Faso (Toé, 2007; Paré et Toé, 2011). Les formulations de pesticide les plus couramment utilisées sont de types émulsionnants concentrés (EC) car plus pratique à utiliser. Les autres types de formulations (poudres mouillables, solutions aqueuses et des granulés) sont très peu utilisés.

La préparation et l'application de ces produits sont réalisées pour la plupart par le cultivateur responsable de la parcelle 76% des enquêtés. Ces résultats sont superposables à ceux rapportés par Toé (2007), sur l'utilisation des pesticides chimiques en cultures maraîchères et cotonnières

dans la région Est du Burkina Faso où la préparation de la bouillie et les pulvérisations sont presque toujours réalisées par les producteurs responsables eux même des parcelles. L'appareil de traitement cité par l'ensemble des cultivateurs enquêtés 100% est le pulvérisateur à dos à pression (16 Litres). Ce résultat est identique à celui rapporté dans la même étude menée par Toé (2007). Les doses de pesticides et d'engrais appliquées par traitement varient d'un cultivateur à l'autre car selon eux, elle est fonction de la phytopathologie rencontrée sur les cultures.

La fréquence des traitements est de 1 fois pour plus de 50% des cultivateurs et de 2 à 3 fois pour 30% et jusqu'à 4 fois pour 9% des maraîchers. Pour d'autres par contre la fréquence de traitement est fonction de l'apparition de la pathologie ou des ravageurs 11%. Le niveau de protection des cultivateurs enquêtés est très faible dans l'ensemble car ces derniers utilisent des morceaux de pagne au niveau du nez et de la bouche pour éviter la respiration de ces produits et aussi de vieux habits et chaussure non adapté. Pour une bonne protection contre les produits la lecture attentive de l'étiquette du produit renseignera sur les EPI(s) nécessaires et suffisants à porter

- des gants en nitrile,
- > un EPI vestimentaire (combinaison ou ensemble veste + pantalon) certifié selon la norme EN ISO 27065:2017,
- ➤ un tablier à manches longues de protection chimique (PB catégorie III type 3) à porter lors du mélange/chargement et lavage du pulvérisateur,
- des lunettes de protection et masque respiratoire selon les indications figurant sur l'étiquette du produit.



Figure 9:emballage de pesticides abandonnés dans une exploitation



Figure 10:emballage de pesticides abandonnés dans une exploitation

3.1.2 Résultats d'enquête auprès des revendeurs

Cette enquête a porté uniquement sur les revendeurs de pesticides et d'engrais de Tougou principale lieu d'approvisionnement des cultivateurs enquêtés. Sur les 2 revendeurs que comptent ce site, seulement 1 a accepté de répondre à nos questions soit 50% des individus. Il ne dispose pas d'agrément de vendeur (grossiste ou détaillant) comme le prévoit la loi sur les pesticides et engrais au Burkina Faso (CNCP, 2011). Il déclare n'avoir pas reçu une formation quant à la gestion des pesticides, de la part d'une structure de l'Etat. Ce revendeur s'approvisionne uniquement auprès de grossistes de Ouagadougou. Le stockage des pesticides

et engrais chez le revendeur, se fait avec les produits pharmaceutiques, les semences, et les aliments. Les équipements de protection (protège-nez et gants) ne sont pas vendus par le revendeur. Cela confirme le faible niveau de protection des cultivateurs enquêtés. Il confirme aussi n'avoir pas connaissance des pesticides et engrais autorisés à la vente au Burkina Faso. La figure 15 présente un échantillon de pesticides vendus par ce fournisseur à Tougou











Figure 11: Quelques types de pesticides utilisés dans la zone

3.2 Caractéristique physico-chimiques des eaux collectées

3.2.1 Résultats des paramètres physico chimique

Les valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques, pH, Température (T), conductivité électrique (CE), sulfate (SO₄²⁻), nitrate (NO₃⁻) et phosphates PO₄³⁻ ont été mesurées pour les eaux de surface dans le Barrage du sous bassin versant barrage de Tougou et sont présentées dans le (Tableau 3).

Pour mieux apprécier l'impact des activités culturales sur la qualité des eaux du barrage ,73 échantillons d'eau ont été prélevés durant trois mois. (Aout, Septembre et Octobre). Ces

prélèvements ont été effectué en deux temps : en période de pluie et en période où il ne pleut pas. La température moyenne des échantillons collectés est de 28,7°C (Tableau 3) celle obtenue en temps de pluie est comprise entre 29,2 °C et 14°C(Tableau 5) et celle en temps où il ne pleut pas est comprise entre 31,8°C et 14°C (Tableau 4) quant à la conductivité électrique sa valeur moyenne est de 44,5 μS/cm (Tableau 3) et est comprise entre 85 et 13,6 μS/cm (Tableau 5) pour les prélèvements en temps de pluie et entre 60,6 et 27,3 μS/cm (tableau 4) pour les prélèvements où il ne pleut pas. En ce qui concerne les nitrates la valeurs moyenne est de 40.2 mg/L (Tableau 3) et est comprise entre 108,9 mg/L et 8.1 mg/L (tableau 5) pour les prélèvements en temps de pluie et entre 82,7 mg/L et 12,5 mg/L (Tableau) pour les prélèvements où il ne pleut pas. La valeur moyenne de sulfates obtenue est de 9,9 (Tableau 3) ml/L et est comprise entre 18 mg/L et 2 mg/L(Tableau 5) pour les prélèvements en temps de pluie et entre 28mg/L et 2mg/L(Tableau 4) pour les prélèvements où il ne pleut pas et quant au phosphore la valeur moyenne est de 0.54 mg/L (Tableau 3) et pour les prélèvements en temps de pluie ces valeurs sont comprise entre 4,4 mg/L et 0,1 mg/L(Tableau 5) et pour les prélèvements en temps où il ne pleut pas entre 0,37 mg/L et 0,05 mg/L (tableau 4). La moyenne des résultats obtenus pour les eaux en temps de pluie est nettement supérieure à ceux des eaux en temps où il ne pleut pas (Tableau IV et V) contrairement aux valeurs de la conductivité du nitrate et du phosphore ou les maximas ont été observés pour les prélèvements en temps où il ne pleut pas. En comparant les valeurs moyennes avec les normes au Burkina Faso, il ressort que tous les résultats obtenus pour les deux types de prélèvement sont conformes aux normes de rejet. Ces résultats sont conformes à celle d'une études menée sur le barrage de Ziga au Burkina Faso en saisons de pluie et qui fait apparaître que les perturbations physicochimiques restent limitées sur la qualité de ces eaux du barrage (Y.Ouattara, et al. 2012).

Tableau 3: Caractéristiques physico-chimique des échantillons (moyenne de tous les échantillons dans les deux périodes de prélèvement)

Paramètres	n	Min	Max	Moy	ET
pН	73	5,46	6,92	6,44	0,22
T (°C)	73	14	30,5	22,75	13,95
Cond (µS/cm)	73	20,45	72,8	44,56	9,53
Sulfate (SO42-)	73	2	23	9,93	4,06
Nitrate (NO3-) mg/L	73	10,3	95,8	40,18	15,24

Phosphore (PO42-) mg/L	73	0,05	2,59	0,54	0,18
------------------------	----	------	------	------	------

Tableau 4: Caractéristiques physico-chimique des échantillons pendant la période sans pluie

Paramètres	n	Min	Max	Moy	ET
рН	15	6,1	7,04	6,54	0,2
T°C	15	14	31,8	24,84	7,23
$Cond(\mu S/cm)$	15	27,3	60,6	48,74	7,95
Sulfate (SO ₄ ²⁻) mg/L	15	2	28	10,73	4,55
Nitrate (NO ₃ -) mg/L	15	12,5	82,7	40,97	14,9
Phosphore (PO ₄ ²⁻) mg/L	15	0,05	0,77	0,37	0,16

Tableau 5: Caractéristiques physico-chimique des échantillons pendant la période de pluie

Paramètres	n	Min	Max	Moy	ET
рН	58	4,8	6,8	6,3	0,2
T°C	58	14	29,2	20,7	20,7
Cond (µS/cm)	58	13,6	85	40,3	11,1
Sulfate (SO ₄ ²⁻) (mg/L)	58	2	18	9,1	3,6
Nitrate (NO ₃ ⁻) (mg/L)	58	8,1	108,9	39,4	15,6
Phosphore (PO ₄ ²⁻) (mg/L)) 58	0,1	4,4	0,3	0,2

3.2.2 Les paramètres physiques

≻ pH

Le pH détermine l'acidité, l'alcalinité et la neutralité d'une solution. Le pH d'une eau naturelle peut varier de 4 à 10 en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés. La figure 17 montre les valeurs moyennes de pH mesurées dans les différents sites. Les eaux de surface du barrage du sous bassin barrage de Tougou sont légèrement basiques. La valeur moyenne du pH est de 6,4. Le pH moyen est significativement plus élevé pendant la période

sans pluie (pH = 6,5) que pendant la période de pluie (pH = 6,3). Le pH moyen varié de manière significative entre les stations et est comprise respectivement entre 6,2 et 6,6 sur Nonnonga et Rive droite (Figure 13). Cette variation entre les eaux en temps de pluie peut être expliquée par la nature du sol et entre le temps où il ne pleut pas par le phénomène de dilution.

Ces valeurs de pH sont en conformité avec les recommandations de l'OMS sur les eaux de surface. Cependant ces valeurs se rapprochent à celles obtenues par (K.Somé, et al. 2008) qui trouvent des valeurs moyennes de 6,8 à 7,1 pour les eaux de surface au cours de la saison pluvieuse des eaux des réservoirs de Loumbila et de Mogtédo au Burkina Faso. Ces valeurs de pH enregistrées étaient plus faibles si on les compare à celles d'autres études mené par B.tas et al., (2019) et Varol.S (2016) en Turquie. En revanche d'autres auteurs comme (Chapman et Kimstach 1996) et (E.Aguiza, et al. 2014) ont trouvé des valeurs de 6 à 8,5 dans les eaux de surface en Afrique subsaharienne.

Les eaux ont une tendance acide pendant la période de pluie que pendant la période sans pluie. La valeur du pH est comprise respectivement entre 4,8 et 6,8 et entre 6,1 et 7,0 pour la période de pluie et la période sans pluie. Une tendance similaire a été signalée au Congo par (Nienie.AB et al., 2017) avec des valeurs de pH les plus faibles pendant la saison des pluies et les plus élevées pendant la saison sèche. Les valeurs de pH faibles observées pendant la période pluvieuse sont attribuées aux eaux de ruissellement des terres agricoles autour du barrage. Les périodes sans pluie signifient qu'il n'y a pas d'eaux de ruissellement provenant des terres agricoles qui peuvent provoquer une baisse significative du pH des eaux du barrage. En effet, l'ajout d'engrais (généralement des engrais à base d'ammoniac) entraîne la production de protons par le processus de nitrification. D'autre part, comme l'ont démontré certains auteurs, les valeurs de pH les plus basses en période de pluie sont probablement dues aux précipitations et au drainage des lixiviats (Nienie.AB et al., 2017).

En général, la modification du pH de l'eau est liée à la perte du gaz carbonique. Il convient aussi de signaler que la valeur du pH est fonction de la matière organique thermostable dissoute ou non dans l'eau.

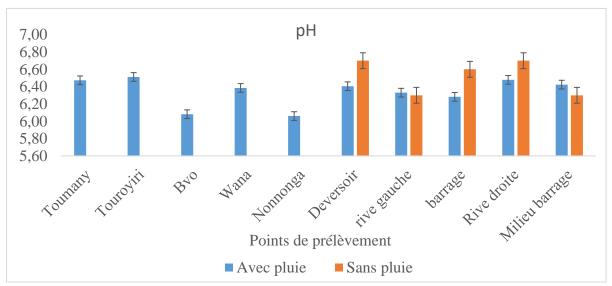


Figure 12:Evolution du pH dans différents sites de prélèvement

> Température

Il est très important de bien connaître et de suivre les températures de l'eau dont dépendent la vie aquatique et les ressources halieutiques. La figure 13 présente la variation spatiotemporelle de la température de l'eau des différents sites étudiés.

La température moyenne de l'eau de surface est de 22°C. Les différences entre les stations n'étaient pas significatives. La température la plus élevée mesurée est de 32 °C et la plus basse de 14 °C. La comparaison des valeurs de la température entre les sites, montre une variation significative entre les stations et sont comprises entre 20,14 et 24,9 respectivement sur les stations de Toumany et de Milieux barrage (Figure 14). Ceci peut être expliqué par la température ambiante du milieu et les périodes de prélèvements. Ces valeurs de températures sont en conformité avec les recommandations de l'OMS sur les eaux de surface. Elle est plus basse en période de pluie qu'en période sans pluie. Cela reflète clairement la baisse des températures pendant les périodes humides par rapport aux périodes sèches. Dans les pays de la sous-région, plusieurs auteurs ont étudié les paramètres physico-chimiques de l'eau de surface. Au Burkina Faso (Lamizana-Diallo 2008) trouvent des valeurs de température qui varie de 27.50°C à 33.50°C au mois de juillet dans le Kadiogo. Une autre étude mené au niveau des eaux de ruissellement du bassin versant de Tougou au Burkina Faso durant la période hivernale s'étalant de juillet à septembre donne une valeur moyenne de température 28°C (Maïga, 2014). La température de l'eau est un facteur important dans l'environnement aquatique du fait qu'elle régit la presque totalité des réactions physiques, chimiques et

biologiques (D.Chapman et V.Kimstach 1996). La moyenne de la température de l'eau des différents sites, est assez significative au cours de cette période, dans un milieu sahélien, est de 29,1°C, ces valeurs restent proche de la température ambiante siégeant dans la zone au cours de cette période (29.1°C).

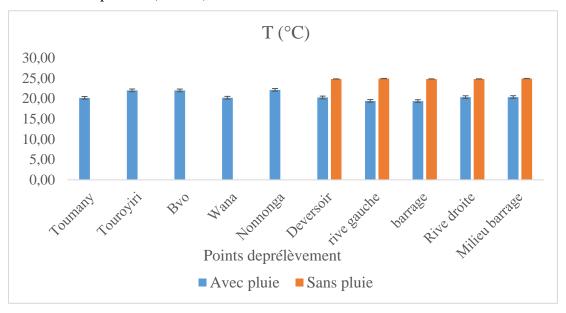


Figure 13:Evolution de la température dans les différents sites de prélèvement

Conductivité

La conductivité électrique mesure la capacité de l'eau à conduire le courant électrique, dans la mesure où la plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement (E.Derwich, et al. 2010); elle s'exprime en micro-Siemens par centimètre, où 2 μ s/cm correspondent à 1 mg de sels dissous par litre d'eau (Rodier, et al. 1996), et varie proportionnellement avec les fluctuations de la température. Sa variation, qui renseigne sur les zones de mélange ou d'infiltration, permet de suivre l'évolution d'une pollution chimique. Les valeurs de conductivité sont significativement différentes d'une station à l'autre (Figure 15). La conductivité moyenne est plus élevée pour les stations situées sur le barrage (44,31 μ S / cm) que pour les stations situées à l'entrée des exutoires (38,75 μ S / cm). Les valeurs de conductivité varient significativement entre les stations et sont comprises entre 27,45 et 52,2 μ s/cm respectivement sur les stations de Nonnonga et de barrage (Figure 14). La conductivité

électrique (CE) a varié de manière significative de 40,27 µS / cm à 48,74 µS / cm en période de pluie et en période sans pluie. Ces valeurs de conductivité sont en conformité avec les normes de l'OMS sur les eaux de surface. La conductivité obtenue dans cette étude est inférieur à celle obtenu dans la cours d'eau Pazarsuyu, qui ont été obtenue des valeurs de conductivité comprise entre 25,70 et 201 µS / cm avec une moyenne de 65,53 µS / cm (T. Y. Ustaoğlu F 2019). Ces valeurs de conductivité durant les deux temps de prélèvement se rapprochent avec celles obtenue pour les eaux de surface au Burkina dans la localité de Mogtédo (K.Somé, et al. 2008). Alors que dans le delta du lac OUEME au Benin, elle se situe entre 60 et 240 µS/cm (Zinsou., et al. 2016). En général, les eaux du sous bassin du Barrage de Tougou ont une faible salinité. Il est connu que les valeurs de conductivité des eaux de surface changent en fonction de la structure géologique et de la quantité de précipitations (Tepe, 2003). Des valeurs de CE élevées indiquent la présence d'une concentration élevée de sels dissous dans l'eau de rivière (Ustaoğlu.F et al., 2019). Les valeurs enregistrées dans la présente étude sont restées beaucoup plus faibles en comparaison avec les autres études. Les valeurs moyennes de conductivité (CE) de la rivière Milet, se situaient respectivement entre 124 et 520 µS / cm en mars et en septembre. Cela indique que l'eau a une qualité différente selon les saisons, comme (Ustaoğlu.F et al., 2019) le suggère pour l'eau du ruisseau.

D'une manière générale les valeurs de conductivité les plus faibles on était observé en temps non pluvieuse.

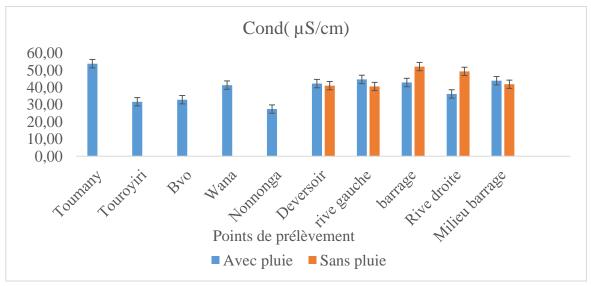


Figure 14:Evolution de la conductivité dans les différents sites de prélèvement

Nitrate

Ils sont naturellement présents dans l'eau, car provenant du cycle naturel de dégradation de l'azote organique. Cependant leurs teneurs peuvent se trouver extrêmement élevées du fait des activités agricoles, de l'élevage ou des rejets d'eaux usées industrielles et domestiques (M.Koné, et al. 2009). Le Nitrate (NO₃⁻) a été l'anion la plus abondante et sa concentration moyenne est de 39,70 mg / L.

Les valeurs de nitrate varient significativement entre les stations et sont comprises entre 21,33 et 56,4 mg/L respectivement sur les stations de Touroyiry et de déversoir (figure16). La différente valeur obtenue montre des concentrations en nitrate plus élevées pendant la période sans pluie que pendant la période pluvieuse en raison de l'effet de dilution par les précipitations. Les concentrations élevées de NO₃-et PO₄³⁻ sont principalement dues aux pratiques d'irrigation, pisciculture, activités pastorale et le ruissellement autour du sous bassin versant barrage de Tougou. Ustaoğlu.F et al., (2019) a signalé que la présence de l'azote dans l'eau est due aux activités agricoles. Ces valeurs de Nitrate sont en conformité avec les recommandations de l'OMS sur les eaux de surface. Une étude mené par (K.Somé, et al. 2008) rapportent également des concentrations en dessous des normes limites admises par l'OMS, résultats de travaux ayant concerné les eaux de surface du bassin du Nakambé au Burkina Faso (avec des teneurs moyennes inférieures à 34 mg/L de NO₃) D'autres auteurs comme (Dianou et al., 2011) et (Fidèle Tapsoba, 2012) ont trouvé des concentration en nitrate plus bas dans le barrage N°3 de Ouagadougou et celui de DEBE respectivement (6,6 mg/l et 9,2 mg/l).

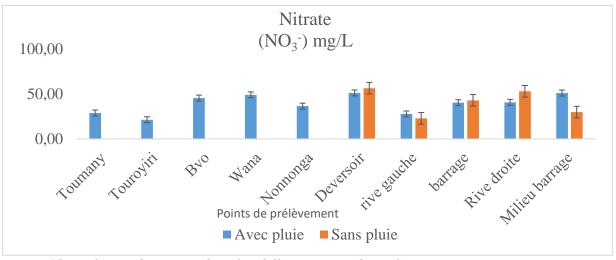


Figure 15:Evolution du nitrate dans les différents sites de prélèvement.

Sulfate

Les sulfates sont très répandus dans les eaux naturelles et proviennent essentiellement de l'érosion, facteur qui constitue le principal agent d'enrichissement des eaux de surface par dissolution du gypse ou bien par oxydation des surfaces des substrats ou de la matière organique des sols. Les apports d'origine agricole peuvent constituer une source en sulfate. (M.Koné, et al. 2009).

La valeur des sulfates dans les eaux de surface varie d'un site à un autre.

Cette diminution peut être due au niveau d'augmentation de la quantité d'eau dans le barrage à cette période.la concentration moyenne des sulfates dans l'eau est de 9,45 mg / L.

Les valeurs de sulfate varient significativement entre les stations et sont comprises entre 6 et 27,7 respectivement sur les stations de milieu barrage et Nonnonga (Figure 17). Ces valeurs de sulfate sont en conformité avec les recommandations de l'OMS sur les eaux de surface. Ces valeurs se rapprochent avec celles obtenues au Burkina Faso par (K.Somé, et al. 2008) au niveau des eaux des réservoirs de Loumbila et de Mogtédo qui relève des teneurs au niveau des eaux de surfaces largement en deçà de la norme admise par l'OMS, qui est de 250 mg/L. Cette différence des valeurs du sulfates d'un site à un autre pourrait provenir de la dilution du à l'eau de pluie, le bassin comportant des roches sédimentaires une dissolution de sulfure n'est pas à écarter aussi. En tenant compte des prélèvements en fonction du temps le constat fait est que la quantité de sulfates croit sur plusieurs points de prélèvements en fonction des deux temps de prélèvements, cela peut être expliqué par la dose d'engrais au fur du temps.

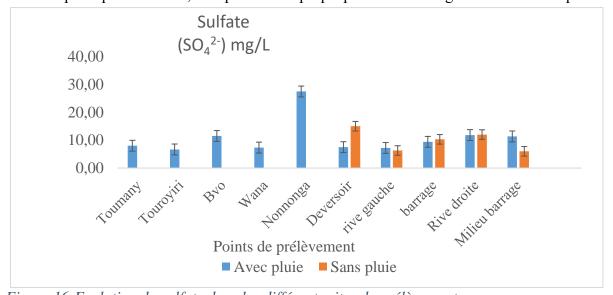


Figure 16:Evolution du sulfate dans les différents sites de prélèvement

> Phosphore

Le phosphore, l'un des nutriments importants de la plante, peut se trouver sous différentes formes oxydées. C'est un élément de base des acides nucléiques ADN et ARN. Il participe à la distribution de l'énergie dans le corps humain (Claude et al, 1998), et représente un élément biogène indispensable à la croissance des algues. Les teneurs élevées de cet élément dans les eaux de surface peuvent entraîner leur eutrophisation. Cependant, ils ont un effet bénéfique en jouant un rôle régulateur : ils favorisent tous les phénomènes de fécondation, la mise à fruit et la maturité des organes végétatifs (Pierre, 2017). L'analyse des résultats montrent une variation de la concentration en phosphates entre les différents sites de prélèvement. Le Phosphate (PO₄³⁻⁾ a été retrouvé en très petites quantités dans l'eau du barrage (0,34 mg/L).Les valeurs du phosphore varient significativement entre les stations et sont comprises entre 0,13 et 0,91 respectivement sur les stations de Touroyiry et de Milieu barrage (Figure 18). Celle peut être expliquée du fait de son rapprochement avec les zones de culture. Ces valeurs de phosphore sont en conformité avec les recommandations de l'OMS sur les eaux de surface.

Ces valeurs de phosphore durant les deux temps de prélèvement se rapprochent avec celles enregistrées pour les eaux de surface au Burkina dans au niveau du barrage N°3 de Ouagadougou qui nous donne des valeurs de phosphore 0.14 mg/l (Fidèle, et al. 2012). Par contre, d'autres études menés dans les eaux des cours d'eau de Ngaoundéré au Cameroun par (E.Aguiza, et al. 2014) donnent des Phosphates élevés allant de 1,73 à 3,09 mg/L. Les teneurs en phosphates sont expliquées par la présence d'une pollution d'origine anthropique (engrais,...). En effet, au cours des observations sur le terrain, les agriculteurs ont expliqué que les déchets animaux ont été parfois étalés dans les Champ. De nombreuses études tel que (Malik RN 2011) et (Hammami J 2005) ont également montré que les NO₃- et PO₄³- dans les eaux de surface sont dues à l'engrais organique ou les eaux de ruissellements agricoles lorsque les engrais sont couramment utilisés. Selon Zacharias, (2002), les concentrations de plus de 0,5 mg / L et 0,02 mg / L respectivement de NO₃- et PO₄³- dans les eaux de surface, indiquent les niveaux de pollution qui peuvent causer l'eutrophisation. Les moyennes valeurs de NO₃- et PO43- dans cette étude ont été plus élevée que la limite suggérée par (Zacharias, 2002). Ce qui

indique un risque d'eutrophisation dans le plan d'eau du barrage de sous bassin versant de Tougo.

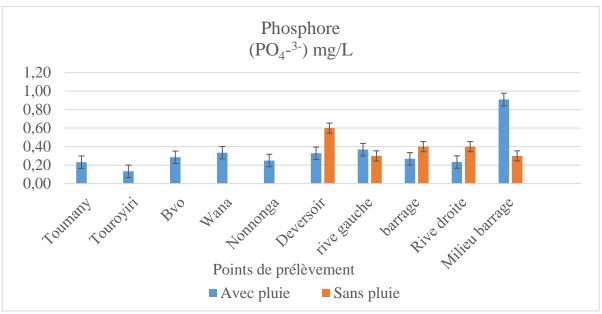


Figure 17:Evolution du phosphore dans les différents sites de prélèvement

3.2.3 les métaux lourds

Les métaux lourds s'avérer toxiques pour diverses formes de vie dès que leur concentration dans l'organisme dépasse un seuil variable qui va dépendre de la nature de l'élément et du tissu de l'organisme considéré. Ils perturbent les écosystèmes, détériorent les sols, les eaux de surface, les forêts et les cultures et s'accumulent dans la chaîne alimentaire (Diana, 2009). Dans le cadre de l'étude trois (3) paramètres essentiels ont été mesuré (figure 19) Ce sont le Magnésium, le Cadmium et le Plomb qui ont été choisis du fait de la composition chimique des différents types de pesticides les plus utilisés dans la zone.

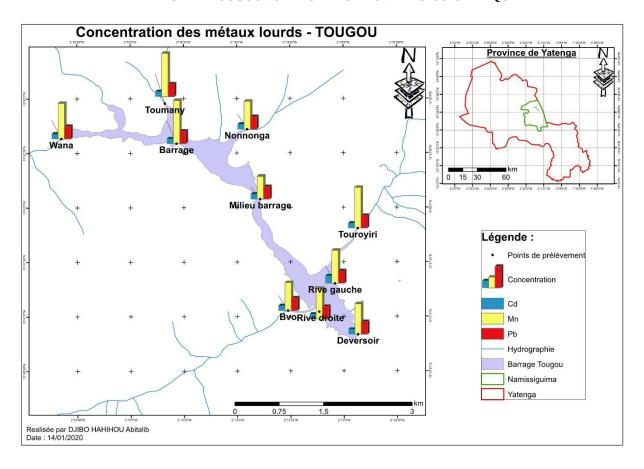


Figure 18: Concentration des métaux lourds sur les différents points de prélèvements

Les eaux de surface dans le sous bassin barrage de Tougou ont des concentrations en métaux lourd faibles. Le Manganèse est le métal le plus abondant dans la surface dans l'eau du barrage (Figure 18). La concentration moyenne de Mn est de $0.012 \, \mathrm{mg/L}$ (Tableau 6). Les concentrations de Mn varient entre respectivement $0.005 \, \mathrm{mg/L}$ Toumany et $0.017 \, \mathrm{mg/L}$ sur Barrage et Milieu Barrage. Cela peut s'expliquer par les activités anthropiques en amont qui a collecté les déchets domestiques et le ruissellement des terres agricoles auxquelles différents engrais et pesticides avaient été appliqués. Les concentrations de Cd, Mn et Pb dans les eaux de surface du sous bassin barrage de Tougou sont beaucoup inférieurs aux normes de l'OMS .Ces valeurs observées sont légèrement plus élevées pour les eaux collectées pendant la période sans pluie par rapport aux eaux prélevées pendant la période avec pluie (Tableau 7 et 8). Notons aussi que ces valeurs varient entre les stations et que les plus petites valeurs sont observées au niveau du site de Toumany (Tableau 7). Ces valeurs obtenues sont dues à un faible taux d'utilisation des pesticides à ce moment pendant la période de l'étude. En effet, l'utilisation des pesticides en grande quantité est faite pendant le maraichage surtout les herbicides pour le traitement des mauvaises herbes poussé pendant l'hivernage. Une étude mené au Mali en zone

rizicole par (Demba, 20017) trouve des valeurs de manganèse, de plomb respectant la norme au Mali contrairement au cadmium. Au Tchad une étude physicochimique menée sur les eaux du fleuve Chari montre la pollution de ces eaux par les métaux lourds (Ngarem, 2010). Ces valeurs diffèrent des nôtres du fait de leurs proximités aux unités textiles, Agroalimentaire, des hôpitaux et des abattoirs ou souvent les rejets se font directement dans la nature.

Ces informations certainement important ne nous permettent pas de conclure sur le risque de consommation de cette eau sur la santé humaine en ce qui concerne les concentrations en, Cd, Mn et de Pb. La concentration de plomb plus faible (0.0005 mg / L) est probablement due en raison de sa faible solubilité dans l'eau (Angel, 2016) et cela suppose qu'il est concentré dans les Sédiments. De nombreuses études (Adam S 2010) et (Biney C 1994) ont montré que les concentrations de plomb dans l'eau sont inférieures aux concentrations mesurées dans les sédiments. Les faibles concentrations de plomb observées dans notre étude peut-être due au fait que le plomb est un élément qui est principalement présent dans les zones industrielles contrairement à l'agriculture dans notre zones étude (Mombeshora C 1983). La présence de Cd dans les eaux de surface est conséquence des rejets d'eaux usées et de l'utilisation d'engrais dans l'agriculture (Bazrafshan E 2015). La faible concentration de cd (0,002 µg / L) dans les eaux de cette l'étude exclut toute possibilité d'eau de surface contaminé par les engrais. Il ne s'agit pas d'un résultat surprenant pour les eaux usées parce que le sous bassin versant barrage de Tougou est dans les zones rurales. Toutefois, le fait que Les concentrations de cd sont plus faibles dans l'eau, peut-être parce que le les engrais utilisés par les agriculteurs ne contiennent pas de Cd.

Tableau 6: Caractéristiques des métaux lourds des échantillons pendant les deux temps de prelevement

Sites	n	Cadmium (Cd) mg/	LManganèse (Mn) mg/l	LPlomb (Pb) mg/L
Barrage	73	<0,002	0,017	<0,005
Déversoir	73	< 0,002	0,012	< 0,005
Milieu barrage	73	< 0,002	0,009	<0,005
Rive droite	73	< 0,002	0,012	< 0,005
Rive gauche	73	< 0,003	0,013	< 0,005
Nonnonga	73	< 0,002	0,011	< 0,005
Bvo	73	< 0,002	0,011	< 0,005
Toumany	73	< 0,002	0,005	< 0,005
Touroyiry	73	< 0,002	0,016	< 0,005
Wana	73	< 0,002	0,014	<0,005

Moyenne 73 < 0,002 0.0123 < 0,005

Tableau 7: Caractéristiques des métaux lourds des échantillons pendant la période sans pluie

0,002		
0,002	0,012	0,005
0,003	0,013	0,005
0,002	0,011	0,005
0,002	0,011	0,005
0,002	0,005	0,005
0,002	0,014	0,005

sites	n	Cadmium (Cd)	Manganèse (Mn)	Plomb (Pb)
sues	n	mg/L	mg/L	mg/L
Rive gauche	15	< 0,002	0,007	< 0,005
Milieu Barrage	15	< 0,002	0,017	< 0,005
Déversoir	15	< 0,002	0,015	< 0,005
Rive Droite	15	< 0,002	0,012	< 0,005
Barrage	15	0,002	0,011	< 0,005
Moyenne	15	< 0,002	0,0124	< 0,005

0,002	0,012	0,005
0,003	0,013	0,005
0,002	0,011	0,005
0,002	0,011	0,005
0,002	0,005	0,005
0,002	0,014	0,005
0,002	0,016	0,005

Tableau 8: Caractéristiques des métaux lourds des échantillons pendant la période avec pluie

Site		Cadmium (Cd) mg/L	Manganèse (Mn) mg/L	Plomb (Pb)mg/L
	n			
Barrage	58	< 0,002	0,017	< 0,005
Déversoir	58	< 0,002	0,012	< 0,005
Milieu barrage	58	< 0,002	0,009	< 0,005
Rive droite	58	< 0,002	0,012	< 0,005
Rive gauche	58	0,003	0,013	< 0,005
Nonnonga	58	< 0,002	0,011	< 0,005

Bvo	58	0,002	0,011	< 0,005
Toumany	58	< 0,002	0,005	< 0,005
Wana	58	< 0,002	0,014	< 0,005
Touroyiry	58	< 0,002	0,016	< 0,005
Moyenne	58	< 0,002	0.012	< 0,005

IV. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

4.1 CONCLUSION

L'eau est un enjeu stratégique mondial, régional et national dont la gestion doit impérativement s'intégrer dans une perspective politique multisectorielle de développement durable au Burkina. L'étude d'impact cultural sur la qualité des eaux consécutives à l'utilisation des pesticides et des engrais autour du barrage de Tougou a permis de mettre en évidence les mauvaises pratiques culturales et le niveau de contamination des eaux. En effet, l'agriculture est pratiquée essentiellement par des producteurs illettrés livrés à eux-mêmes dans cette région. Les dispositions réglementaires en vigueur au Burkina Faso sur la distribution des pesticides et engrais ne sont pas appliquées. L'utilisation incontrôlée des produits phytosanitaires sans précaution constituent des facteurs de risques toxicologiques et environnementaux. Dans le cadre du maraîchage, il est fréquent de rencontrer beaucoup de produits du cotonnier, ce qui est formellement interdit par la loi et, d'après Manoé René, ingénieur agronome et chef de service Pesticides au ministère de l'agriculture, environ 50% des pesticides qui se retrouvent dans le maraîchage ne sont pas homologués. Le plus souvent, les gens préfèrent aller vers la facilité en utilisant les produits qui sont disponibles et moins chers. Dans le cadre de ce document nous avons recensé les principaux pesticides et engrais utilisés par les cultivateurs et ceux vendus par les revendeurs. Les résultats de l'enquête sur la connaissance et l'utilisation des pesticides et engrais autour du barrage sont très préoccupants. L'utilisation et la vente des produits non homologués augmentent aussi le facteur du risque toxicologique et de pollution de l'environnement. Donc il est judicieux de lutter contre l'entrée anarchique de ces produits et leur distribution sur le plan national. Les résultats d'analyse obtenus et les observations dans le bassin, permettent d'affirmer que la qualité actuelle de ces ressources en eau est normale et acceptable. Cependant, cette qualité se détériore de plus en plus et peut devenir mauvaise voire inquiétante. Notons aussi que en considérant les dates de prélèvement les différents paramètres évolue en fonction du temps mais toujours avec des valeurs moyennes faibles. Les différents prélèvements ayant été effectué deux mois avant le début des cultures maraichères, et compte tenu du fait que les premières pluies lessivent les sols et emportent tous les polluants, nous pouvons envisager, pour les nitrates, que les concentrations obtenues sont importantes. Par ailleurs, si aucune action n'est entreprise, on pourrait assister dans un avenir proche à une pollution par les nitrates.

4.2 PERSPECTIVES

Bien que l'étude ait conduit à un faible impact des pratiques culturales sur la qualité des eaux du barrage de Tougou, il n'en demeure pas moins que l'utilisation des pesticides et engrais peuvent devenir une menace pour la santé environnementale en absence de contrôle. C'est pourquoi il importe de renforcer la réglementation existante à travers :

- ➤ La formulation,
- > L'importation,
- > La distribution,
- Le stockage et
- > Leurs utilisations

4.3 RECOMMANDATIONS

Pour améliorer la qualité physicochimique de ces eaux nous recommandons de :

- Mener une campagne de sensibilisation sur les risques liés à l'usage systématique des pesticides (risques de santé, perturbation de la biodiversité etc.);
- La formation adéquate des applicateurs quant aux précautions d'usage des pesticides et aux bonnes pratiques agricoles ;
- L'incitation des applicateurs à s'approvisionner auprès des commerçants agréés et en produits homologués ;
- Effectuer des contrôles sur l'origine et la qualité des produits importés et disponibles sur le marché;
- Encadrer leur usage, dans le respect des bonnes pratiques agricoles et le respect du code de l'environnement;
- Renforcer les capacités des acteurs, notamment la formation sur l'utilisation des pesticides et engrais sur les méthodes alternatives (préparation et usage

de biopesticides, méthodes mécaniques d'élimination des herbe etc...);

SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

Références

- Adam S, Edorh PA, Totin H,. *Pesticides et métaux lourds dans l'eau de boisson*, *les sols et les sédiments de la ceinture cotonnière de Gogounou*, *Kandi et Banikoara* (*Bénin*). Int J Biol Chem Sci. 2010;4(4):1170-1179. French, 2010.
- Adamou, Hassane, Boubacar Ibrahim, Seyni Salack, Rabani Adamou, Safietou Sanfo, et Stefan Liersch. «Physico-chemical and bacteriological quality of groundwater in a rural area of Western Niger: a case study of Bonkoukou.» 2020.
- Afsset. *Portail des bases de données de propriétés des pesticides.*, . Rapport scientifique, Édition scientifique, 68p , 2010.
- Angel BM, Apte SC, Batley GE, Raven MD. *Lead solubility in seawater: An experimental study. Environ Chem.* . 13(3):489-495. doi:10.1071/EN15150, 2016.
- Bassolé, Ouédraogo. «Evaluation de l'efficacité externe de la formation des agriculteurs.» Ouagadougou, 2007.
- Bazrafshan E, Mostafapour FK, Esmaelnejad M, Ebrahimzadeh GR, Mahvi AH. Concentration of heavy metals in surface water and sediments of Chah Nimeh water reservoir in Sistan and Baluchestan province, Iran. ;57(20):9332-9342. doi:10.1080/19443994.2015.1027958, 2015.
- Berrah, Awatef. Etude sur les pesticides. Université de Tébessa Algérie, 2011.
- Biney C, Amuzu AT, Calamari D. Etude des métaux lourds. In: Calamari D, Naeve H, eds. Revue de La Pollution Dans l'environnement Aquatique Africain. 25th ed. FAO. 1994.
- Caroline, ., . Valérie, . olivier, et marc jean. «agriculture nouvelle : l'atelier des curieux de l'agriculture.» 2015.
- Chapman, D., et V. Kimstach. «. Selection of water quality variables. Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring, Chapman.» *edition, 2nd ed. E & FN Spon, London, pp. 59-126.*, 1996.
- Congo, ABDOU KADER. «RISQUES SANITAIRES ASSOCIES A L'UTILISATION DE PESTICIDES AUTOUR DE PETITES RETENUES : cas du barrage de Loumbila MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU.» (Projet d'Amélioration de la Productivité et de la Sécurité Alimentaire (PAPSA)) PLAN DE GESTION DES PESTES ET PESTICIDES (2013): 1.

- D.Chapman, et V.Kimstach. «Selection of water quality variables. Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring.» *Chapman edition, 2nd ed. E & FN Spon, London, pp. 59-126.*, 1996.
- Demba, Coulibaly. Impact des intrants chimiques sur la qualité pysico-chimique des sols, des eaux de surfaces et de prondeur en zone rizicole de l'office du Niger. Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master II. 2017.
- Diabri, Patrice. QUALITE DE L'EAU ET NIVEAU DE COMBLEMENT DU BARRAGE DE TOUGOU (BURKINA FASO) MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLÖME D'INGENIEUR DE L'EQUIPEMENT RURAL. 2008.
- Diana, MALDONADOKaterine LAMPREA. Caractérisation et origine des métaux traces, hydrocarbures aromatiques polycycliques et pesticides. 2009.
- Diop, A. Diagnostic Des Pratiques D'utilisation et Quantification Des Pesticides Dans La Zone Des Niayes de Dakar (Sénégal). . Thèse de Docteur es-Sciences, Université du Littoral Côte d'Opale, 240 p., 2013.
- Dossoumou, J. Implications environnementales de la pression humaine sur les terroirs villageois des communes de Glazoué et Dassa-Zoumè. Mémoire de DEA de Géographie et Gestion de l'environnement. Université d'Abomey-Calavi UAC,, 2010, 92p.
- E.Aguiza, A. Ombolo, M. Benoît, M.Abai, et Ngassoum et Augustin. «Suivi de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux des cours d'eau de Ngaoundéré, au Cameroun.» Afrique SCIENCE 10(4) (2014) 135 145., 2014.
- E.Derwich, L.Benaabidate, A. Zian, O. Sadki, et D. Belghity. «Caractérisation physicochimique des eaux de la nappe alluviale du haut Sebou en aval de sa confluence avec oued Fès.» Larhyss/Journal n° 08, Juin 2010, 2010.
- FAO. « Les engrais et leurs application précis à l'usage des agents de vulgarisation agricole 4e édition. Association International de l'Industrie des engrais, Institut Mondial du phosphate. .» 2003.
- FAO. «Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.» Québec, 2018.
- Fidèle, Tapsoba. Wend-bénédo, et al. «Etude de l'évolution des éléments précurseurs d'eutrophisation des eaux du Barrage n°3 de Ouagadougou, Burkina Faso.» 2012.
- Ganamtore, K., et A. Idani. Environnement et lutte contre la pauvreté. In : Mamadou Amadou : Rapport d'activités 2001-2002 du Club des Amis de l'Environnement EIER-ETSHER. Communication présentée lors de la table Ronde du Club Environnement. Ouagadougou, Burkina Faso: Groupe EIER-ETSHER, 2002, pp. 24-37.
- Gaujous D. «La pollution des milieux aquatiques :.» Aide- mémoire, Paris, France, Technique et Documentation-Lavoisier, 220 P., 1995.
- Géza, JOLANKAI. «Les impacts de l'agriculture sur les ressources en eau et les voies de transfert par leau dans lenvironnement.» association française pour le MURS, 1990.

- H.Haddad, et H.Ghoualem. «Caractérisation physico-chimique des eaux du bassin hydrographique côtier algérois.» Larhyss Journal, n°18, Juin 2014, pp. 155-167., 2014.
- Hall. Impact of pesticides on bird populationsIn: Van Der Werf: Evaluer l'impact des pesticides sur l'environnement. Courr. Environ, Pp. 11-12." Am. Chem. Soc., 1987.
- Hammami J, Brahim M, Gueddari M. Essai d'évaluation de la qualite des eaux de ruissellement du bassin versant de la lagune de Bizerte. Bull l Inst Natl des Sci Technol la Mer. ;32:69-77. http://hdl.handle.net/1834/3747 French. , 2005.
- Hayesw. Dosage and Other Factors Influencing Toxicity. In Van Der Werf: Evaluer l'impact des pesticides sur l'environnement. Courr. Environ, Pp. 11-12., 1991.
- K.Somé, Y., L. Somé, et Millogo R. J. «Pollution agricole des eaux dans le bassin du Nakanbé : cas des réservoirs de Loumbila et de Mogtédo au Burkina Faso.» Sud Sciences et Tehnologies, n° 16, juin 2008, pp. 14-22, 2008.
- Karidja YAO. Impacts des polluants agricoles sur les ressources en eau au Burkina. Quelles mesures préventives. Mémoire pour l'obtention du master spécialisé en WASH, Institut International d'ingénierie de l'eau et de l'environnement (2IE), Ouagadougou, Burkina Faso.72 p, 2008.
- Katrijn, MAH., S. Piet, et AV. Peter. Monitoring and modelling pesticide fate in surface water at the catchment scale. Ecological Modelling, 209:, 2007, 53-64.
- Laflamme, D., et al. «Situation environnementale du bassin de la rivière Boyer, MEF, ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation en collaboration avec Saint-Laurent Vision 2000 et le Groupe d'intervention pour la restauration de la Boyer, 2002 p.» 1997.
- Lamizana-Diallo, M.B,. «Évaluation de la qualité physico-chimique de l'eau d'un cours d'eau temporaire du Burkina Faso -Le cas de Massili dans le Kadiogo.» 2008.
- Lawani., A.MOUNIROU. «Etude du ruissellement et de l'erosion à différentes échelles spatiales sur le bassin versant de Tougou en zone sahélienne du Burkina Faso: Quantification et transposition des données.» 2012.
- M.Koné, Bonou L.1, Bouvet Y. 2, Joly P.2, et KoulidiatyJ. «Etude de la pollution des eaux par les intrants agricoles : cas de cinq zones d'agriculture intensive du Burkina Faso.» 2009.
- Maiga, Stéphanié. «Etude geochimique de leau de ruissellement du bassin versant de Tougou(bassin superieur du Nakanbé)au Nord du Burkina Faso.» 2014.
- Makaya, MUKASI Patrick. «MODELISATION HYDRO-ECONOMIQUE ET POLITIQUE : Interactions dynamiques homme climat- ressources dans le bassin du barrage Tougou MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU MASTER SPECIALISE EN HYDRAULIQUE ET SYSTEMES IRRIGUES.» 2010.

- Makhoukh, M., M. SBAA, A.BERRAHOU, M. VAN, et CLOOSTER. Contribution à l'Etude Physico-chimiques des Eaux Superficielles de l'Oued Moulouya. MAROC ORIENTAL: Larhyss Journa, 2011, 149-169.
- Malik RN, Nadeem M. Spatial and temporal characterization of trace elements and nutrients in the Rawal Lake Reservoir, Pakistan using multivariate analysis techniques. Environ Geochem Health;33(6):525-541. doi:10.1007/s10653-010-9369-8, 2011.
- Mombeshora C, Osibanjo O, Ajayi SO. pollution studies on Nigerian rivers: The onset of lead pollution of surface waters in Ibadan. Environ Int. 1983;9(2):81-84. doi:10.1016/0160-4120(83)90057-0, 1983.
- Ngarem, Nambatingar. Contribution à l'etude analytique des polluants(en particulierde type métaux lours)dans les eaux du fleuve Chari lors de sa traversée de la ville de N'Djamena. 2010.
- Nienie. AB, Sivalingam. P, Laffite. A,. Seasonal variability of water quality by physicochemical indexes and traceable metals in suburban area in Kikwit, Democratic Republic of the Congo. Soil Water Conserv Res. 2017;5:158-165. doi:10.1016/j.iswcr.2017.04.004, 2017.
- Okoundé, T. B. Etude des impacts environnementaux et sanitaires de l'utilisation des engrais et pesticides dans les périmètres irrigués de Mogtédo au Burkina Faso.

 Ouagadougou, Burkina Faso, 81 P.: Mémoire de fin d'études d'ingénieur / EIER,

 Ouagadougou, Burkina Faso, 81 P., 2006.
- Ouattara, Y., I. Guiguemde, F. Diendere, J. Diarra, et A. Bary. Pollution des eaux dans le Bassin du Nakambe: Cas du barrage de ziga. ouaga: International journal of biological and chemical sciences 6 (6): 8034–50., 2013.
- Pierre, Mayer Henri. «Phosphore, azote et prolifération des végétaux aquatiques.» 2017.
- Pimentel, H., P. Acquay, M. Biltonen, M. Rice., et Silva. «. Assessment of environmental and economic impacts of pesticide use. In: Van Der Werf: Evaluer l'impact des pesticides sur l'environnement.» 1993: Courr. Environ, Pp. 11-12.".
- PNUD. (Objectifs du Développement Durable) 2015
- PRESIDENT DU CONSEIL DES MINISTRES. Décret n°2001-185 /PRES/PM/MEE portant fixation des normes de rejets polluants dans l'air,l'eau et le sol. 2001.
- Recous, B.Nicolardot, et J-C.Simon. «le cycle de l'azote dans les sols et la qualité des eaux souterraines.» 1995.
- Rodier, J., Bazin. C, Broutin.J, P. Chambon, et H., P. Champsaur. «L'analyse de l'Eau. 8è édition.» . 8è édition. Dunod : Paris. 1384 pp. 1996., 1996.
- Sawadogo, M., D. Balma, et G. Zombré. «Expression de différents écotypes de gombo (Abelmoschus esculentus (L.)) au déficit hydrique intervenant pendant la boutonnisation et la floraison. BASE, Biotechnologie, Agronomie, Société, Environnement, 10(1).» Ouagadougou, 2006, 43-54.

- Soclo.H. «. Étude de l'impact de l'utilisation des engrais chimiques et des pesticides par les populations riveraines sur les écosystèmes (eaux de surface, substrat des réserves de faune) dans les complexes des aires protégées de la Pendjari et du W.» cotonou, 2003.
- Sofitex. « Document sur la consommation des intrants en campagne agricole 2 P. .» 2007.
- Sylvie Blais, biol, et Michel Patoin. «LE PHOSPHORE EN MILIEU AQUATIQUE DANS LES AGROÉCOSYSTÈMES Direction du suivi de l'état de l'environnement (DSÉE) du ministère de l'Environnement du Québec (MENV).» 2002.
- Taş, B. Tepe, Y. Ustaoğlu, F. Alptekin .S. Benthic algal diversity and water quality evaluation by biological approach of Turnasuyu Creek, NE Turkey. Desalin Water Treat. 155:402-415. doi:10.5004/dwt.2019.24225, 2019.
- Tepe Y, Boyd CE. A reassessment of nitrogen fertilization for sunfish ponds. J World Aquac Soc. ;34(4):505-511. 29, 2003.
- Toe, A.M., M.L. Kinane, S. Kone, et Sanfo-Boyarm E. .Le non respect des bonnes pratiques agricoles dans l'utilisation de l'endosulfan comme insecticide en culture cotonnière au Burkina Faso : quelques conséquences pour la santé humaine et l'environnement. Revue Africaine de Santé et de Productions Animales, 2004, vol. 2, N°3-4,, 2004, 275-280p.
- Ustaoğlu F, Tepe Y, Aydın H, Akbaş A. Investigation of Water Quality and Pollution Level of Lower Melet River, Ordu. Turkey: . Alınteri J Agric Sci. 2017;32(1):69-79. , 2019.
- —. Investigation of Water Quality and Pollution Level of Lower Melet River, Ordu, Turkey. Alinteri J Agric Sci.;32(1):69-79. doi:10.28955/alinterizbd.319403, 2017.
- Ustaoğlu F, Tepe Y, Taş B. th risk in a subtropical Turkey river system: A combined approach using statistical analysis and water quality index. ;113:1-12. doi:10.1016/j.ecolind.2019.105815, 2020.
- Ustaoğlu F, Tepe Y. Water quality and sediment contamination assessment of Pazarsuyu Stream, Turkey using multivariate statistical methods and pollution indicators. Int Soil Water. Conserv Res.; 7(1):47-56. doi:10.1016/j.iswcr.2018.09.001, 2019.
- Van der, Werf. Evaluer l'impact des pesticides sur l'environnement. Courr. Environ 31: 5–22. 1997.
- Varol S, Davraz A. Evaluation of potential human health risk and investigation of drinking water quality in Isparta city center (Turkey). J Water Health. 2016;14(3):471488. doi:10.2166/wh.2015.187, 2016.
- Walker, A. «Simulation of herbicide persistence in soil. I. simazine and prometryne. Pesticide .» Science 7 (1): 41–49. (1976).
- Y.Ouattara, I.Guiguemde, F.Diendere, J.Diarra, et A Bary. «Pollution des eaux dans le bassin du nakambe: Cas du barrage de Ziga.» 2012.
- Zacharias I, Bertachas I, Skoulikidis N, Koussouris T. Greek Lakes. Limnological overview. Lakes Reserv Res Mana. doi:10.1046/j.14401770.2002.00171.x, 2002.

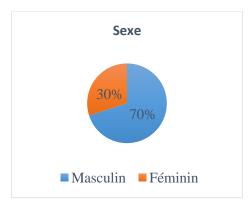
Zinsou., H.léonce, A. Arthur Hermas, G. Pierre, A. Delphine, et L. Philippe. «Caractéristiques physico-chimiques et pollution de l'eau du delta de l'Oueme au Benin.» J. Appl. Biosci. 2016, 97: 9163 – 9173., 2016.

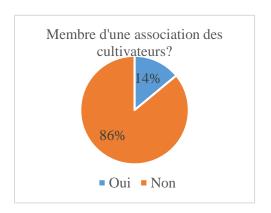
ANNEXES

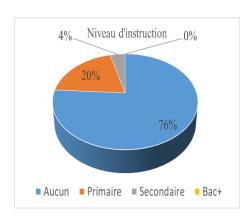
ANNEXE I : RESULTATS D'ENQUETES	63
ANNEXE II : METHODE DE DETERMINATION DES PARAMETRES	66
ANNEXE III : DETERMINATION DES MENTAUX LOURDS	68
ANNEXE IV : LES DIRECTIVES ADMISES PAR OMS	70
ANNEXE V : INFORMATIONS DETAILLEES SUR LES PESTICIDES RECENSENT	
AUPRES DES REVENDEURS ET DES CULIVATEURS	. 71

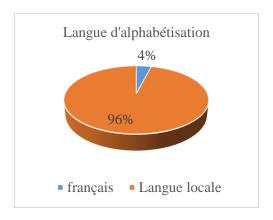
ANNEXE I : RESULTATS D'ENQUETES

Annexe 1.1: Informations sur les cultivateurs enquêtés

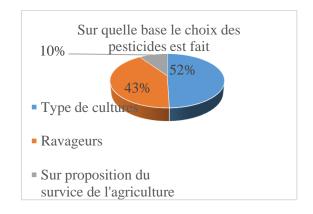


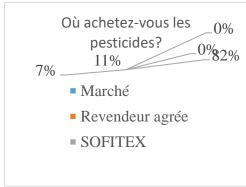






Annexe I.2 : Pratiques agricoles et autres pratiques liées à l'usage des pesticides



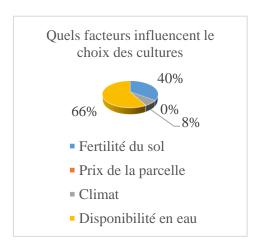


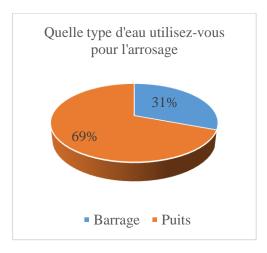




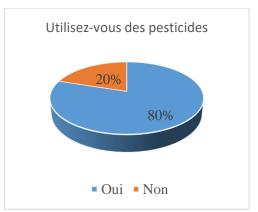




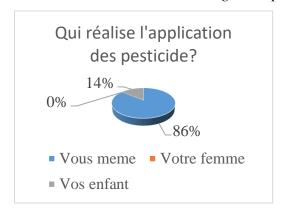


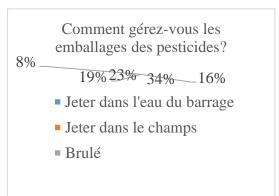




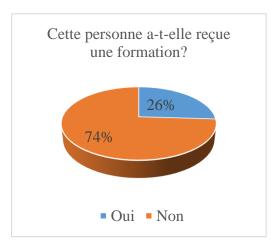


Annexe I.3 Gestion des emballages des pesticides









ANNEXE II : METHODE DE DETERMINATION DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES

Annexes II .1 Détermination du pH, conductivité, température

Ces paramètres ont été mesurés in situ :

- Plonger le pH-mètre et Conductimètre WTW 3310 et WTW 3110 dans les échantillons déjà prélevés (chaque paramètre a été mesuré 3fois).
- Appuyer « AR » puis « ENTER » et attendre jusqu'à stabilisation des valeurs du pH, de la conductivité, de température, puis Relever la valeur du pH de la conductivité, de température,





Figure 19:pH-mètre WTW 3310

Figure 17 : conductimètre WTW 3110

Annexes II .2 Détermination du Nitrate, du Nitrite, de l'Ortho phosphaté et du sulfate par la méthode Spectrophotométrie.

L'appareil utilisé pour la lecture de ces paramètres est le spectrophotomètre HACH DR 3900.

Paramètres	N-NO ₃	SO ₄ ² -	PO ₄ ³⁻
Réactifs	Nitraver	Sulfaver	Phosver
Dilution	1/100e	1/100e	1/100 ^e
Volume d'échantillon	25	10	25
filtré à prélever (ml)			
Volume de réactifs à	25	10	25
introduire (ml)			

Programmes	355	380	490
Temps d'agitation	1	Quelques	Quelques
(minute)		secondes	secondes
		d'agitation	d'agitation
Temps de réaction	5	20	2
(minute)			





Figure 21:Pompe à vide

Figure 22: Spectromètre DR3900

ETUDE D'IMPACT DES ACTIVITES CULTURALES SUR LA QUALITE DES EAUX DU SOUS BASSIN

ANNEXE III : DETERMINATION DES MENTAUX LOURDS

Annexes III.1 : Le spectrophotomètre d'absorption atomique : Perkin Elmer AAnalyst 200 a été utilisé pour l'analyse des métaux lourds dans les échantillons d'eaux.



Figure 23: Spectromètre d'absorption atomique

L'appareil utilisé pour la lecture de ces paramètres est le Spectrophotomètre d'absorption atomique : Perkin Elmer AAnalyst 200

Tableau 9 : moyenne des échantillons en période non pluvieuse

Sites	PH	T (°C)	Cond(Sulfate	Nitrate	Phosphore
d'échantillonnage			μS/cm)	(SO4)	(NO3-)	(PO4)
				mg/L	mg/L	mg/L
Déversoir	6,53	24,80	46,25	15,00	56,37	0,57
Rive gauche	6,26	28,90	40,57	6,33	22,90	0,26
Barrage	6,63	24,77	52,23	10,33	42,87	0,39
Rive droite	6,74	24,83	49,37	12,00	52,87	0,37
Milieu barrage	6,56	24,90	55,27	10,00	29,83	0,28

Tableau 10 : moyenne des échantillons en période de pluie

Sites	PH	T (°C)	Cond(µS/cm)	Sulfate	Nitrate	Phosphore
d'échantillonnage				(SO4)	(NO3-)	(PO4)
				mg/L	mg/L	mg/L
Toumany	6,47	20,15	53,90	8,00	28,80	0,24
Touroyiry	6,51	22,00	31,72	6,67	21,33	0,13
Bvo	6,08	21,98	32,92	11,50	45,43	0,29

Sites	PH	T (°C)	Cond(µS/cm)	Sulfate	Nitrate	Phosphore
d'échantillonnage				(SO4)	(NO3-)	(PO4)
				mg/L	mg/L	mg/L
Wana	6,39	20,18	47,75	9,67	48,98	0,34
Nonnonga	6,06	21,54	27,45	7,83	36,50	0,25
Déversoir	6,41	20,25	42,28	7,50	51,15	0,33
Rive gauche	6,28	19,36	42,92	7,20	27,78	0,37
Barrage	6,33	19,40	44,72	9,40	40,30	0,27
Rive droite	6,48	20,33	36,27	11,83	40,68	0,23
Milieu barrage	6,42	20,35	43,97	11,33	51,02	0,91

ANNEXE IV: LES DIRECTIVES ADMISES PAR OMS

La qualité de l'eau destinée à la consommation humaine doit être conforme aux teneurs suivantes (OMS, 2008) :

Tableau 11: Normes des eaux de consommation.

Paramètre	Concentration maximales admissibles
Paramètres généraux	
pН	6,5-8,5
Ammoniac	1,5 mg/L
DBO5	50 mg/L
Chloride	250 mg/L
Fluorure	1,5 mg/L
Hydrogène sulfuré	0,05 mg/L
Nitrates (NO ₃ ⁻)	50 mg/L
Nitrite (NO ₂ ⁻)	3 mg/L
Sulfate	250 mg/L
Solides total dissous (TDS)	1000 mg/L
Métaux Aluminium	0,2 mg/L
Antimoine	0,005 mg/L
Arsenic	0,01 mg/L
Baryum	0,7 mg/L
Bore	0,5 mg/L
Cadmium	0,003 mg/L
Chrome, total	0,05 mg/L
Cuivre	0,3 mg/L
Fer	1 mg/L
Plomb	0,01 mg/L
Magnésium	150 mg/L
Manganèse	0,5 mg/L
Mercure	0,001 mg/L
Molybdène	0,07 mg/L
Nickel	0,02 mg/L

ANNEXE V : INFORMATIONS DETAILLEES SUR LES PESTICIDES RECENSENT AUPRES DES REVENDEURS ET DES CULIVATEURS

Nom commercial	Matière(s) active(s)	Formulation	Conditionnem	Nature	Année de	Domaine	Firms	Distributeurs
			ent		Pérempti	d'application		
					on			
Pencol	Pendiméthaline	Concentré	Boite 625 ml	Herbicide	2020	Coton ; Sésame	ARYSTA life	SAPHYTO S.A
500 EC	500g/l	Emulsionnab		sélectif			science	BF
		le						
Piol	Extrait naturel de capsuim	Concentré	Boite 500 ml	Herbicide	2018	Choux; tomate;	KANE-EM	GIE BIO
Bio-stimulant, BIO	annum,allium	Emulsionnab		sélectif		haricot;	Accra	PROTEC.BF
contrôle, phytostimilant	satium,azadiractin,mouilla	le				Pomme de terre		
	nt							
Lambda power	Contains 25 g	Concentré	Boite de 100 ml	Insecticide	2021	Choux; piment,	ZHEJIANG	DASIMAH
	Lambda-cyhcilathin	Emulsionnab				haricot;	Chemical I/E	Entreprise
		le				Coton	corp	Kumasi-GHANA
Atrazila 80 Wp	Atrazine 800g/kg	Poudre	Sachet 500 g	Herbicide	2020	Sorgo; Manioc;	_	KUMARK
						Salade		Company
								Kumassi
Glyphader 75	680g/kg glyphosate acideq;	Grain	100 g	Herbicide	2020	Manioc; Sorgo	HANGZHO	MACRO-fertil
	SG						U	GHANA
							Dayoo	
Caïman	Permethrine	Poudre	Sachet 150 g	Insecticide	2020	Tomate	SOLEVO	SOLEVO

Rougep	25g/kg+thirame250g/kg; DS/WS			Fongicide		Choux	France	Mali
Colthio Mix 485 WS	Imidacloprides 350g/kg	Poudre	Sachet 150g	Insecticide	2020	Oignon;	Sofitex	Sapyto.sa
	Thirone 100g/kg			fongicide		Tomate;		Bobo Dioulasso
	Metolaxyl 35g/kg					Choux; pomme		
						de terre		
Cyperox 50 EC	Cyperméthrines 50 g/l	Concentré	Boite de 500 ml	Insecticide	2015	Coton; Choux;	Arysto	Saphyto
		Emulsionnab				Carotte	France	Bobo SA
		le						
Polytrine 10	Contain 10 g Cypermethrin	Liquide	Boite 1 L	Insecticide	2021	Coton; Choux;	Agricole ;	BENTRONIC
	per Other Ingredient					Carotte	Chemical	Productions
							Industrie	Kumasi-Ghana
Herbeytra	720g/l 2,4 D amin Salt	Concentré	Boite 1L	Herbicide	2021	Riz; Canne à	Shenzhen	Kur MARK
		Emulsionnab				sucre; millet;	Chemical	Trading
		le				Sorgo	Industries	
							Co,LTD	
Fulan	Carbofuran 30g/kg	Solide grain	Sachet 1kg	Insecticide	2021	Poivron;	Agricole	Bentronic
						Tomate; Choux	Chemical	Production
							Industrie	Kumasi-GHANA
							Co,LTD	

Alligator	Pemdimethrine 400g/L	Liquide (EC)	Boite de 800 mL	Herbicide	2015	Coton; Sorgho	SCPA SIVEX International (France)	LCD Burkina Faso (ex SCAB)
TITAN 25 EC	Acétamiprid e 25g/L	Concentré Emulsionnab le (EC)	Boite de 400 mL	Insecticide	2019	Riz; tomate; Oignon	Arysta LyfeScience (France)	SOFITEX (Bobo)
KART 500 SP	Cartap 500g/Kg (Néreistoxine)	Poudre soluble (SP)	Sachet de 40 g	Insecticide	2018	Riz; Coton; Sorgho	SCPA SIVEX International (France)	LDC Côte d'Ivoire
SAVAHALE	Méthomyl 250 g/kg	Poudre WP	Sachet de 60 g	Insecticide	2015	Tomate ; Choux ; Piment	SSI (France)	LDC (ex SCAB) Burkina Faso
BENDAZIM 500	Carbendazim 500g/Kg	Poudre Mouillable (WP)	Sachet de 50 g	Fongicide		Oignon; Tomate; Choux; pomme de terre	IPROCHEM Co. Ltd. (China)	AGRI-MAT Ltd. (Ghana)

Conquest C88	Acétamipride 16g/L +	Concentré	Boite de 200	Insecticide	2015	Manioc ;Sorgoh		Callivoire (Côte
1	Cyperméthrine 72g/L	Emulsionnab	mL			, ,	Callivoire	d'Ivoire)
		le (EC)					(Côte	
							d'Ivoire)	
Atraz 80 WP	Atrazine 800g/kg	Poudre	Sachet de 1 kg	Herbicide	2016	Tomate	Agro Star	SARO
						Choux	Industrial	Agrosciences Ltd.
							(China)	(Ghana)
Lambtox 2.5 EC	Lambda Cyhalotrhine	Concentré	Boite de 1litre	Insecticide	2015	Oignon;	YIMIN	Yawwussma
	25g/L	Emulsionnab				Tomate; Choux	(china)	(Ghana)
		le (EC)						

Questionnaire des cultivateurs

Date : / / /	N° fiche :	Localité :	Barrage						
1. <u>IDENTIFICATION DE L'ENQUETE</u>									
1.1. PRENOMS ou Surnoms ://		Age :	Sexe : M						
1.2. Profession principale :	Pro	fession secondaire							
1.3.Membre d'une association de maraichers	: Oui // Non /.								
Si oui laquelle									
Si non, existe-il une association de maraî	chers?								
1.4.Niveau d'instruction : Aucun // Prin	naire // Seconda	aire // Bac et + /	/						
1.5.Langue d'alphabétisation : Français /	./ Langue locale /								
1.6.Depuis quand exercez-vous le maraîchag	e?:								
1.7.Exercez-vous une autre activité que le ma	araichage ?	laquelle ?							

2. Parcelle cultivée

ETUDE D'IMPACT DES ACTIVITES CULTURALES SUR LA QUALITE DES EAUX DU SOUS BASSIN BARRAGE DE TOUGOU : CARACTERISATION PHYSICO-CHIMIQUE 2.1. Distance entre la parcelle et le cours d'eau (en mètre) : 2.2. Depuis quand cultivez-vous cette parcelle ? :..... 2.3. A quelle période cultivez-vous ?..... 2.4. Quels facteurs influencent le choix des cultures ? 2.5. Fertilité du Sol /.... / Prix de la parcelle /.... / Climat /.... / Disponibilité en eau /.... / Autre, précisez 2.6. Utilisez-vous des engrais ? Oui /...../ Non /...../ Si oui Chimique /...../ Organique /...../ 3. Ressources en eau 3.1. A l'aide de quoi arrosez-vous vos cultures ? : Motopompe /.../ seau, arrosoir /.../ Autres

Précisez:
3.2. Changez-vous l'emplacement des cultures en période sèche ? : Oui // Non // Si oui ou allez-
Vous ?:

4. Choix Des Pesticides

4.1. U	tilisez-vous	les pesticides s	? : Oui //	Non //					
4.2.	Depuis	combien	d'années	avez-vous	recours	aux	pesticides	?	:
		ses le choix de		st-il fait ? : Typ	e de cultures	// Rav	ageurs // S	Sur	
Propo	sition du serv	vice de l'agricı	ılture //						
Autre	•								
						••••••		• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	••
4.4. O	ù achetez-vo	ous les pesticid	es ? Marché /	/ Revendeur a	agrée // SC	FITEX /	/ SCAB /	/	
							t // Autres	•	
4.5.Le	•	sticides utilisé	s:						
									••
Obser	vations de l'e	enquêteur :							