



# MEMOIRE DE FIN DE CYCLE

POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER SPECIALISE GIRE  
Option : **GIRE**

**THEME** : Prolifération des plantes aquatiques envahissantes sur le fleuve Niger ; état des lieux de la pollution en azote et en phosphore des eaux du fleuve.



Présenté par : HASSANE YOUNOUSSOU Hamadou

**Encadreurs de terrain :**

**Dr. ADAMOU Rabani** Enseignant/ Chercheur  
Faculté des Sciences Techniques UAM

**Dr. ALHOU Bassirou** Enseignant/ Chercheur  
Ecole Normale Supérieur UAM

**Sous la direction :**

**Pr. Zibo GARBA** Enseignant/ Chercheur  
Université Abdou Moumouni de Niamey

Promotion [2009/2010]

---

Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master spécialisé, Gestion Intégrée des  
Ressources en Eau (GIRE)/ 2iE (ex EIER/ETSHER) Ouagadougou/Promotion 2009-2010.

HASSANE YOUNOUSSOU Hamadou

## Dédicaces

Ce mémoire *de fin de cycle* est dédié :

- ☛ À mes parents pour m'avoir encouragé depuis le jeune âge pour le travail bien fait ;
  
- ☛ À mes frères et sœurs pour le soutien qu'ils m'ont toujours apporté ;
  
- ☛ À mes amis ;
  
- ☛ Et à tous ceux qui œuvrent inlassablement pour une gestion intégrée des ressources en eau.

## REMERCIEMENTS

Au moment où j'achève ce mémoire qui a été réalisé à l'Université Abdou Moumouni de Niamey à la Faculté des Sciences Techniques pour le compte du département de chimie, laboratoire de photochimie analytique et d'écotoxicologie il me tient à cœur de dire merci à Dieu sans qui je n'aurais rien pu faire et d'exprimer ma gratitude à tous ceux, qui d'une manière ou d'une autre, ont contribué à sa réalisation.

☞ J'exprime mon profond respect et toute ma reconnaissance au **Pr. ZIBBO Garba** Enseignant/Chercheur, pour la confiance qu'il m'a témoignée en acceptant personnellement la direction et le suivi de mes travaux.

☞ J'exprime ma profonde reconnaissance à mes encadreurs de terrain: **Dr ADAMOU Rabani** chimiste, enseignant/chercheur à la Faculté des Sciences Techniques, **Dr. ALHOU Bassirou** biologiste enseignant/chercheur à l'Ecole Normale Supérieure de l'Université Abdou Moumouni de Niamey. Nous vous disons merci pour le grand intérêt que vous avez apporté à ce travail mais aussi pour votre présence, votre enthousiasme et votre disponibilité, tout au long de cette recherche. Nous vous disons grand merci pour la patience dont vous avez fait preuve. Ce fut un réel plaisir de travailler sous vos directions. Vos conseils et vos rigueurs ont marqué ce travail.

☞ Je pense également à tout le personnel des différents laboratoires où nous avons effectué nos analyses chimiques pour leur mansuétude et pour tous leurs conseils.

☞ Ma reconnaissance va aussi à l'endroit de toute ma famille qui n'a ménagé aucun effort pour me soutenir tout au long de mes études et en particulier au cours de cette année.

☞ Mes remerciements s'adressent aussi à tous mes camarades de la promotion pour leur soutien dans les travaux de groupe et leur collaboration pendant toute l'année académique.

☞ A tous les membres du jury qui ont daigné laisser leurs multiples occupations pour se donner la peine d'examiner ce travail, je leur suis infiniment reconnaissant. Les critiques et suggestions qu'ils apporteront contribueront certainement à rehausser la valeur scientifique de ce travail.

Je ne saurais terminer sans dire ma reconnaissance à tous mes voisins, ainsi qu'à tous ceux qui de près ou de loin ont participé à la réalisation de ce travail et dont les noms ne figurent pas ici. A tous ces anonymes, je dis un grand merci.

Enfin pour toutes les personnes ci-dessus citées et pour tous les autres que je porte dans mon cœur, je formule la prière suivante : « puisse Dieu, Tout Puissant, Omniscient et Omniprésent, qui a été témoin de tout ce que vous avez fait pour moi, vous accorde une récompense plus grande selon sa volonté. Ameen ».

## Résumé

Le fleuve Niger est long de 4.200 km. Il prend sa source en Guinée et traverse successivement le Mali, le Niger, le Benin et le Nigeria avant de se jeter dans l'océan Atlantique. Ce fleuve contribue à l'approvisionnement en eau et aux besoins alimentaires de plus de 100 millions de personnes. Malheureusement, ce fleuve est fortement menacé ces dernières années par les aléas climatiques et la pollution anthropique.

La dégradation de la qualité de l'eau a été un facteur déterminant de la prolifération anarchique des plantes aquatiques en général et de la jacinthe d'eau en particulier. Cette plante a bouleversée l'écosystème local et semble être une contrainte majeure au développement durable et à l'amélioration des conditions de vie des populations. Il est donc urgent d'agir afin d'éviter tout éventuel catastrophe. C'est dans ce cadre que s'inscrit notre étude « prolifération des plantes aquatiques envahissantes sur le fleuve Niger : état des lieux de la pollution en azote et phosphore des eaux ».

A cet effet, des échantillons d'eau, et de sédiment ont été prélevés au niveau de trois (3) sites identifiées ; savoir TONDIBIA en amont de Niamey, Niamey-abattoir et SAGA en aval de Niamey. Pour se faire un certain nombre de matériel et une méthodologie sur la base des prélèvements sur le terrain et des analyses au laboratoire nous ont permis d'atteindre nos objectifs fixés.

Il n'ya pas de différence significative entre les paramètres étudiés le long des sites retenus. Aussi, il n'existe pas de corrélation significative entre la présence de la jacinthe et la disponibilité des nutriments du milieu. Ce qui peut être du à l'effet de dilution provoquée par les inondations qui eu lieu cette année à Niamey. Globalement la pollution du fleuve Niger n'est trop inquiétante mais des dispositions nécessaires doivent être entreprises pour un futur proche.

**Mots clés :** Prolifération, Plantes aquatiques, fleuve Niger, pollution, Azote, phosphore.

## Summary

The Niger River is 4200 km long. It rises in Guinea and successively through Mali, Niger, Benin and Nigeria before emptying into the Atlantic Ocean. The river contributes to water and food needs of over 100 million people.

Unfortunately, this river is severely threatened in recent years by climatic and anthropogenic pollution. The deteriorating water quality has been a factor in the uncontrolled proliferation of aquatic plants in general and water hyacinth in particular. This plant has upset the local ecosystem and seems to be a major constraint to sustainable development and improving living conditions of populations. It is therefore urgent to act to avoid any possible disaster. It is in this context that our study "proliferation of invasive aquatic plants on the Niger River: an overview of nitrogen and phosphorus pollution of waters." To that end, samples of water and sediment were collected at three (3) sites identified; Namely TONDIBIA upstream of Niamey, Niamey slaughterhouse and SAGA downstream of Niamey. To make a number of equipment and a methodology based on field sampling and laboratory analysis have allowed us to achieve our objectives. There is no significant difference between the parameters studied along the selected sites. Also, it is no significant correlation between the presence of the hyacinth and the availability of nutrients of the medium. This may be due to the dilution effect caused by the floods which occurred this year in Niamey. The overall pollution of the river Niger is too disturbing but necessary steps must be taken to the near future.

**Keywords:** Proliferation, aquatic plants, Niger River, pollution, nitrogen, phosphorus.

## TABLE DES MATIERES

DEDICACE.....	i
REMERCIEMENTS.....	ii
TABLE DES MATIERES.....	iii
LISTE DES FIGURES.....	iv
LISTE DES ANNEXES.....	v
SIGLES ET ABREVIATIONS.....	vi
RESUME.....	vii
<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>i</b>
<b>CHAPITRE I. ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE.....</b>	<b>18</b>
<b>I.1. Problématique.....</b>	<b>18</b>
<b>I.2. CADRE DE L'ETUDE.....</b>	<b>20</b>
<b>I.2.1. Généralités Sur le Bassin du Niger.....</b>	<b>20</b>
<b>I.2.2. Présentation de la zone d'étude.....</b>	<b>21</b>
I.2.2.1. Caractéristiques physiques.....	21
I.2.2.2 La végétation.....	25
<b>I.2.3. Contexte Hydrologique.....</b>	<b>26</b>
I.2.3.1. Débits du fleuve Niger.....	26
I.2.3.2. Hauteurs du fleuve à Niamey.....	27
<b>I.3. TYPOLOGIE DES SOURCES DE POLLUTION AU NIGER.....</b>	<b>28</b>
<b>I.3.1. La pollution industrielle et artisanale.....</b>	<b>28</b>

---

Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master spécialisé, Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE)/ 2iE (ex EIER/ETSHER) Ouagadougou/Promotion 2009-2010.

HASSANE YOUNOUSSOU Hamadou



I.3.1.1. La BRANIGER .....	28
I.3.1.2. ENITEX .....	28
I.3.1.3. Abattoir frigorifique .....	28
I.3.1.4. Industrie de lait (SOLANI, Niger-Lait, Laban) .....	29
I.3.1.5. Tannerie.....	29
<b>I.3.2. La pollution urbaine.....</b>	<b>30</b>
<b>I.3.4. Les mines .....</b>	<b>31</b>
I.3.4.1. L'extraction d'or à petite échelle dans l'ouest du pays .....	31
I.3.4.2. L'usine d'exploitation de l'or dans le sous-bassin de la Rivière Sirba .....	31
<b>I.4. Description de la plante aquatique envahissante sur le Niger .....</b>	<b>31</b>
<b>La Jacinthe d'eau : Eichhornia crassipes .....</b>	<b>31</b>
<b>I.4.1. Systématique .....</b>	<b>31</b>
<b>I.4.2. Historique .....</b>	<b>32</b>
<b>I.4.3. Multiplication et Description de la plante.....</b>	<b>32</b>
<b>I.4.4. Écologie de la plante.....</b>	<b>32</b>
<b>I.4.5. Nuisance exceptionnelle .....</b>	<b>33</b>
<b>I.5. Objectifs de l'étude .....</b>	<b>33</b>
<b>I.5.1. Objectif général .....</b>	<b>33</b>
<b>I.5.2. Objectifs spécifiques.....</b>	<b>33</b>
<b>CHAPITRE II. MATERIEL ET METHODE .....</b>	<b>35</b>
<b>II.1 MATERIEL.....</b>	<b>35</b>

---

Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master spécialisé, Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE)/ 2iE (ex EIER/ETSHER) Ouagadougou/Promotion 2009-2010.

HASSANE YOUNOUSSOU Hamadou

II.1.1. Présentation de la Station d'étude .....	35
II.1.2. Instruments utilisés <i>in situ</i> .....	36
II.1.3. Matériel utilisés au laboratoire .....	36
<b>II.2. METHODOLOGIE.....</b>	<b>37</b>
II.2.1. Choix des sites et points de prélèvement.....	37
II.2.2. Choix des paramètres .....	38
II.2.3. Collecte des échantillons ou échantillonnage.....	38
II.2.4. Evaluation de la densité de la jacinthe d'eau au m <sup>2</sup> .....	39
II.2.5. Méthode de détermination des caractéristiques chimiques .....	40
II.2.5.1. Méthodes spectrophotométriques .....	40
II.2.5.2. Méthode de digestion par réacteur.....	41
II.2.6. Traitement des données .....	41
<b>CHAPITRE III RESULTATS-DISCUSSIONS .....</b>	<b>42</b>
<b>III.1. RESULTATS.....</b>	<b>42</b>
III.1.1. Densité de jacinthe au m <sup>2</sup> sur le fleuve .....	42
III.1.2. Etude des teneurs en azote et en phosphore de la jacinthe d'eau .....	43
III.1.2.1. Teneurs en azote .....	43
III.1.2.2. Teneur en phosphore de la Jacinthe d'eau .....	43
III.1.3. Etat des lieux de la disponibilité en nutriments fondamentaux dans l'eau et les sédiments .....	44
III.1.3.1. Etat des lieux de la disponibilité en nutriments de la jacinthe des eaux	44

III.1.3.2. Etat des lieux de la disponibilité en nutriments de la jacinthe des sédiments .....	44
III.1.4. Etat de la pollution anthropique globale du fleuve Niger.....	45
III.1.4.1. Les paramètres physico-chimiques .....	45
III.1.4.2. Paramètres de pollution organique.....	48
III.1.4.3. Paramètres azotés et phosphatés.....	49
III.2. DISCUSSION .....	51
CHAPITRE IV RECOMMANDATIONS POUR UNE LUTTE EFFICACE .....	56
IV.1. La réduction des apports d'origine domestique .....	56
IV.1.1. Traitement de l'azote dans les eaux usées urbaines .....	56
IV.1.2. Réduction du phosphore dans les eaux usées urbaines .....	57
IV.2. La réduction des apports d'origine agricole .....	58
IV.2.1. La fertilisation des sols .....	58
IV.2.2. La pollution liée à l'élevage .....	58
Conclusion et Perspectives.....	58
Références Bibliographiques .....	60

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1 :</b> Bassin du fleuve Niger.....	6
<b>Figure 2 :</b> Localisation de la zone d'étude à l'Ouest du Niger.....	7
<b>Figure 3 :</b> Valeurs moyennes annuelles des précipitations de Niamey-aéroport.....	8
<b>Figure 4:</b> Débits mensuels du fleuve Niger à Niamey.....	12
<b>Figure 5:</b> Sites retenus pour les prélèvements.....	20
<b>Figure 6:</b> Densité de pieds de Jacinthe au m <sup>2</sup> par sites.....	27
<b>Figure 7 :</b> Teneur en azote et en phosphore de la Jacinthe d'eau par site.....	28
<b>Figure 8 :</b> demande/offre azote et phosphore et la densité de pied de jacinthe au m <sup>2</sup> .....	29
<b>Figure 9 :</b> valeurs moyennes de l'azote total et du phosphore total et la prolifération de la jacinthe d'eau.....	30
<b>Figure 10 :</b> Evolution des valeurs moyennes de la température et du pH par site.....	31
<b>Figure 11:</b> Evolution des teneurs en suspension par site de prélèvement.....	32
<b>Figure 12:</b> Evolution des valeur de la conductivité par site.....	33
<b>Figure 13:</b> Variation de la DCO en fonction des sites de prélèvement.....	33
<b>Figure 14:</b> Teneurs en oxygène dissout en fonction des sites retenus.....	34
<b>Figure 15:</b> Evolution des concentrations en composés azotés par site.....	35
<b>Figure 16 :</b> Concentration des composés phosphorés par site.....	36

## LISTE DES PHOTOS

<b>Photo 1 :</b> point de rejet dans le fleuve Niger de l'abattoir.....	14
<b>Photo 2 :</b> rejets de la tannerie.....	15
<b>Photo 3 :</b> rejets urbains à Niamey.....	16

## LISTES DES ANNEXES

<b>Annexe 1</b> : Concentration des éléments dans le végétal (demande), dans une eau naturelle (offre) et rapport demande/offre.....	a
<b>Annexe 2</b> : Caractéristiques physico-chimiques des eaux du fleuve Niger.....	b
<b>Annexe 3</b> : Projet de normes nigériennes de rejet de déchets liquides.....	c
<b>Annexe 4</b> : Densité des pieds de jacinthe au m <sup>2</sup> per site.....	d
<b>Annexe 5</b> : Formule pour le calcul de la demande/offre en azote et en Phosphore.....	e
<b>Annexe 6</b> : Identité du souteneur.....	f

## SIGLES ET ABREVIATIONS

**ABN** : Autorité du Bassin du Niger

**RGP/H** : Recensement Général de la Population et de l'Habitat

**JICA** : Agence Japonaise de la Coopération Internationale

**pH** : Potentiel d'Hydrogène

**FIT** : Front Inter Tropical

**ETP** : Evapotranspiration

**DMN** : Direction de la Météorologie Nationale

**SEEN** : Société d'Exploitation des Eaux du Niger

**BRANIGER** : Société des Brasseries du Niger

**SOLANI** : Société Laitier du Niger

**TON-G** : TONDIBIA rive gauche

**TON-D** : TONDIBIA rive droite

**TON-M** : TONDIBIA milieu du fleuve

**NY-G** : Niamey rive gauche

**NY-M** : Niamey milieu du fleuve

**NY-D** : Niamey rive droite

**CUN** : Communauté Urbaine de Niamey

**DCO** : Demande Chimique en Oxygène

**P<sub>Tot</sub>** : Phosphore total

**UAM** : Université Abdou Moumouni de Niamey

**MS**: Matières en suspension



## INTRODUCTION

Le fleuve Niger est long de 4.200 km Il prend sa source en Guinée et traverse successivement le Mali, le Niger, le Benin et le Nigeria avant de se jeter dans l’océan Atlantique. Son bassin est partagé par neuf pays: Bénin, Burkina Faso, Cameroun, Côte d’Ivoire, Guinée, Mali, Niger, Nigéria et Tchad. Ce fleuve contribue à l’approvisionnement en eau et aux besoins alimentaires de plus de 100 millions de personnes.

L’Etat du Niger est recouvert à 75 % par le désert du Sahara. Le fleuve est le seul grand cours d’eau du Niger (ABN, 2002). Il traverse le pays sur 550 km et relie les zones humides du sud aux régions désertiques du nord. La population nigérienne vivant sur le bassin du fleuve est estimée à 8,3 million (RGP/H-2001) soit plus de la moitié de la population totale du pays. Le fleuve Niger constitue donc une grande richesse pour le Niger et les autres pays riverains.

Ces dernières années, le fleuve Niger est fortement menacé par les aléas climatiques, la pression démographique et la pollution anthropique. Cela compromettra la durabilité de la ressource tant sur le plan qualitatif que quantitatif. La quantité d’ordure ménagère que reçoit le fleuve, quotidiennement est estimée à 273750 tonnes (ALHOU et al., 2009). Il reçoit aussi des quantités importantes d’eaux usées que produisent les grandes agglomérations riveraines (ABN, 2002). La diversité et la multiplicité des sources de pollution (KERIM, M., 2006) et la prévalence des maladies d’origine hydrique, deviennent de plus en plus préoccupantes (KOTSCHOUBEY, N. & KONÉ, A. 2005). La situation actuelle va au de-là des prévisions les plus pessimistes. Le fleuve est pollué. Le rejet d’eaux usées s’est amplifié. Des habitudes malsaines comme le lessivage dans le fleuve se sont développées. Aucune police des eaux n’est fonctionnelle, aucun règlement n’est applicable. Même les méthodes ancestrales de gestion de l’eau qui avaient leur cohérence environnementale ont été oubliées.

Le développement accéléré de nos centres urbains, l’implantation anarchique des unités industrielles et la mauvaise politique environnementale des états du bassin du Niger sont en grande partie à la base de l’aggravation du phénomène de dégradation de l’environnement du bassin du Niger (OUSMANE, B., 2000).

Pour répondre efficacement à cette pollution, des mesures importantes de surveillance et de protection des cours d’eau doivent être prises. Dans le bassin du Niger, les données



concernant la qualité des eaux et les caractéristiques de sources de pollution sont rares. De même, les interventions à des fins d'amélioration de la qualité des eaux ne sont pas toujours effectuées (ALHOU, 2007). A titre d'exemple, les villes riveraines du Niger ne disposent pas de station publique d'épuration des eaux usées. La seule station pilote de la JICA (Agence Japonaise de la Coopération Internationale) a été longtemps abandonnée. Les rares établissements qui traitent de manière privée leurs eaux usées avant de les rejeter dans le fleuve Niger ne respectent pas très souvent les normes nationales en la matière (ALHOU, 2007).

La dégradation de la qualité de l'eau a été un facteur déterminant de la prolifération anarchique des plantes aquatiques en général et de la jacinthe d'eau en particulier. Cette plante a bouleversée l'écosystème local et semble être une contrainte majeure au développement durable et à l'amélioration des conditions de vie des populations.

De nombreuses actions ont été menées souvent avec l'appui de la communauté internationale et des ONG pour débarrasser le fleuve de cette plante colonisatrice nuisible. Cependant, ces actions souvent spontanées et brèves n'ont pas permis l'éradication complète du fléau par faute d'analyse objective du phénomène. A travers la présente étude, nous comptons faire d'une part l'analyse de la cause profonde de la prolifération de la jacinthe d'eau et d'autre part d'attirer davantage l'attention des décideurs sur le véritable danger que constitue cette plante sur le fleuve Niger. Pour mener à bien cette étude, nous avons :

- réalisé des analyses physico-chimiques de l'eau et des sédiments du fleuve afin de déterminer l'apport anthropique et les réserves du fleuve en nutriments indispensables à la synthèse tissulaire de la jacinthe d'eau ;
- déterminé certains paramètres majeurs et globaux de la pollution des eaux du Niger dans le but de mieux proposer aux décideurs les mesures de protection efficace et de traitement convenable du mal.

## CHAPITRE I. ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Ce chapitre traite de la revue de la littérature sur: la zone d'étude, le fleuve Niger, la typologie des sources de pollution, les plantes aquatiques, la relation entre la disponibilité en nutriments et la prolifération des plantes aquatiques, etc.

### I.1. Problématique

Le fleuve Niger est le troisième grand fleuve de l'Afrique après le Nil et le Congo. Malheureusement, les activités humaines mettent en danger les eaux du fleuve. Aux impacts de dégradation attribuables aux changements climatiques s'ajoutent la pollution des eaux et la prolifération des plantes aquatiques attribuables aux activités des populations de son bassin.

Les eaux du Niger sont menacées par une prolifération de la jacinthe d'eau, une plante aquatique considérée comme la plus envahissante au monde. Si l'on n'y prend pas garde, la qualité des eaux et l'équilibre des organismes qui y vivent seront perturbés durablement. En effet, la prolifération des plantes aquatiques induira une multiplication des cyanobactéries présentes dans l'eau qui provoqueront à leur tour la disparition des autres espèces algales et de l'oxygène dissout ainsi que la minéralisation de la matière organique. Cela entraînera d'une part la dégradation de la qualité de l'eau par l'eutrophisation du cours d'eau et d'autre part la disparition des poissons et des autres espèces aquatiques par la réduction de leurs habitats et par le manque d'oxygène dissout. Ce qui pourrait influencer durablement sur la biodiversité des lieux et l'approvisionnement en eau potable des populations riveraines.

Dans les conditions environnementales adéquates (température, ensoleillement, pH, etc.), la prolifération des plantes aquatiques dépend de la biodisponibilité des nutriments essentiels à leurs croissances. Les plantes aquatiques flottantes puisent directement leurs nutriments de l'eau et celles enracinées des sédiments. C'est à partir des nutriments puisés que ces plantes synthétisent leurs tissus. La composition moyenne d'un végétal aquatique (algues et plantes aquatiques) montre que les constituants tissulaires majeurs sont l'oxygène (80.5%, m/m), l'hydrogène (9.7%, m/m), le carbone (6.5%, m/m) et le silicium (1.3%, m/m) (BARROIN G., 2000). A côté de ces constituants majeurs, il existe une quinzaine d'éléments à faible teneur ( $0,000002\% \leq \text{teneur} < 1\%$ ) qui sont très déterminants à la synthèse tissulaire

---

Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master spécialisé, Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE)/ 2iE (ex EIER/ETSHER) Ouagadougou/Promotion 2009-2010.

HASSANE YOUNOUSSOU Hamadou

(BARROIN G., 2000). Au delà de la demande en nutriments des plantes aquatiques, c'est la disponibilité des nutriments dans les cours d'eau (offre) qui conditionne la synthèse de nouveaux tissus.

Ainsi, la prolifération des algues et plantes aquatiques dans les cours d'eau dépend prioritairement de la teneur de l'élément pour lequel le besoin tissulaire (Demande) est la plus forte par rapport à la disponibilité dans le milieu (Offre). Cet élément est considéré comme l'élément-limitant de la prolifération (Voir tableau en annexe 1 d'après BARROIN G. 2000).

La cause de la prolifération des plantes aquatiques dans nos cours d'eau est donc d'origine anthropique.

Pour solutionner ce problème, l'arrachage des plantes aquatiques couramment organisé par les populations riveraines et les autorités n'est donc pas la solution idoine. Cette pratique est d'une part inutile car elle n'empêche pas une future repousse des plantes et d'autre part elle est néfaste pour l'écosystème car elle provoque une croissance accrue des algues et facilite la dispersion des espèces envahissantes. Pour traiter efficacement et durablement la question de la prolifération de la jacinthe d'eau sur le fleuve Niger, il importe de régler le problème à la source en réduisant l'apport anthropique de l'élément-limitant (phosphore). Pour cela, il sera important de faire un état préalable de la pollution en phosphore des eaux et des sédiments sur les 4200 km du fleuve. En effet : (a) La mesure de la teneur en phosphore des eaux permettra d'avoir une idée de la situation présente en phosphore issu des pratiques agricoles et des eaux usées des villes riveraines. Ce qui renseignera sur les zones à risques pour une prolifération des plantes aquatiques en général et de la Jacinthe d'eau en particulier qui tirent directement leurs nutriments de l'eau. (b) L'analyse des teneurs en phosphore des sédiments quant à elle renseignera sur l'ampleur des pratiques antérieures car les sédiments fixent solidement le phosphore qu'ils libèrent ensuite lentement dans l'eau au fil du temps.

Une pollution importante des sédiments donnera des informations appréciables sur la profondeur du mal. Cela permettra de connaître le degré des mesures (limitation de produits contenant le phosphore, traitement des eaux usées, etc.) à prendre pour éviter une contamination plus importante du bassin du Niger qui sera durablement préjudiciable aux eaux du fleuve. Les zones à sédiments riches en phosphore seront identifiées comme très

propices pour la prolifération de la jacinthe d'eau et par conséquent mériteront une surveillance plus accrue pour éviter une colonisation future des lieux par cette plante envahissante.

Dans ce travail nous avons prélevé sur les 20 Km de parcours du fleuve aux alentours de Niamey (Capitale du Niger), des échantillons d'eau et de sédiments que nous avons analysés au laboratoire pour déterminer leurs teneurs en phosphore et en azote. Au cours de l'échantillonnage, les lieux de prolifération actuelle de jacinthe d'eau, les zones rizicoles, les avals des affluents majeurs aux alentours de la ville de Niamey sont prospectés. Les résultats de l'analyse des différents échantillons nous permettront d'avoir une idée de la situation présente et de faire des propositions pertinentes de lutte contre la prolifération de la jacinthe d'eau sur le Niger.

## I.2. CADRE DE L'ETUDE

### I.2.1. Généralités Sur le Bassin du Niger

Le bassin du Niger couvre dix pays pour une superficie active de 1 500 000 km<sup>2</sup> sur une superficie globale de 2 100 000 km<sup>2</sup>. Neuf de ces pays sont organisés au sein d'une structure appelée Autorité du Bassin du Niger (ABN). Il s'agit du Bénin, du Burkina Faso, du Cameroun, de la Côte d'Ivoire, de la Guinée, du Mali, du Niger, du Nigeria et du Tchad (Fig1).



**Figure 1 :** Bassin du fleuve Niger (source : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Niamey>)

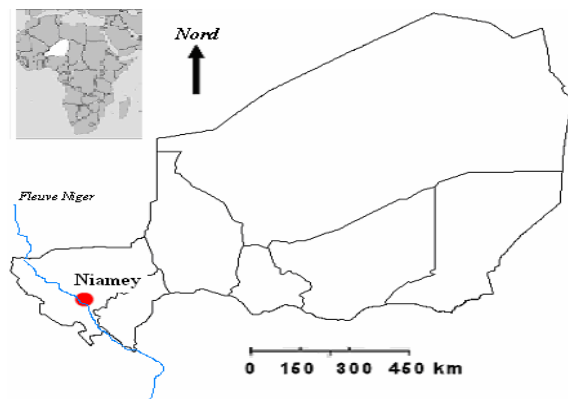
Avec ses 4.200 Km, le fleuve Niger est le troisième fleuve le plus long d'Afrique et le quatorzième au niveau mondial. En termes de superficie du bassin (2,17 millions km<sup>2</sup>), il occupe la neuvième place mondiale. Le Niger prend sa source dans le Fouta Djallon, région guinéenne particulièrement pluvieuse pouvant recevoir plus de 2 000 mm de précipitation annuelle. Il entre ensuite au Mali, où commence son parcours en région aride au cours duquel les apports des affluents sont faibles et limités aux quelques mois de la saison des pluies (juillet à septembre). Au Mali, le fleuve se disperse dans un des deltas intérieurs les plus étendus du monde (entre 30 000 et 80 000 km<sup>2</sup> selon l'importance des crues), où les apports de son seul affluent important, le Bani, ne suffisent pas pour compenser les pertes par évaporation estimées entre 25 et 45 milliards de km<sup>3</sup> par an (ABN, 2002). Il coule ensuite à travers le Sud-Ouest du Niger où il reçoit les apports d'un certain nombre d'affluents en rive droite issus du Burkina Faso (Sirba, Gorouol, Dargol, Gouroubi) et du Bénin (Mékrou, Alibori, Sofo). Après son entrée au Nigéria, les apports de ses différents affluents, dont la Bénoué, deviennent plus conséquents suite à l'augmentation de la pluviométrie. Le fleuve se jette dans le golfe de Guinée, après un parcours de près de 4200 km, avec un débit moyen estimé à 5600 m<sup>3</sup>/s. Il couvre donc un éventail de climats allant du tropical humide (Fouta Djallon) au désertique (Algérie, Mali et Niger).

## **I.2.2. Présentation de la zone d'étude**

### **I.2.2.1. Caractéristiques physiques**

#### **➤ Localisation**

Le cadre à prospecter est focalisé sur la ville de Niamey, capitale du Niger. Il se trouve à l'ouest du Niger à 13°31' de latitude Nord et 2°26' de longitude Est (ALHOU 2007). Il se situe à une altitude de 218 m. Le recensement général de la population et de l'habitat de 2001 estime sa population à 707 951 habitants tandis qu'en 1988 elle était de 397 437 habitants. La densité est de 1 057 habitants au km<sup>2</sup>. Le taux d'accroissement annuel de la population est de 4,8 %. Il couvre une superficie de 670 km<sup>2</sup>. (Fig2).



**Figure 2** : Localisation de la zone d'étude à l'Ouest du Niger

➤ *Le relief*

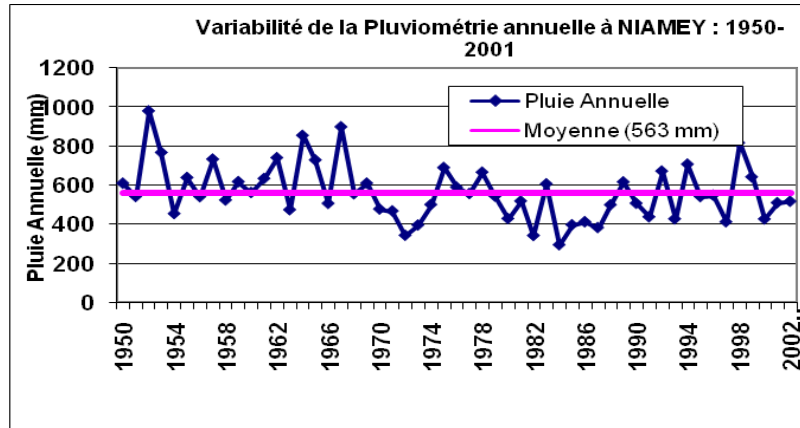
La topographie des zones concernées est dans son ensemble peu contrastée : les points culminants atteignent rarement les 300 m d'altitude de part et d'autre du fleuve Niger ; les points bas correspondent aux basses terrasses du fleuve. La pente moyenne du profil longitudinal du fleuve Niger est de l'ordre de deux pour mille.

➤ *La climatologie*

Niamey appartient à un climat sahélien (DESCONNETS, 1994) caractéristique des régions semi-arides avec une alternance dans l'année d'une saison des pluies (juin, juillet, août) et d'une saison sèche (septembre à mai). La climatologie de la zone est caractérisée par les paramètres météorologiques suivant les précipitations, la température, et l'évapotranspiration.

➤ *La pluviométrie*

La pluviométrie est déterminée par la remontée du sud vers le nord du front intertropical (FIT) qui marque la limite entre la masse d'air sec saharien ou l'harmattan et la masse d'air humide ou mousson (ALHOU 2007). Elle est variable suivant les années, telle qu'on observe par la figure suivante.



**Figure 3 :** Valeurs moyennes annuelles des précipitations de Niamey-aéroport

La moyenne annuelle de 1950 à 2001 est de 563 mm avec un minimum de 386 mm en 1985 et un maximum exceptionnel de 1000 mm en 1952. Le mois le plus pluvieux de l'année est le mois d'août avec 173 mm en moyenne.

➤ La température

La température moyenne annuelle de 1995 à 2004 est de 30°C. Les températures les plus élevées sont enregistrées aux mois d'avril et de mai avec 35°C. Les mois de décembre (26°C) et janvier (25°C) sont les plus frais. L'écart-type est de 3°C.

➤ L'évapotranspiration (ETP)

L'ETP a été calculée selon la formule complexe de Penman par la Direction de la Météorologie Nationale (DMN). La moyenne annuelle de 1995 à 2004 est de 2 800 mm.

Elle est plus élevée en mai (mois chauds et secs) avec 286 mm et plus faible en novembre avec 197 mm (Fig. 2.3). L'écartype est de 28 mm. Le rapport de la pluviosité moyenne annuelle sur l'évapotranspiration moyenne annuelle est égal à 0,18 donc caractéristique d'un climat aride.

### **Conclusion**

Parmi les facteurs du climat (précipitations, température, évapotranspiration) seules les précipitations agissent favorablement au développement des plans d'eau et cela pendant une courte période de l'année (mai à septembre).

#### ➤ *Les sols*

Ils sont pour l'essentiel peu structurés, avec une faible capacité de rétention en eau, souvent pauvres sur le plan géochimique et de forte érodabilité en l'absence d'une biomasse protectrice.

#### ➤ *Ressources en eaux*

Elles comprennent les eaux superficielles et les eaux souterraines :

##### ▪ Eaux superficielles

Le réseau hydrographique de la ville de Niamey est principalement marqué par le fleuve Niger et ses affluents. Certains de ces affluents sont actifs pendant la saison des pluies (Goroual, Dargol, Sirba, Goroubi, Diamangou, Tapoa, Mékrou) tandis que d'autres sont en voie de fossilisation (Dallols Bosso et Maouri) suite à l'installation de sables dunaires et d'ergs au Pléistocène (DESCONNETS, 1994). Il faut également signaler la présence d'importants koris (Ouallam et Gountiyéna) appartenant à l'ancien réseau hydrographique régional partiellement dégradé. Ils drainent des superficies de plusieurs centaines à quelques milliers de km<sup>2</sup>.

Outre le fleuve Niger et ses affluents, le réseau hydrographique compte en saison des pluies des mares temporaires, semi-permanentes ou permanentes installées dans des bassins endoréiques. Dans la ville de Niamey pour éviter la stagnation de l'eau, les activités de l'urbanisme ont transformé ces mares en dépotoirs réceptionnant ainsi les décharges publiques malgré les conséquences prévisibles sur les eaux souterraines (ALHOU 2007).



- Eaux souterraines

Les eaux souterraines sont contenues dans des réservoirs appartenant à deux types de formations : le socle cristallin du Liptako et les couches sédimentaires.

- Aquifères discontinus du socle

Les eaux sont logées uniquement dans la frange fissurée et altérée du socle et parfois dans les failles ouvertes plurikilométriques (BERNERT et al., 1985). Cette porosité de fracture leur confère un écoulement discontinu de l'eau contrairement aux formations sédimentaires à porosités interstitielles. Les produits d'altération du socle (les altérites) sont pour la plupart logées dans les vallées entaillées par le réseau hydrographique.

- Aquifères à porosité interstitielle

Ces aquifères sont formés des alluvions quaternaires des vallées et des grès tertiaires du continental terminal (CT). Celui-ci est composé de trois aquifères (CT1, CT2, et CT3) superposés, intercalés entre eux par des formations argileuses très peu perméables. Les principales directions d'écoulements souterrains sont nord-est/sud-ouest et nord-ouest/sud-est (DODO, 1992). Ces écoulements convergent vers un axe de direction nord-sud puis vers l'exutoire principal de tous les aquifères du CT, le fleuve Niger dans la zone de confluence des Dallols Bosso et Maouri.

La réserve totale, pour la ville de Niamey et son environ (sur un rayon de 100 km environ), est de l'ordre de 5 milliards de m<sup>3</sup> pour une porosité efficace moyenne de 5 % et une épaisseur moyenne de 5 m (ALHOU 2007).

#### I.2.2.2 La végétation

Les formations végétales de la région du fleuve sont distinguées par trois zones naturelles du Nord au Sud:

- La zone saharo- sindienne, caractérisé par une végétation steppique rare et contractée;
- La zone sahélienne dont la végétation est une steppe qui généralement, passe des formations contactées ou arbustives claires dans la partie septentrionale, à des types plus diffus et arborés dans le sud;
- La zone soudanienne plus boisée que le Sahel, porte une végétation de savane caractérisée par une strate herbacée continue où dominant les graminées vivaces de grande taille.

La dégradation de la couverture végétale, combinée avec les effets de l'eau et des vents fréquents ont entraîné une intense érosion au niveau des bassins versants. On estime à plusieurs milliers de tonnes, les terres qui sont charriées dans les cours d'eau.

### **I.2.3. Contexte Hydrologique**

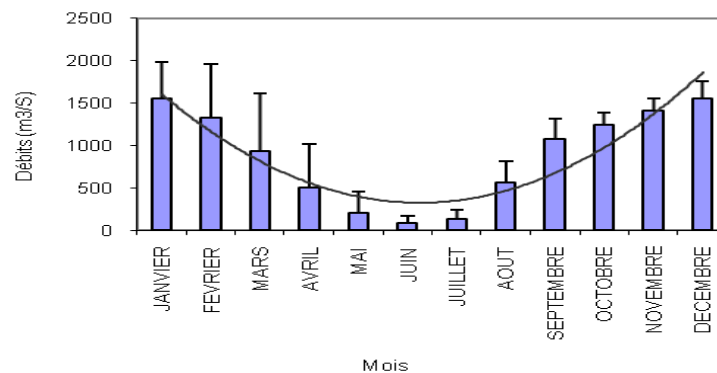
Le fleuve Niger prend sa source dans la partie Sud du Fouta-Djalou, en Guinée, une région montagneuse d'environ mille mètres d'altitude.

#### **I.2.3.1. Débits du fleuve Niger**

Avant qu'il n'entre dans le Delta intérieur au Mali, au Sud du désert du Sahara, le débit moyen annuel du fleuve est de 45.000 millions m<sup>3</sup>. La plaine d'inondation du fleuve qui coule le long de la limite sud du Sahara, couvre environ 20.000 à 30.000 km<sup>2</sup>. Le bassin du fleuve Niger peut être divisé en quatre grands sous - systèmes géographiquement distincts :

- la région du Haut Niger sert de château d'eau effectif pour tout le bassin, à l'exception du Bas Niger. Le niveau d'eau du fleuve fluctue en même temps que celui de ses principaux affluents que sont le Tinkisso, le Milo, le Nianadan et le fleuve Niger lui-même. La partie supérieure du bassin, d'une superficie de 140.000 km<sup>2</sup>, peut contribuer à une régulation partielle des débits sur l'ensemble du fleuve.
- le Delta Intérieur du fleuve Niger est une vaste zone au Mali qui a connu un important développement. Elle s'étend de Ké-Macina, 200 km en aval de Bamako, à San au Sud, et à Tombouctou au Nord. Elle est composée d'un système complexe d'affluents, de lacs et de plaines d'inondation. Le Delta subit d'importants changements hydrologiques au cours de l'année mais aussi d'une année à l'autre. Les niveaux d'inondation dépendent des volumes d'eau provenant du Haut Niger et de la rivière Bani qui se jette dans le fleuve près de Mopti. Les surfaces inondées peuvent varier de moins de 9500 km<sup>2</sup> (1984) à 35.000 km<sup>2</sup> (1967).
- le Moyen Niger (notre zone d'étude) s'étend de Tassaoua (Tossaye) au Mali à Malanville au Bénin, et couvre un bassin hydrographique de 900.000 km<sup>2</sup>, y compris 230.000 km<sup>2</sup> de bassin inactif. Sur sa rive droite, en amont de Niamey, le fleuve reçoit des affluents prenant leur source au Burkina Faso tels que le Goroual, le Dargol et la Sirba. Entre Niamey et Malanville (336km), le fleuve reçoit les apports des rivières

Goroubi, Diamangou, Tapoa et de la Mékrou qui contribuent au débit maximal en début Septembre et fin janvier. Ainsi la figure 4 ci-dessous relève les débits mensuels du fleuve à Niamey.



**Figure 4:** Débits mensuels du fleuve Niger à Niamey

Les débits du Moyen Niger sont affectés de manière significative par ce qui se passe au niveau du Delta Intérieur. La moyenne annuelle des écoulements à Niamey a chuté de 1050 m<sup>3</sup>/s entre 1929 et 1970 à 697 m<sup>3</sup>/s entre 1971 et 2000.

- le Bas Niger est situé dans les zones humides du bassin. Le fleuve reçoit plusieurs affluents importants comme les rivières Sokoto et Kaduna et surtout, la Bénoué qui a un bassin de 450.000 km<sup>2</sup>. La Bénoué prend sa source dans les montagnes de l'Adamaoua au Cameroun (et au Tchad) et, à sa confluence, la moyenne annuelle des écoulements est au moins égale à celle du fleuve Niger. A Jebba, en aval des barrages de Kainji et de Jebba, la moyenne annuelle des écoulements est de 1.454 m<sup>3</sup>/s puis culmine à 5.590 m<sup>3</sup>/s après la confluence avec la Bénoué. La moyenne annuelle des écoulements à l'embouchure est de même ampleur, les pertes ayant généralement été compensées par les apports des autres affluents.

#### I.2.3.2. Hauteurs du fleuve à Niamey

Pour toutes les régions climatiques que traverse le fleuve Niger, la saison des pluies est centrée sur le mois d'Août. Cette zonalité latitudinale, montre à l'évidence que le fonctionnement hydrologique de la cuvette lacustre du fleuve Niger à Niamey est largement

dépendant ; des conditions d'écoulement exogènes, des conditions morphologiques et climatologiques propres au delta intérieur, régissant des écoulements (défluences, inondations) et le bilan hydrologique (évaporation, infiltration).

### **I.3. TYPOLOGIE DES SOURCES DE POLLUTION AU NIGER**

Les sources de pollution rencontrées au Niger sont les suivantes:

#### **I.3.1. La pollution industrielle et artisanale**

La plupart des unités industrielles sont concentrées dans la ville de Niamey. Parmi les plus importantes on peut citer:

##### **I.3.1.1. La BRANIGER**

Elle produit la bière et met en bouteille des boissons sucrées. Elle utilise l'eau de la SEEN, qu'elle traite préalablement. Elle rejette 20 m<sup>3</sup>/h d'eau usée issue du lavage des bouteilles et des fûts de brassage (Kotschoubey N. & Koné A., 2005) pour laquelle elle utilise la soude caustique. L'eau usée subit ensuite un traitement aérobie et de décantation avant d'être rejetée dans les collecteurs municipaux pour parvenir au fleuve.

##### **I.3.1.2. ENITEX**

L'ENITEX prélève 60 m<sup>3</sup>/h d'eau du fleuve (Kotschoubey N. & Koné A., 2005), la purifie (décantation, floculation à la sulfate d'alumine) elle y ajoute de la chaux, pour augmenter le pH. L'usine consomme d'importantes quantités de vapeur, et rejette 30 à 40 m<sup>3</sup>/h d'eau usée qui s'écoulent vers le fleuve. Les rejets contiennent des colorants, des métaux lourds et de la matière organique.

##### **I.3.1.3. Abattoir frigorifique**

L'abattoir frigorifique de Niamey a été construit en 1967; il a une capacité d'abattage de 400 petits ruminants et 200 bovins, pour une production de 25 t de viande par jour. L'abattoir consomme 300 m<sup>3</sup> d'eau par jour, et rejette les eaux usées directement dans le fleuve, sans traitement préalable (Kotschoubey N. & Koné A., 2005).



**Photo 4** : point de rejet dans le fleuve Niger de l'abattoir

#### I.3.1.4. Industrie de lait (SOLANI, Niger-Lait, Laban)

L'industrie laitière au Niger est essentiellement constituée par la Société de Lait du Niger (SOLANI) et les sociétés Niger-Lait SA et Laban Niger. La SOLANI produit entre 20.000 et 26.000 litres de produits laitiers par jour (Kotschoubey N. & Koné A., 2005).

La station d'épuration des eaux usées de la société est en panne depuis trois ans, et les rejets sans traitement vont directement dans le fleuve. Des autres sociétés seul Niger Lait SA dispose d'un dispositif de traitement des eaux usées.

#### I.3.1.5. Tannerie

La tannerie semi artisanale de la corniche de Gamkalla à Niamey a une production moyenne de 30 peaux de bovins et 320 peaux de petits ruminants par jour (Kotschoubey N. & Koné A., 2005). Elle utilise du natron (carbonate naturel de sodium), des tannins végétaux à base de graine d'*Acacia nilotica* et de la chaux éteinte dans le traitement des peaux. Elle évacue la plupart de ses eaux usées par citerne, dans la nature, et évite ainsi de les rejeter au fleuve. Ceci ne garantit pas pour autant que les nappes phréatiques ne soient pas atteintes. Une inspection de terrain a démontré que des risques de pollution existent, notamment à partir de colorants et de déchets solides.





**Photo 5 : rejets de la tannerie**

### **I.3.2. La pollution urbaine**

Malgré l'effort de l'état et des collectivités, l'assainissement de la ville de Niamey n'est pas bien maîtrisé. La majorité des eaux usées urbaines et les eaux pluviales sont collectées par des caniveaux et rejetées sans prétraitement dans le fleuve. Selon l'étude JICA, les eaux usées urbaines collectées par le marigot naturel du Gounti Yena, qui traverse la rive droite de Niamey du nord au sud, sont estimées à  $5.700 \text{ m}^3/\text{j}$ . Selon cette même étude, le volume de déchets solides générés par les populations est estimé à  $300.000 \text{ m}^3/\text{an}$ . Une grande partie de ces déchets solides parvient au fleuve.



**Photo 6 : rejets urbains à Niamey**

### **I.3.3. L'agriculture**

Aux environs du fleuve Niger, on y cultive essentiellement le riz. Et dans une moindre mesure des cultures de contre-saison, avec maîtrise partielle de l'eau. On y pratique essentiellement le maraîchage. L'utilisation excessive d'engrais peut entraîner l'enrichissement du fleuve (eutrophisation) et une contamination de la nappe souterraine. L'eutrophisation a pour conséquence la prolifération des plantes aquatiques, du phytoplancton, source de plusieurs nuisances.

L'utilisation des pesticides, surtout les organochlorés, constituent une source de pollution diffuse pour les ressources en eau. Ces pesticides peuvent s'accumuler dans la chaîne alimentaire à travers les crustacés, mollusques et poissons.

### **I.3.4. Les mines**

#### **I.3.4.1. L'extraction d'or à petite échelle dans l'ouest du pays**

Peu de données sont connues sur cette industrie artisanale, qui utilise des méthodes élémentaires, par l'emploi du mercure. Les quantités utilisées sont inconnues.

#### **I.3.4.2. L'usine d'exploitation de l'or dans le sous-bassin de la Rivière Sirba**

Peu de données sont connues sur cette entreprise, qui a débuté en septembre 2004. Selon la Direction des Mines, d'autres permis vont être livrés dans les années à venir pour le même type d'exploitation.

## **I.4. Description de la plante aquatique envahissante sur le Niger**

### ***La Jacinthe d'eau : Eichhornia crassipes***

#### **I.4.1. Systématique**

En 2005, Qaiser *et al.*, présentent la systématique de la jacinthe d'eau comme suit : la jacinthe d'eau appartient au règne Végétal, au sous-règne des Tracheobionta, à la division des Magnoliophyta (Angiosperme), à la classe des Liliopsida (Monocotylédone), à l'Ordre des Liliales, à la famille des Pontederiaceae, au Genre *Eichornia* dont l'Espèce est *Eichornia crassipes*.

#### **I.4.2. Historique**

Selon BARRET *et al.*, (1982, cités par DAGNO *et al.*, 2007), la jacinthe d'eau serait originaire du bassin amazonien. Mais très tôt, elle a été introduite en Asie et en Afrique pour ses vertus ornementales. Elle est devenue depuis les années cinquante un véritable fléau sur les cours d'eau en Afrique, comme le Nil, le fleuve Congo et le fleuve Niger, les grands lacs, les lagunes et les mares constituant un véritable calvaire pour les populations riveraines.

#### **I.4.3. Multiplication et Description de la plante**

La multiplication de la jacinthe s'effectue principalement par voie végétative (filiations) et sa forte prolifération pourrait être expliquée par la « non inhibition » des bourgeons axillaires et l'absence d'ennemis naturels dans les zones envahies. La propagation végétative est très importante. Selon Babu *et al.* (2003), dix plants en 8 mois peuvent produire 655330 individus, soulignant ainsi le potentiel invasif de la plante. Holm *et al.* (1977) ont obtenu 30 clones à partir de 2 plantes mères en 23 jours.

Du point de vue morphologique, la jacinthe d'eau peut avoir une variabilité considérable dans la forme, la couleur de ses feuilles et de ses fleurs, et selon l'âge de la plante (DAGNO *et al.*, 2007). Elle a une taille variant de quelques centimètres à plus d'un mètre de haut (TOSSOU, 2004). Les feuilles d'un vert luisant forment la base de la fleur et s'attachent à des pétioles gonflés d'air. Sous cette architecture, se trouve le système racinaire, qui permet à la plante de capter les nutriments nécessaires à sa croissance dans l'eau. Mais le plus attrayant des éléments constitutifs de cette herbacée est sa fleur, qui attire par sa couleur mauve tirant sur le lilas. Un des pétales porte habituellement une tache jaune d'or, encadrée par une ligne bleue (DAGNO *et al.*, 2007).

#### **I.4.4. Écologie de la plante**

La jacinthe d'eau est décrite par plusieurs auteurs comme étant la peste verte. Elle est dotée d'un pouvoir phénoménal de reproduction. En combinant deux mécanismes de reproduction (sexuée et asexuée) très efficaces, elle colonise et peuple une grande diversité d'écosystèmes aquatiques. Ainsi, la jacinthe d'eau s'installe dans les fleuves, lacs, lagunes, étangs, marécages et bas-fonds.



#### **I.4.5. Nuisance exceptionnelle**

En l'absence de ses ennemis naturels (ses consommateurs comme le lamantin), la jacinthe d'eau se montre volontiers invasive. Elle forme rapidement des tapis flottants monospécifiques denses, capables de boucher canaux et ports ainsi que de bloquer les arrivées d'eau des centrales hydrauliques et les canalisations d'eau dans les villes. La plante provoque l'eutrophisation des eaux, c'est-à-dire l'accumulation de débris organiques dans les eaux stagnantes, provoquant leur pollution par désoxygénation. S'ensuit l'anoxie : les tapis flottants réduisent la nuit le niveau d'oxygène de l'eau à un taux insupportable pour de nombreuses espèces (plantes, amphibiens, batraciens) qui se retrouvent alors asphyxiées. Ainsi elle entraîne le déplacement de la flore et de la faune locale incapables de concurrencer et/ou de survivre, d'où la perte de la diversité des espèces. Par ailleurs, la jacinthe d'eau appauvrit les eaux en phytoplanctons diminuant ainsi les chances de forte productivité des eaux. En outre, lorsqu'elle meurt, elle libère dans le milieu tous les polluants qu'elle a eus à piéger. Le milieu aquatique devient très pollué. Des conséquences telles que la pollution atmosphérique par suite de la putréfaction et le comblement des fonds des vases en découlent. Elle augmente aussi les pertes en eau en favorisant l'évapotranspiration. D'autre part les tapis de jacinthe hébergent des vecteurs de maladies (bilharziose, choléra, paludisme) et des animaux dangereux (serpents venimeux). Inutile d'ajouter que le commerce et le tourisme sont fortement affectés et la pêche, fort perturbée par le blocage des hélices des barques et la destruction des filets.

#### **I.5. Objectifs de l'étude**

##### **I.5.1. Objectif général**

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'impact de la pollution anthropique sur la prolifération de la jacinthe d'eau sur le Niger.

##### **I.5.2. Objectifs spécifiques**

Pour atteindre l'objectif général de ce travail nous avons :

- déterminer les teneurs en phosphore et en azote des échantillons d'eau et des sédiments prélevés sur les 20 km du fleuve Niger aux alentours de Niamey.

- déterminer les teneurs en phosphore et en azote de la jacinthe d'eau, principale plante aquatique envahissante sur le Niger;
- faire un état des lieux de la disponibilité en nutriments fondamentaux à la synthèse tissulaire de la jacinthe d'eau des trois sites prospectés ;
- mesurer les paramètres physico-chimiques globaux des eaux du fleuve pour avoir une idée plus complète de sa pollution.

## CHAPITRE II. MATERIEL ET METHODE

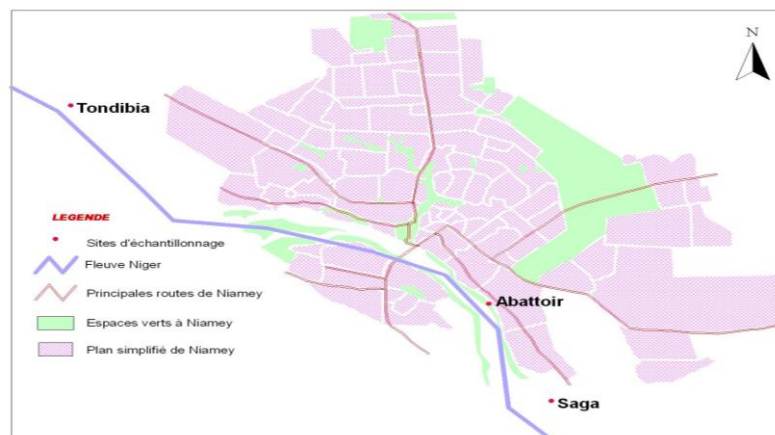
### II.1 MATERIEL

Cette partie présente la station de l'étude et le matériel utilisé.

#### II.1.1.Présentation de la Station d'étude

Cette étude, s'est déroulée dans la portion du fleuve Niger, située à Niamey dans le Niger occidental. La station d'étude est définie comme une portion du cours située dans la partie nigérienne plus précisément aux alentours de la région de Niamey.

La station d'étude a été choisie en tenant compte de son accessibilité, mais surtout de sa situation par rapport aux sources de pollution et en fonction de la densité de la population humaine du bassin versant. Parmi les activités génératrices de revenus auxquelles s'adonne cette frange de la population figurent la lessive et le tannage. Ces activités sont pratiquées au bord du fleuve et contribuent en grande partie à la pollution des eaux du fleuve. Niamey, est la région où sont implantées les industries les plus importantes du pays.



**Figure 5 : Sites retenus pour les prélèvements**

### **II.1.2. Instruments utilisés *in situ***

Pour conduire à bien notre étude nous avons utilisé le matériel qui suit:

- un GPS (Global Positioning System) pour la prise des coordonnées ; (géographiques des sites de l'étude;
- un appareil multi- paramètre HI 9828 de la firme HANNA, mesurant à la fois 13 paramètres dont entre autres : la température, le pH, l'oxygène dissout, la conductivité, la salinité de l'eau; le taux de solide dissous etc.
- des pissettes d'eau distillée pour le rinçage ;
- un carré de rendement pour la mesure de la densité de pied de jacinthe au m<sup>2</sup> ;
- une pirogue pour les traversées sur le fleuve, un gilet de sauvetage, un marqueur pour l'identification des échantillons, des flacons en polyéthylène d'un (1) litre pour le prélèvement d'eau ;
- un cahier de rapport pour les prises de note.

### **II.1.3. Matériel utilisés au laboratoire**

- un spectrophotomètre DR/2800 de marque HANNA, pour le dosage de l'Azote ammoniacal, orthophosphates et du phosphore total ;
- un spectrophotomètre DR/2000 pour le dosage de la DCO ;
- Une balance pour la pesée du poids des pieds de jacinthe ;
- une haute pour le séchage de la jacinthe avant broyage ;
- La verrerie (bêchers, tubes d'Erlenmêr, pipettes, des cuves pour la mesure des échantillons au spectrophotomètre, etc.

## II.2. METHODOLOGIE

La méthodologie comporte le choix des paramètres de suivi de la qualité de l'eau et des sédiments et du niveau d'infestation des sites par la jacinthe d'eau d'une part. Et d'autre part, elle porte sur la collecte des échantillons d'eau et des sédiments sur le terrain et des dosages des échantillons au laboratoire.

### II.2.1. Choix des sites et points de prélèvement

Après des évaluations préliminaires par la consultation de la documentation et des personnes ressources trois (3) sites ont été retenus pour cette d'étude :

- TONDIBIA à 7 km en amont de Niamey, situé à 190 m d'altitude entre 13° 33' de latitude Nord et 2° 00' de longitude Est. Il est principal lieu d'entrée des eaux du fleuve venant de la partie malienne. C'est aussi une zone de forte production du riz, des produits maraîchers et céréaliers. Il est surplombé en rive gauche par le village de Tondibia et en rive droite par des formations dunaires (ALHOU, 2007).
- ABATTOIR Il est localisé en aval du point de rejet des hôtels et en plein centre de la ville à 185 m d'altitude entre 13°24' de latitude Nord et 2°07' de longitude Est;
- SAGA à 4 km en aval de Niamey. C'est le premier site situé en aval de tous les points de rejets entre 13°26' de latitude Nord et 2°08' de longitude Est.
- Il est à 175 m d'altitude.

Le choix des sites de prélèvement est principalement basé sur l'accessibilité du site et la présence ou non des sources de pollution susceptibles de modifier la qualité des eaux du fleuve. Ce choix permet autant que possible de mettre en évidence l'impact des rejets de la Communauté Urbaine de Niamey (CUN) et des autres villes situées en amont sur la qualité des eaux et l'apport anthropique en nutriments nécessaire à la prolifération de la Jacinthe sur le fleuve.

Ces sites sont répartis sur une distance d'environ vingt (20) kilomètres entre Tondibia et Saga. Sur chaque site trois (3) points de prélèvement ont été retenus à savoir la rive gauche,  
Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master spécialisé, Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE)/ 2iE (ex EIER/ETSHER) Ouagadougou/Promotion 2009-2010.

la rive droite du fleuve et le milieu du fleuve. Les prélèvements ont été effectués sur une distance de cinq (5) m de chaque berge.

### **II.2.2. Choix des paramètres**

L'accent est principalement mis sur les paramètres qui déterminent la prolifération des plantes en milieux aquatiques. Les paramètres suivants ont ainsi été retenus :

- les paramètres physico-chimiques : il s'agit pour :
  - ✓ les paramètres généraux de la température, du pH, de la conductivité, la salinité et les matières en suspension;
  - ✓ les indicateurs de la pollution organique dont la demande chimique en oxygène (DCO) et l'oxygène dissous. Ce dernier reflète tant par son déficit que par son excès une pollution en milieu aquatique. La DCO traduit d'une part le processus de dégradation de la matière organique qui s'accompagne d'une consommation en oxygène dissous et d'autre part la prolifération des autotrophes qui s'accompagne d'une augmentation en oxygène dissous (ALHOU 2007);
  - ✓ les nutriments : il s'agit des composés azotés sous forme d'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) et l'azote total et des composés phosphorés à savoir les orthophosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) et le phosphore total ( $\text{P}_{\text{Tot}}$ ) dont la présence en excès dans le milieu récepteur peut se traduire entre autres par un développement important du phytoplancton et des macrophytes (ERWIN et al., 1996, FRUGET et al., 2000, GRADY et al., 2003, rapporté par ALHOU 2007).
  - ✓ les matières en suspension qui sont déterminées par la méthode photométrique.

Ces paramètres ont été suivis sur l'ensemble des sites répertoriés le long du fleuve Niger à Niamey. Comme les nutriments nécessitent des traitements chimiques (dosages), les échantillons prélevés ont été conservés dans des bouteilles maintenues au froid (4 °C) pour les analyses dans les 24h qui suivent au laboratoire Science de la vie et de la terre de l'Ecole Normale Supérieure (Université Abdou Moumouni de Niamey).

### **II.2.3. Collecte des échantillons ou échantillonnage**

---

Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master spécialisé, Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE)/ 2iE (ex EIER/ETSHER) Ouagadougou/Promotion 2009-2010.

HASSANE YOUNOUSSOU Hamadou

L'échantillonnage est la procédure de prélèvement d'une quantité représentative d'eau à partir d'une rivière, d'un lac ou d'un puits (Rodier, 1978).

Il a été fait en bordure du fleuve Niger sur les deux rives (au niveau des berges). Lieu privilégié de prolifération des plantes aquatiques et où le courant et le mouvement de l'eau entassent les plants de la jacinthe d'eau. Les mesures en milieu du fleuve ont été faites en même temps pour des mesures de comparaison et pour avoir une idée complète de la pollution drainée par les eaux du fleuve.

Les échantillons ont été prélevés à une profondeur d'environ 40cm et à cinq (5) mètres de la berge pour éviter les phénomènes d'hyponomos.

#### **II.2.4. Evaluation de la densité de la jacinthe d'eau au m<sup>2</sup>**

Un carré de rendement qui délimite 1 m<sup>2</sup>, est déposé de façon aléatoire à la surface de l'eau. Toutes les jacinthes d'eau se trouvant dans chacun des placeaux sont ramassées et comptées. Sur chaque site le carrée est déposé trois (3) de suite. La moyenne du nombre d'individus nous fournit la densité. La teneur en matière sèche (MS) a été déterminée à partir d'échantillons de *E. crassipes* pesés une première fois au frais, puis placés à l'étuve à 70°C pendant 48 h, laissés refroidir dans un dessiccateur, puis pesés de nouveau pour évaluer le poids de la matière sèche et de l'eau de constitution.

## **II.2.5. Méthode de détermination des caractéristiques chimiques**

### **II.2.5.1. Méthodes spectrophotométriques**

Le spectrophotomètre modèle DR/2800 est un appareil à simple faisceau commandé par microprocesseur pour analyse au laboratoire ou sur le terrain. Il fonctionne sur pile ou sur secteur en utilisant le transformateur / chargeur.

Les analyses au spectrophotomètre DR /2010 sont faites en quatre étapes :

- Préparation du spectrophotomètre DR/2800 :

- Allumer l'appareil. S'il est sous tension, sur l'affichage apparaît « test automatique » ;

- Sélectionner un programme d'analyse.

- Préparation de l'échantillon

L'échantillon à blanc peut être constitué de différentes solutions :

- échantillon à analyser sans réactif ;
- eau déminéralisée ;

Généralement la préparation de l'échantillon consiste à ajouter le contenu d'un ou de plusieurs sachets de réactifs prémesurés à 10 ou 25 ml d'échantillon.

Il est important de respecter le temps prescrit dans la méthode d'analyse pour être certain que la coloration obtenue à la réaction du réactif avec la substance à analyser se développe complètement.

Le spectrophotomètre à des temps de développement, de coloration, de programmes et une série de bips courts, avertit l'opérateur que le temps est écoulé.

Le minuteur doit être enclenché en pressant les touches " Time" au moment où le décompte doit commencer.

- Réglage du zéro de concentration

Le zéro de la concentration doit être réglé avant chaque détermination pour établir une référence de zéro pour la mesure.

- Placer l'échantillon à blanc dans le puits de mesure en dirigeant le trait de mesure vers la droite.



- Presser la touche zéro. L'affichage indique réglage à zéro puis indique que l'appareil est prêt pour le premier échantillon.

- Mesure de l'échantillon préparé

- Placer l'échantillon préparé dans le puits de mesure, puis fermer puis fermer le couvercle.
- Presser la touche "MESURE" pour obtenir l'affichage de la mesure et le résultat. L'affichage indique lecture, après six secondes environ apparaît le résultat.

Les cuves colorimétriques doivent être rigoureusement propres pour permettre d'obtenir des résultats exacts. Nettoyer l'extérieur des cuves pour éliminer les traces des doigts avec un tissu doux ou une serviette en papier avant de les placer dans le puits de mesure en dirigeant toujours trait de mesure vers la droite.

#### II.2.5.2. Méthode de digestion par réacteur

Pour mesurer la DCO, l'échantillon est oxydé par une solution sulfurique de dichromate de potassium pendant 2 heures avec du sulfate d'argent comme catalyseur. Les chlorures sont masqués par le sulfate de mercure. La concentration des ions  $\text{Cr}^{3+}$  verts est ensuite dosée par spectrophotométrie.

Le blanc a été utilisé plusieurs fois pour les mesures utilisant la même eau.

#### II.2.6. Traitement des données

Le traitement statistique des données comporte :

- L'analyse de variance, après vérification de l'homogénéité des variances par le test de Hartley, afin de voir pour chaque paramètre mesuré s'il y a des différences significatives ( $P \leq 0,05$ ) entre les différents sites de prélèvement. Le test de Scheffé a été aussi utilisé.

Le logiciel utilisé pour cette analyse est : Statistica version 5.1 ;

- Le traçage de courbe et histogramme qui est réalisé sous Windows Excel 2007 ;
- Et la saisie du corps du mémoire réalisée par Word 2007.

## CHAPITRE III RESULTATS-DISCUSSIONS

### III.1. RESULTATS

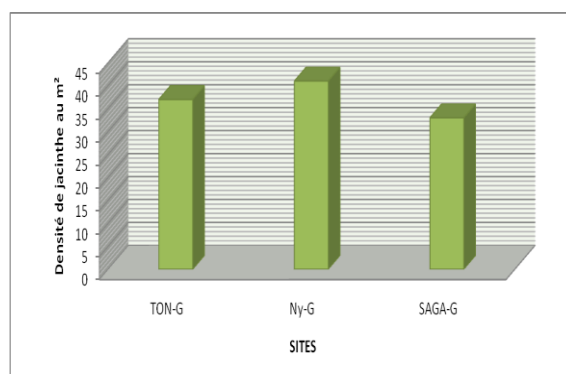
Ce chapitre est basé sur la présentation et l'interprétation des différents résultats collectés sur le terrain et ceux obtenus au laboratoire.

Les résultats obtenus suite à l'analyse des données collectées sont relatifs : à la température; au potentiel d'hydrogène (pH); à la conductivité électrique; aux matières en suspensions, aux nutriments (azote et phosphore), aux corrélations possibles entre la densité de la jacinthe d'eau et certains paramètres du milieu sous jacinthe d'eau.

Les résultats des analyses physico-chimiques des prélèvements sont présentés en annexe 2. Ils seront examinés en se référant au projet de normes nationales et françaises des eaux naturelles et polluées (annexe 3). Les paramètres de suivis seront regroupés en paramètres physico-chimiques, en paramètres de pollution organique, de pollution azotée et phosphatée pour mieux évaluer le type de risque qui pèse sur le milieu récepteur.

#### III.1.1. Densité de jacinthe au m<sup>2</sup> sur le fleuve

Les mesures de la densité des pieds de jacinthe le long des sites d'étude donnent les résultats consignés dans la figure 7 ci-dessous. On observe la plus forte densité à Niamey rive gauche (41 pieds/m<sup>2</sup>) précédé de TON-G (37 pieds/m<sup>2</sup>) et en fin SAGA-G (33 pieds/m<sup>2</sup>).



**Figure 6:** Densité de pieds de Jacinthe au m<sup>2</sup> par sites

### III.1.2. Etude des teneurs en azote et en phosphore de la jacinthe d'eau

#### III.1.2.1. Teneurs en azote

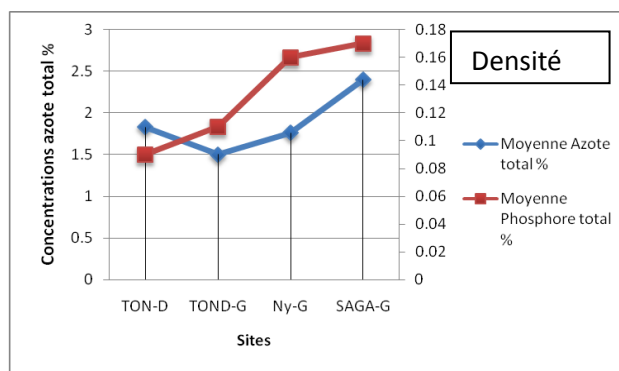
Les teneurs moyennes en azote de la jacinthe d'eau prises sur les sites de cette étude sont comprises entre 1,5% N et 2,4 %N. On observe une augmentation de teneur de l'amont (TON) de Niamey vers l'aval (SAGA) (FIG 8). La teneur minimale (1,5%) est enregistrée à TON-G en amont de Niamey et la maximale (2,4 %) à SAGA-G en aval.

L'assimilation des composés azotés et des métaux lourds par cette plante constitue l'un des critères de choix pour son utilisation en épuration des eaux usées (MARTIN et al. 1978, RADOUX 1980, BRIX 1991, rapporté par ENNABILI & RADOUX 2006).

#### III.1.2.2. Teneur en phosphore de la Jacinthe d'eau

Pour le cas du phosphore, les teneurs moyennes sont comprises entre 0,09 P et 0,17 %P pour tous les sites étudiés. On enregistre aussi une variation de teneur de l'amont de Niamey à TON-D (0,09% P) vers l'aval à SAGA-G (0,17%) (Figure 8).

Les hydrophytes, en particulier les plantes flottantes dont la jacinthe d'eau, se montrent très avantagées par rapport aux autres types biologiques dans l'accumulation des deux (2) précédents bioéléments (ENNABILI & RADOUX 2006).



**Figure 7** : Teneur en azote et en phosphore de la Jacinthe d'eau par site

### III.1.3. Etat des lieux de la disponibilité en nutriments fondamentaux dans l'eau et les sédiments

#### III.1.3.1. Etat des lieux de la disponibilité en nutriments de la jacinthe des eaux

Pour faire une estimation de ce état de lieu, nous avons appliqué la formule en annexe 4 D'après la Figure 9 ci-dessous, on constate, lorsque le rapport demande/offre pour l'azote est forte il y'a plus de pied de jacinthe. A Niamey rive gauche pour un rapport de 405 on a 41 pieds de jacinthe qui correspond au plus grand nombre de pied pour tous les sites.

Par contre, au niveau du rapport demande/offre pour le phosphore on observe le phénomène inverse. Pour un rapport de 114, correspondant au rapport le plus élevé, on a le plus faible nombre de pieds (33) au m<sup>2</sup> (FIG9). Ce phénomène s'observe sur tous les sites de l'étude.

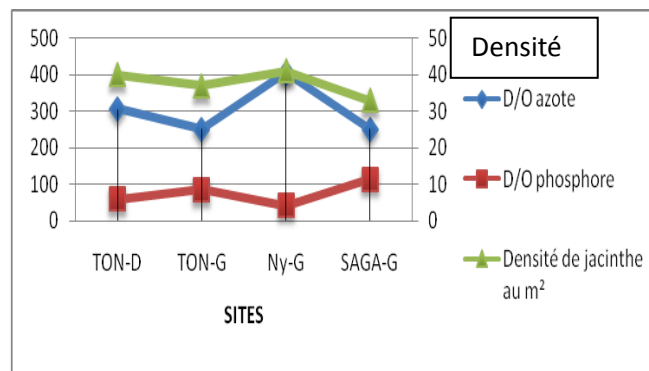


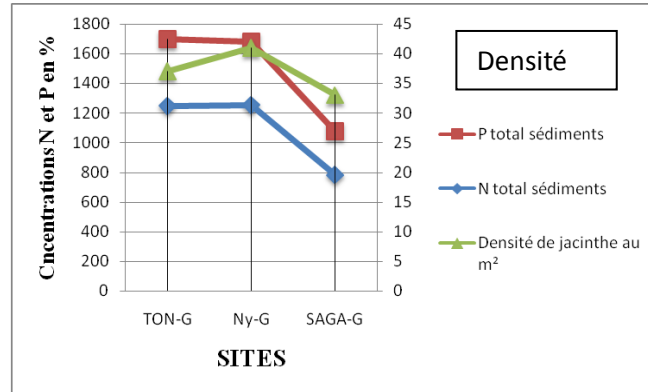
Figure 8 : demande/offre azote et phosphore et la densité de pied de jacinthe au m<sup>2</sup>

#### III.1.3.2. Etat des lieux de la disponibilité en nutriments de la jacinthe des sédiments

Pour les sédiments, la valeur moyenne la plus importante (1252,5 mg N/kg) pour l'azote est observée à Ny-G. La valeur minimale est enregistrée en aval (SAGA).

Ce qui dénote que la pollution par les sédiments est récente donc le courant du fleuve ne les a pas encore emportés vers l'aval.

Pour le cas du phosphore les concentrations décroissent de l'amont vers l'aval. La maximale (615 mg N/kg) est observée à TONDIBIA et le minimum (273 mg N/kg) à saga (Figure 10 ci-dessous)



**Figure 9** : valeurs moyennes de l'azote total et du phosphore total et la prolifération de la jacinthe d'eau

### III.1.4. Etat de la pollution anthropique globale du fleuve Niger

#### III.1.4.1. Les paramètres physico-chimiques

Les paramètres physico-chimiques retenus pour cette étude sont : la température, le pH, la conductivité et les matières en suspension.

- **La température**

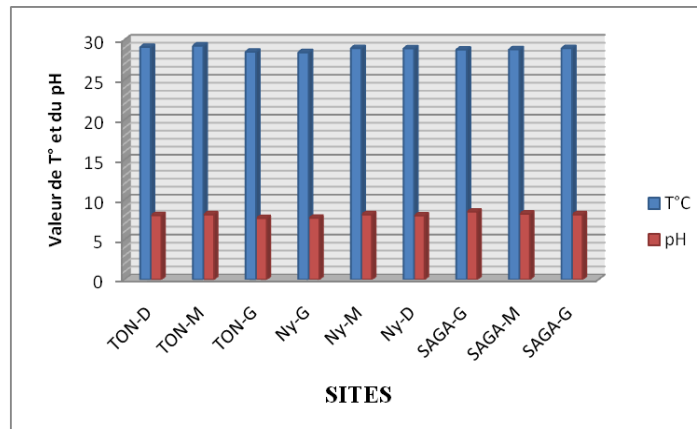
La température de l'eau de la station d'étude varie peu d'un site à l'autre (Figure 11), donc pas de différence significative ( $P \leq 0,05$ ). Il est caractéristique des conditions de températures naturelles élevées en zones tropicales. La moyenne minimale ( $28,4^{\circ}\text{C}$ ) a été enregistrée à la rive gauche de Niamey et la moyenne maximale ( $29,23^{\circ}\text{C}$ ) est observée en amont de Niamey (TONDIBIA milieu du fleuve). On n'observe pas de grande différence significative entre les valeurs de température sous jacinthe et celles de température en milieu sans jacinthe. Les valeurs de température prises en milieu sans jacinthe sont toujours supérieures à celles prises sous jacinthe. Ces valeurs sont très inférieures au projet de normes nationales qui fixent la température des rejets à  $50^{\circ}\text{C}$  maximum. Mais au contraire toutes ces valeurs obtenues sont supérieures à la norme française fixée à  $25^{\circ}\text{C}$ .

- **Le pH**

Les valeurs moyennes du pH obtenues sur tous les sites sont comprises entre 7,6- 8,4. Il n'ya pas de différence significative sur toutes les valeurs de mesure pour les différents sites.

La valeur moyenne élevée (8,4) est enregistrée au site situé en aval de Niamey et la plus faible valeur à Niamey 7,6.

Les valeurs de la température et du pH en fonction des sites de prélèvement sont consignées dans la figure ci-dessous.

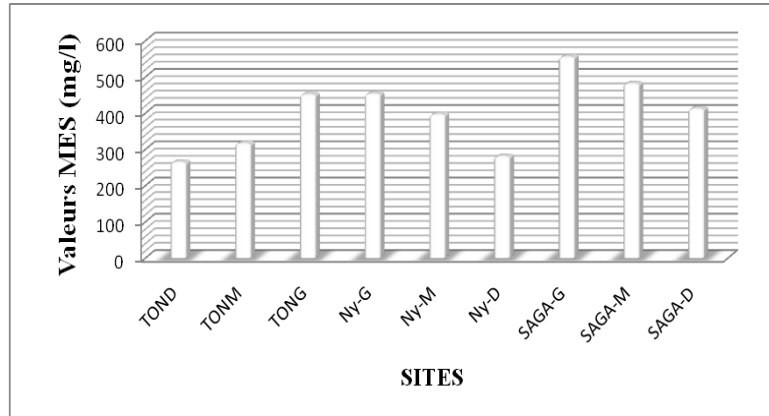


**Figure 10 :** Evolution des valeurs moyennes de la température et du pH par site

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

Les MES ou résidus secs représentent les éléments solides non dissous dans l'eau. Elles ont une incidence sur la composition chimique des eaux car leur surface peut concentrer certains produits toxiques dissous par des phénomènes d'adsorption ou d'échange d'ions.

Les teneurs de matière en suspension augmentent de la rive droite vers la rive gauche (190 à la rive droite, 246 au milieu du fleuve et 387 mg/l pour la rive gauche) pour le cas du site situé en amont de Niamey. Globalement, la variation de la teneur en MES présente une diminution de l'amont de Niamey à l'aval. Les plus faibles teneurs en MES sont enregistrées sur les rives droites du fleuve tant disque les plus fortes sont obtenues sur les rives gauches.



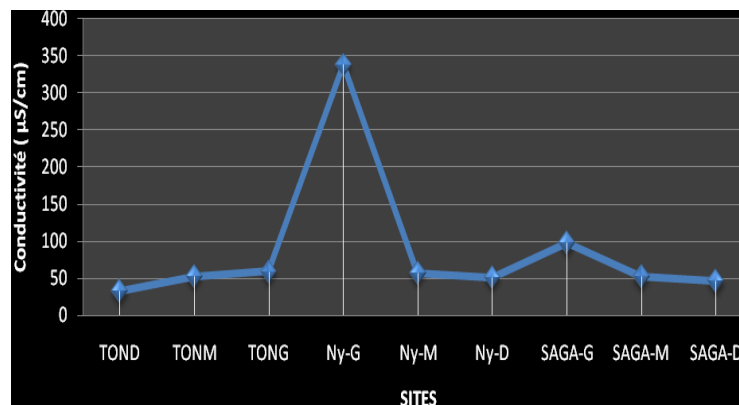
**Figure 11:** Evolution des teneurs en suspension par site de prélèvement

▪ **La conductivité**

Il s'agit de la capacité de l'eau à conduire le courant. Elle renseigne sur le degré de minéralisation d'une eau, c'est-à-dire qu'elle traduit la présence d'ions dans l'eau brute.

Les plus fortes valeurs de la conductivité (350  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) sont enregistrées à Niamey rive gauche et saga rive gauche respectivement. Les valeurs moyennes pour tous les sites varient de la rive droite à la rive gauche. La valeur maximale de la conductivité à été enregistrée à Niamey rive gauche avec 350  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Et la plus faible valeur est observée à TONDIBIA rive gauche avec une valeur de 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$

La Figure 13 donne les valeurs de la conductivité en fonction des sites de prélèvement.



**Figure 12:** Evolution des valeur de la conductivité par site

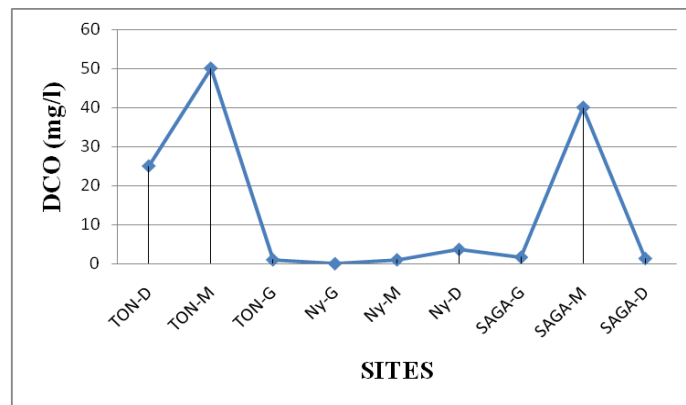
### III.1.4.2. Paramètres de pollution organique

Deux paramètres ont été suivis dans le cadre de cette étude. Il s'agit de la demande chimique en oxygène (DCO) et de l'oxygène dissous (O<sub>2</sub>).

#### ▪ La demande chimique en oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène est plus élevée en amont et en aval de Niamey avec respectivement en moyenne 50 mg/l à TON-M et 40 SAGA-M. Les plus faibles valeurs au contraire sont enregistrées aux rives gauches de l'amont à l'aval et à Niamey centre.

Ces valeurs sont respectivement de 1 mg/l à TON-G, 0 mg/l à Ny-G et 1,66 mg/l SAGA-G. (FIG). Elles sont significativement différentes d'un site à un autre.



**Figure 13:** Variation de la DCO en fonction des sites de prélèvement

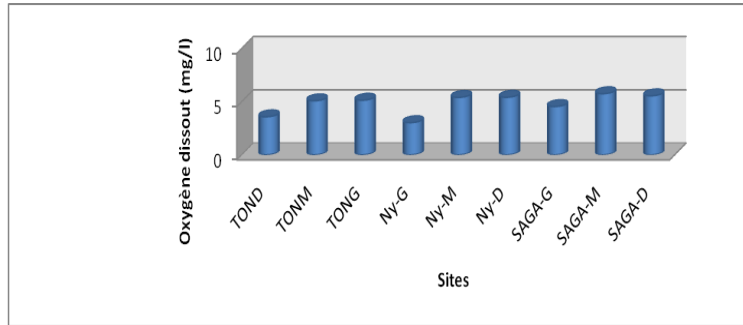
#### ▪ Oxygène dissout

Les teneurs en oxygène sont déterminées principalement par la respiration des organismes aquatiques, l'oxydation et la dégradation des polluants, l'activité photosynthétique de la flore et les échanges avec l'atmosphère (LAMIZINA-DIALLO & al., 2008).

Les moyennes obtenues montrent que les points de prélèvement situés au milieu du fleuve et à la rive droite sont plus oxygénés que ceux situés à la rive gauche. La valeur minimum (3,02 mg/l) est enregistré à Niamey rive gauche et la maximum (5,74 mg/l) Saga milieu du fleuve (FIG).

Les résultats de tous les sites sont en dessous des normes de qualité des eaux piscicoles ( $\geq 7$  mg/l) selon la directive du conseil des communautés européennes et montre un degré de pollution des eaux du fleuve. La figure suivante donne un aperçu sur l'oxygène dissout en fonction des sites de prélèvement.





**Figure 14:** Teneurs en oxygène dissout en fonction des sites retenus

### III.1.4.3. Paramètres azotés et phosphatés

Quatre (4) paramètres ont été suivis. Il s'agit des composés azotés, à savoir l'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) et l'azote total et des composés phosphorés, qui sont les orthophosphates ( $\text{PO}_4^{3+}$ ) et le phosphore total (Ptot).

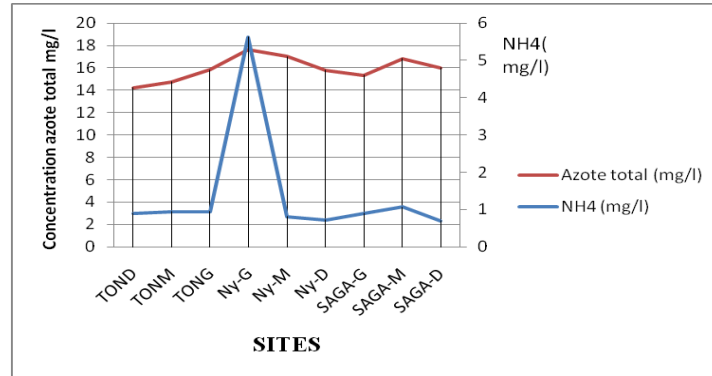
#### ➤ Composés azotés

##### ▪ Azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ )

La valeur moyenne maximale (5,63 mg/l) en azote ammoniacal est observée à Ny-G (abattoir) et le minimum (0,7 mg/l) à Saga rive droite en amont de Niamey. La valeur moyenne de l'azote ammoniacal sur tous les sites est de 12,61 mg/l.

##### ▪ Azote total

Les concentrations les plus élevées en azote total sont enregistrées à Niamey rive gauche et milieu du fleuve avec respectivement 17,66 et 17,03 mg/l. Par contre les plus faibles valeurs sont observées sur le site de TONDIBIA en amont de Niamey (FIG). La moyenne globale pour tous les sites de l'étude est de 15,94 mg/l.



**Figure 15:** Evolution des concentrations en composés azotés (ammonium et azote total) par

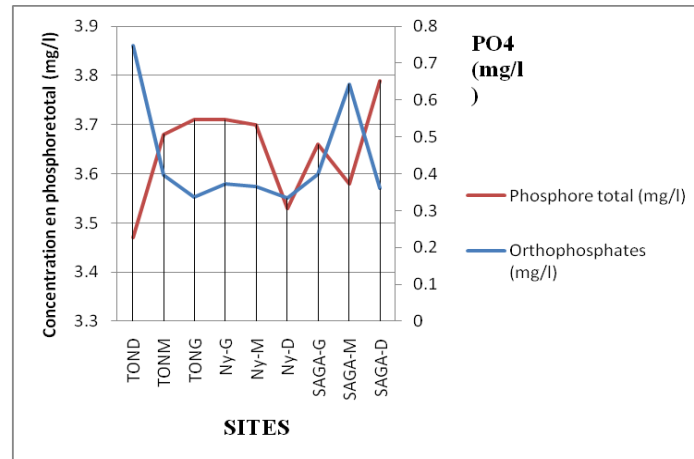
➤ **Composé phosphorés**

▪ **Les orthophosphates**

Les plus fortes concentrations moyennes en orthophosphates sont comprises entre 0,7 mg/l et 0,63 mg/l respectivement à TONDIBIA en amont de Niamey et SAGA milieu du fleuve en aval de Niamey. Les valeurs moyennes varient de la rive droite vers la rive gauche pour les sites amont et aval de Niamey. Par contre à Niamey on a enregistré une variation de la rive gauche vers la rive droite. Néanmoins il n'y a pas de différence significative entre les différents sites.

▪ **Le phosphore total**

En ce qui concerne le phosphore total les plus fortes concentrations (3,71 mg/l) sont enregistrées sur les rives gauches à TONDIBIA en amont de Niamey et à Niamey. Par contre en aval de Niamey à Saga la plus forte concentration est observée à la rive droite 3,79 mg/l. Cependant il n'existe pas de différence significative entre les différents sites.



**Figure 16 :** Concentration des composés phosphorés (orthophosphates et phosphore total)

### III.2. DISCUSSION

L'accumulation distincte de l'azote et du phosphore, en % de la matière sèche, par la Jacinthe pourrait être due non seulement aux milieux riches préférés par cette espèce, mais aussi aux caractéristiques de ses organes d'absorption. Des auteurs ont établi que les plantes submergées (*Zostera marina*, *Potamogeton pectinatus* et *Eichornia crassipes*) absorbent le phosphore aussi bien par les racines que par les tiges (in WAISEL & AGAMI 1991). De plus, ces plantes peuvent fixer les nutriments aussi bien à partir de l'eau qu'à partir des sédiments (in WESTLAKE 1979 rapporté par ENNABILI & RADOUX 2006).

Les valeurs moyennes du pH sont comprises entre 7,69 et 8,47 se situent dans la limite du tolérable des normes françaises (6-9) et nationales (6-9,5) pour la plus part des espèces végétales et animales et particulièrement les poissons. Ces résultats corroborent ceux trouvés par LAMIZANA & al., en 2008 (6,7 et 8,7) pour le cas de Massili dans le Kadiogo. Au regard de ce constat, l'ensemble des valeurs obtenues pour le pH est acceptable.

La seule valeur importante de pH (8,47) est relevée à l'aval de Niamey (SAGA rive gauche). Ce qui être imputé aux déversements du trop plein d'eau des rizières de SAGA utilisant des fortes quantités d'engrais.

La température d'une eau de surface est étroitement liée aux variations de la température ambiante et de la saison. La température étant un facteur très important pour le fonctionnement des écosystèmes, sa variation agira sans doute sur les réactions métaboliques qui se produisent dans l'eau des cours d'eau (DJERMAKOYE M.M.H., 2005).

Les concentrations moyennes (29,43 et 28,4°C) de température ne présentent pas de grandes variations d'un site à l'autre. Ces concentrations montrent qu'il n'y a pas un problème de pollution thermique. Le danger semble s'écarter encore plus lorsqu'on considère que cette température moyenne tombe dans les limites d'acceptabilité voire de confort ( $\leq 40^{\circ}\text{C}$ ) de la flore et de faune aquatiques tropicales du Niger. Nous craignons toutefois que des températures relativement élevées ne favorisent le développement d'autres phénomènes plus néfastes.

La teneur et la composition minérale et organique des matières en suspension dans les eaux sont très variables selon les cours d'eau. Elles sont fonction de la nature des terrains traversés et de la saison des rejets (DJERMAKOYE M.M.H., 2005).

Elles caractérisent la teneur en gramme/litre des éléments non dissous de diverses granulométries transportées par l'eau. Ces matières peuvent être minérales et inertes ou plus ou moins actives vis à vis de l'oxygène.

Cependant des teneurs élevées peuvent empêcher la pénétration des rayons solaires, diminuer l'oxygène dissous et limiter alors le développement de la vie aquatique ; l'asphyxie des poissons, par colmatage des branchies.

Les teneurs moyennes en matières en suspension pour les sites de l'étude sont comprises entre 253 et 555 mg/l. Ces valeurs sont dans les normes de rejets nationaux (1000 mg/l) mais largement supérieures aux normes (20 – 100 mg/l) françaises pour les eaux de surface. Cela s'explique par le phénomène d'érosion qui affecte le bassin et la présence d'importants déchets charriés par les eaux de ruissellement à la fois dans les champs où sont répandus les déchets solides de la ville et dans les caniveaux. Nos résultats sont inférieurs à ceux trouvés par ALHOU 2007 (934 à 1 495 mg/ l) pour la même période. Mais il faut signaler toute fois que cette année, les inondations à Niamey ont joué fortement sur cette différence par le phénomène de la dilution. Ces fortes concentrations en matières en

---

Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master spécialisé, Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE)/ 2iE (ex EIER/ETSHER) Ouagadougou/Promotion 2009-2010.

HASSANE YOUNOUSSOU Hamadou

suspension jouent sur la transparence de l'eau en saison des pluies qui devient faible (AKPAN, 2004 rapporté par ALHOU, 2005) et par conséquent diminue la concentration en oxygène dissous.

Les valeurs obtenues (2,9 et 5 mg/l) de l'oxygène dissout sont toutes inférieures à la norme française (>5 mg/l) à l'exception de celles de SAGA milieu et rive droite du fleuve (5,63 et 5,8 mg/l). Il est intéressant de noter que les faibles teneurs en oxygène dissous peuvent être imputées à un fort degré de minéralisation des eaux (BILLIEN & *al.*, 1999 rapporté par KOUASSY K., 2002). Elles peuvent être aussi le fait d'une forte turbidité (concentration en MES). En effet l'abondance des MES dans l'eau favorise la réduction de la lumière et abaisse la production biologique du fait en particulier, d'une chute de l'oxygène dissout consécutive à une réduction des phénomènes de photosynthèse (LAMIZANA & *al.*, en 2008). Le cours d'eau peut être ainsi comparé à un milieu confiné ; si les être vivants sont trop nombreux (par exemple la prolifération végétale ici la Jacinthe) ou si les polluants biodégradables trop concentrés, le stock d'oxygène peut être rapidement consommé par la respiration et les oxydations.

La conductivité de l'eau est une mesure de sa capacité à conduire le courant électrique. La mesure de la conductivité permet d'apprécier rapidement mais très approximativement la minéralisation de l'eau et de suivre son évolution.

La valeur moyenne maximale (337.33  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) de la conductivité est enregistrée à Niamey rive gauche. Ce lieu reçoit directement les rejets domestiques et industriels en provenance des habitations de la ville de Niamey qui présentent des grandes valeurs de conductivités. Au milieu du fleuve et à la rive droite, la conductivité baisse de manière importante et ceux pour tous les sites de prélèvement, ce qui indique une dilution des rejets polluants après un mélange avec les eaux du fleuve. Néanmoins les valeurs moyennes de la conductivité observées sur tous les sites sont inférieurs à la norme nationale qui est fixée à 2500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Globalement, il n'existe pas de risque de pollution liée à la conductivité.

La DCO est un paramètre qui nous permet d'évaluer d'une manière plus exacte la quantité des matières organique biodégradable ou non biodégradable (LOTFI M., 2009). Nos

valeurs moyennes sont comprises entre 0 et 40 mg/l. Ces valeurs sont très inférieures à la norme nationale ( $\leq 100$  mg/l), cela peut être dû aux fortes inondations qui ont eu lieu cette année à Niamey par l'effet de dilution. Par contre elles sont largement supérieures aux normes françaises qui sont admises à 25 mg/l. Cela peut être imputable à la charge élevée des matières organiques des eaux usées domestiques et aux effluents des unités industrielles implantées aux abords du fleuve.

Selon LAMIZANA-Diallo (2005), cet état de pollution n'affecte pas la répartition des hygrophytes le long d'un cours d'eau mais, a un effet très négatif sur les poissons.

Les teneurs en azote ammoniacal ont observées leur variation maximale à Niamey rive gauche avec 5,63 mg/l. Néanmoins cette valeur est inférieure à la norme nationale de rejet fixé à 15 mg/l. Ce qui est dû en partie à la dilution due aux inondations qui se sont produites cette année à Niamey. La plus haute valeur observée à Niamey rive gauche peut s'expliquer par un apport exogène provenant des eaux de ruissellement en provenance des agglomérations lieux de décharge des ordures ménagères de toutes sortes. Ces dernières chargées en matières en suspension et en matières organiques favorisent l'ammonification et diminuent le taux en oxygène dissous des eaux et ralentissent par conséquent le processus de nitrification.

En période de crue, l'importance des concentrations en ammonium par rapport à celles des nitrates à certains points de nos prélèvements provient d'une ammonification beaucoup plus importante que la nitrification. Ainsi, les collecteurs d'eaux usées rejettent alors plus d'ammonium que de nitrates et de nitrites dans les eaux du fleuve. Il y a alors une fluctuation beaucoup plus remarquable des concentrations en ammonium dans les eaux du fleuve comparativement aux nitrates.

Les plus fortes concentrations (17,66 mg/l) en azote total sont observées à Niamey et vers l'aval à SAGA (16,83 mg/l). Ces concentrations sont largement supérieures à la norme nationale de rejet qui est fixée à 10 mg/l. Ces faits sont en relation avec les rejets domestiques, industriels à Niamey et par la pratique de la riziculture en aval à SAGA, activité grande consommatrice d'engrais NPK. D'où les fortes concentrations en azote total en ces lieux.

Pour le cas du phosphore total, les concentrations sont comprises entre 3,47 et 3,79 mg/l. Ces concentrations sont supérieures aux normes nationales. Ce qui peut être expliqué par l'apport en nutriments des eaux de ruissellement en saison de pluies. Mais aussi par les rejets d'eaux usées domestiques et industrielles dans le fleuve.

Malgré que le phosphore soit (avec l'azote) un des grands responsable de l'eutrophisation, il n'ya pas de risque d'eutrophisation de ce cours d'eau à cause de la grande capacité de dilution du fleuve. Le risque n'existe que pour les bras morts et les berges où le débit est très faible et courant nul. On note à cet effet le développement d'un important couvert végétal sur le plan d'eau.

Les concentrations en orthophosphates sont également plus élevées comparativement aux normes nationales et françaises de rejet, ce qui peut s'expliquer de la même manière que pour le phosphore total.

## **CHAPITRE IV RECOMMANDATIONS POUR UNE LUTTE EFFICACE**

On a longtemps pensé que la meilleure manière de maîtriser la jacinthe d'eau était de l'enlever, puis de lui faire subir les transformations nécessaires pour l'utiliser comme engrais, nourriture animale, pour obtenir des fibres pour la production de papier, d'autres substances chimiques et pour obtenir du biogaz. Ce qui peut se résumer en trois principales méthodes de lutte dont, l'extraction physique (manuelle et mécanique), la lutte chimique et la lutte biologique.

Néanmoins force et de constater que aucun de ces méthode n'a permis l'éradication complète et la prolifération de cette peste.

La prolifération des plantes aquatiques envahissantes en général et de la jacinthe d'eau en particulier peut être ainsi traitée de manière préventive en réduisant ou même en supprimant les causes responsables de cette prolifération. Il s'agit d'un travail de sensibilisation aux pollueurs afin de créer une prise de conscience collective.

### **IV.1. La réduction des apports d'origine domestique**

La plupart des stations d'épuration qui équipent les services de collecte et de traitement des eaux usées des communes ou de leur groupement sont conçues pour éliminer les matières en suspension et une partie des matières dissoutes. Bon nombre de ces stations n'éliminent, en ce qui concerne les matières dissoutes, que peu d'azote et de phosphore. En effet, les stations d'épuration n'ont été conçues jusqu'à présent que pour l'élimination du carbone piégé dans les boues. L'azote et le phosphore sont en fait minéralisés et redonnés à la nature. Dans bien des cas, ce traitement partiel n'est pas suffisant pour maintenir un équilibre biologique satisfaisant au sein du milieu récepteur.

#### **IV.1.1. Traitement de l'azote dans les eaux usées urbaines**

Les procédés d'épuration biologique de nitrification et de dénitrification sont les mieux adaptés pour éliminer l'azote des effluents urbains. En effet, les procédés physico-chimiques qui comprennent essentiellement la chloration, l'électrodialyse, les résines échangeuses d'ions et le stripage de l'ammoniaque, ne sont guère applicables en traitement

---

Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master spécialisé, Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE)/ 2iE (ex EIER/ETSHER) Ouagadougou/Promotion 2009-2010.

HASSANE YOUNOUSSOU Hamadou



des eaux résiduaires urbaines en raison soit de leur faibles rendements, soit de leurs coûts prohibitifs. Ce sont aujourd'hui les procédés biologiques qui sont les plus compétitifs et les mieux adaptés au traitement de l'azote des eaux usées domestiques.

Nous proposons à cet effet :

- La nitrification et la dénitrification
- Nitrification : c'est un procédé qui permet la transformation de l'ammoniaque en nitrates en présence d'oxygène. En pratique, cette opération est réalisée lors de la phase aérée de la biomasse par l'intermédiaire de bactéries autotrophes du genre *Nitrosomonas* et *Nitrobacter* qui assurent successivement la conversion d'ammoniaque en nitrites (nitritation) puis des nitrites en nitrates (nitratisation).

Ce sont les systèmes par boues activées, en aération prolongée en bassin unique ou avec une zone d'anoxie en tête. Le volume du bassin d'aération doit être suffisant pour respecter la cinétique de nitrification. L'aération théorique est de 4,6 kg d'oxygène par kg d'azote à oxyder et il faut maintenir 1 à 2 mg/l en oxygène dans le bassin d'aération (POUILLEUTE, 1996).

- Dénitrification : c'est une technique qui permet le passage des nitrates à l'azote gazeux atmosphérique en milieu anoxique. Le procédé le plus répandu consiste à réaliser une zone d'anoxie en amont de l'épuration biologique ou à créer une zone d'anoxie dans le bassin d'aération.

#### **IV.1.2. Réduction du phosphore dans les eaux usées urbaines**

La réduction des apports phosphorés des eaux usées est en général considérée comme le facteur clé de la lutte contre l'eutrophisation des rivières, des lacs et des fleuves. Il s'avère en effet que l'élimination de l'azote soit insuffisante et ne constitue pas un facteur limitant dans la mesure où certaines algues sont capables de fixer l'azote atmosphérique.

La principale source de phosphore dans les effluents domestiques sont les produits lessiviels et détergents car ils constituent plus de la moitié des phosphates déversés. La

---

Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master spécialisé, Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE)/ 2iE (ex EIER/ETSHER) Ouagadougou/Promotion 2009-2010.

HASSANE YOUNOUSSOU Hamadou

suppression des tripolyphosphates (TPP) des lessives semble donc nécessaire. Les TPP utilisés comme adoucisseurs de lavage peuvent être remplacés par d'autres substances.

## **IV.2. La réduction des apports d'origine agricole**

### **IV.2.1. La fertilisation des sols**

Le phosphore est avec l'azote et le potassium, la base de la fertilisation dans le monde agricole. Il apparaît en effet que l'érosion générée par les précipitations et le ruissellement constituent un élément majeur du transport des polluants vers les eaux de surface. Les substances présentes à la surface du sol sont susceptibles d'être entraînées sous forme soluble ou adsorbées aux particules de sol entraînées. Comme dispositif capable de limiter les processus de transfert, nous proposons le dispositif enherbé jouant un rôle de filtre face au ruissellement. Les matières sont ainsi filtrées par la végétation dense. Suivant leur implantation et leurs caractéristiques, les bandes enherbées permettent de piéger un grand nombre des particules du sol transportées par le ruissellement. Elles sont donc capables d'abaisser les teneurs en nitrates.

Nous proposons aussi l'utilisation de la jachère obligatoire dans sa forme fixe. En effet, la jachère obligatoire quand il y a mise en place de bandes enherbées le long des rivières, serait très bénéfique pour la séquestration des polluants diffus et ponctuels.

### **IV.2.2. La pollution liée à l'élevage**

Les effluents d'élevage sont des fertilisants pour l'agriculture. Mais, ils peuvent aussi être à l'origine de la pollution des rivières, des plans d'eau et des nappes souterraines compromettant notamment l'alimentation en eau potable. Nous proposons à ce niveau un encadrement et la sensibilisation des éleveurs par des méthodes de gestion de leurs effluents.

## **Conclusion et Perspectives**

Cette étude portant sur la prolifération des plantes aquatiques envahissantes sur le fleuve Niger et état des lieux de la pollution en azote et en phosphore des eaux est l'une des

---

Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master spécialisé, Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE)/ 2iE (ex EIER/ETSHER) Ouagadougou/Promotion 2009-2010.

HASSANE YOUNOUSSOU Hamadou

rare études au Niger. Alors que le Niger pays sahélien dont les 3/4 de son territoire est désertique a besoin d'une préservation de ses ressources naturelles en générale et des écosystèmes aquatiques en particuliers. Les écosystèmes aquatiques en général et le fleuve Niger en particulier revêtent un intérêt social, culturel et économique mais des pressions anthropiques menacent dangereusement ces écosystèmes et sont souvent à la base de nombreux déséquilibres écologiques Le cas de la ville de Niamey, installée le long du fleuve Niger est un exemple qui permet d'illustrer l'impact des activités humaines (domestiques et industrielles) sur ce cours d'eau. Les rejets polluants qui se mélangent aux eaux naturelles ont diverses origines qui permettent leur classification en des eaux usées domestiques constituées par les eaux vannes (issues des W-C, des latrines et des toilettes) et les eaux usées ménagères provenant des eaux de cuisine, de lessive et de vaisselle.

La prolifération des jacinthes, et l'énorme biomasse que cette plante représente correspond à un piégeage considérable de sels minéraux et nutritifs provenant de ces eaux usées

Notre travail se veut dans un premier temps de faire une étude de la qualité des eaux du fleuve Niger à Niamey qui prend en compte les caractéristiques physico-chimiques de l'eau et des sédiments mais aussi de faire une étude de corrélation entre la prolifération de la jacinthe d'eau et la disponibilité des nutriment dans le milieu.

L'utilisation des méthodes statistiques simples à Anova nous a permis d'approcher une telle problématique même s'il n'existe pas de différence significative entre les paramètres mesurés et la prolifération de la jacinthe.

Il ressort principalement de cette étude que le déversement dans le fleuve Niger des eaux usées de la ville de Niamey présente un impact très faible sur l'ensemble de l'écosystème grâce aux débits du fleuve qui sont plus importants que ceux des rejets surtout avec les inondations de la ville de Niamey cette année.

Il faut tout de même retenir que :

- Un pied de jacinthe de 572 g de poids frais peut contenir jusqu'à 92% de teneur en eau. Ce qui nous interpelle sur le caractère très consommatrice d'eau de la jacinthe ;

- Les analyses statistiques sous Anova ne nous donnent pas de corrélations significatives entre la présence de la jacinthe et la disponibilité en nutriments dans l'eau et les sédiments. Surtout que la présence de la jacinthe est seulement remarquée pendant la saison pluvieuse.

Dans le cadre de cette étude, nous avons tenté de prospecter l'impact des rejets sur la qualité des eaux du fleuve Niger le long des berges. Ce qui nous permet de faire cette conclusion: les eaux du fleuve Niger à Niamey subissent une altération liée à la matière organique (DCO, O<sub>2</sub>) et aux nutriments (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, P<sub>Tot</sub>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, N<sub>Tot</sub>) détectable le long des berges. Cette altération disparaît juste à quelque mètre des points de rejete grâce à la capacité de dilution du fleuve.

Au vu des résultats obtenus, ces eaux sont déconseillées à la boisson pour les humains, sauf après des traitements chimiques, L'apport du NaCl pour élever le pH pourraient les rendre plus douces et donc de bonne qualité pour être consommées par les ménages.

Ainsi au terme de cette étude nous faisons les recommandations suivantes :

- un suivi régulier de la qualité des eaux du fleuve Niger (surtout le long des berges) sur une gamme plus étendue de descripteurs (matières organiques, nutriments, bactériologie, micropolluants,...) ;
- le respect par les industriels de la réglementation des rejets d'eau usée ;
- le renforcement des capacités aux gestionnaires des milieux aquatiques à travers des ateliers et des formations ;
- la sensibilisation des populations vivant dans cet écosystème sur les mesures d'assainissement ;
- le déguerpissement des dépotoirs d'ordures ménagères des environs du fleuve.

## Références Bibliographiques

1. **Abrinord., 2008.** Guide des problématiques liées à l'eau. Le bassin versant de la rivière du nord, 24 pp.
2. **Alhou B. (2007)** Impact des rejets de la ville de Niamey (Niger) sur la qualité des eaux

---

Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master spécialisé, Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE)/ 2iE (ex EIER/ETSHER) Ouagadougou/Promotion 2009-2010.

HASSANE YOUNOUSSOU Hamadou

du fleuve Niger. Thèse de Doctorat, Faculté université notre Dame de la paix Namur, Belgique, 229p.

3. **Alhou B., MICA J-C., DODO A., et AWAISS A. (2009)**-Etude de la qualité physico-chimique et biologique des eaux du fleuve Niger à Niamey. Article publié in International Journal of Biological and Chemical Sciences.
4. **Ameyapoh Y., Hiheglo M., Bawa L. M. et De Souza C., 2005.** Impacts des contaminations microbiennes et chimiques de la lagune de Lomé sur la qualité des poissons pêchés dans ses eaux. École Supérieure des Techniques Biologiques et Alimentaires (ESTBA), Université de Lomé, Togo. 4p.
5. **Anonyme. 2006.** Rapport problématique sur la jacinthe d'eau ; Projet d'un Fleuve à l'autre ; 15p. Site : [www.usgl-glu.org](http://www.usgl-glu.org). Date de consultation : 12.05.2008. Hyperlien (url): <http://www.usgl-glu.org/myfiles/Proliferation.Pdf>
6. **Autorité du Bassin du Niger (A.B.N.), 2002.** *Mission, activités en cours et perspectives, Document d'information, 9 p.*
7. **Autorité du Bassin du Niger., 2002.** Mission, activités en cours et perspectives, Document d'information, 9 p.
8. **Ayihonsi S., 2006.** Effets des stocks d'azote et de phosphore sur la distribution des plantes flottantes sur les eaux du lac Nokoué: cas de la jacinthe d'eau (République du Bénin). *Mémoire de fin de formation en APE-DIT-EPAC-UAC, Cotonou. 73 p.*
9. **Babu R., Sajeena A., Seetharaman K., 2003.** Bioassay of the potentiality of *Alternaria alternata* (Fr.) Keissler as a bioherbicide to control water hyacinth and other aquatic weeds *Cro p. Prot. 22, p. 1 005-1013.*
10. **Barroin G., 2000** Gestion des risques. Santé et environnement : le cas des nitrates Phosphore, azote et prolifération des végétaux aquatiques. INRA - Hydrobiologie et faune sauvage.
11. **Besnier A.L., 2005.** La mise en place de la Gestion intégrée des ressources en eau dans le bassin du fleuve Niger : le début d'un long processus, mémoire de DEA, Paris, Université Paris X-Nanterre, 113 p.

12. **Dagno K., Lahlali R., Friel D., Bajji M., Juakli H., 2007.** Synthèse bibliographique: problématique de la jacinthe d'eau, *Eichhornia crassipes*, dans les zones tropicales et subtropicales du monde, notamment son éradication par la lutte biologique au moyen des phytopathogènes. *Vol 11(2007), n°4: 299-311. Article.* Date de consultation : 03.04.2008. Hyperlien (url): <http://popups.ulg.ac.be/Base/document.php?id=1706>
13. **Diallo L., Birguy M., Kenfack S., Milogo R.J. (2008),** Evaluation de la qualité physico-chimique de l'eau d'un cours d'eau temporaire du Burkina Faso-le cas du Massili dans le Kadiogo.
14. **Djermakoye M.M.H. (2005),** Les eaux résiduaires des tanneries et des teintures : caractéristique physico-chimique, bactériologique et impacte sur la qualité des eaux de surface et souterraines. Thèse de doctorat en pharmacie. Université de Bamako, 118 pp
15. **Fao., 2000.** *Water weeds management in West Africa/Ghana water bodies.* Rome: FAO: document de projet n°TCP/RAF/0066.
16. **Harley KL., Julien MH., Wright AD., 1997.** *Water hyacinth: A tropical worldwide problem and methods for its control. Proceedings of the first meeting of the International Water Hyacinth Consortium, 18-19 March.* Washington: World Bank.
17. **Holm LG., Plucknett DL., Pancho JV., Herberger JP., 1977.** *The world's worst weeds: distribution and biology.* Honolulu: University Press of HAWAÏ, 609 p.
18. **Kerim M., 2006.** Un syndicat pour le fleuve Niger, *Banc Public n°151 Nicolas.*
19. **Kotschoubey & Koné A., 2005.** Evaluation pour le suivi de la qualité de l'eau dans le bassin du Niger/UNOPS: Banque mondiale.
20. **Lotfi M. (2009) –** Etude et caractérisation des eaux de l'Oued Soummon (Algérie). Laboratoire de technique des matériaux et de génie des procédés (LTMGP) Université de Béjaïa.
21. **Mounkeila G., 1984.** Contribution à l'étude de la flore et de la végétation des milieux aquatiques et des sols hydromorphes de l'ouest de la République du Niger, de la longitude de Dogondoutchi au fleuve Niger. Thèse de Doctorat de 3ème cycle de Géographie tropicale - écologie et Aménagement et développement. Université de Niamey/Bordeaux II. 149 p + annexes.

22. **Ouattara M. & Sokona M.F., 1997.** Lutte intégrée contre la jacinthe d'eau et autres plantes aquatiques nuisibles. Rapport FAO, 1997.
23. **Picouet C., 1999.** Géodynamique d'un hydrosystème tropical peu anthropisé: Le bassin supérieur du Niger et son Delta Intérieur. Thèse. Université de Montpellier II.
24. **Pouillete E. (1996)** – Les phénomènes d'eutrophisation. Mémoire DU « eau et environnement », D.E.P, Amiens, 40p.
25. **Qaisar M., Zheng P., Siddiqi Mr., Islam E., Azim Mr., Yousaf H., 2005.** Anatomical studies on water hyacinth (*Eichhornia crassipes* (MART.) Solms) under the influence of textile waste water. J. Zhejlang. Univ.6B (10), p.991-998.
26. **TOSSOU, Y. 2004.** Evaluation des nuisances causées par la prolifération de la jacinthe d'eau (*Eichhornia crassipes*) (Mart.) Solms-Laubach sur le lac Nokoué et la lagune de Porto Novo et la pollution par le dépôt des déchets urbains sur le chenal de Cotonou (République du Bénin). *Mémoire de fin de formation en APE-DIT-EPAC-UAC, Cotonou. 53 p.*
27. **Unesco, 2006.** Le fleuve Niger, les îles et la vallée.
28. **WILSON, J.R., HOLST, N., REES, M. 2005.** Determinants and patterns of populations growth in water hyacinth. *Aquatic Bot. 81, pp. 51-67.*
29. [www.afdb.org/.../ADF-BD-IF-2008-50-FR-NIGER-EIES-programme-kandadji-de-regeneration-des-ecosystemes-et-de-mise-en-valeur-des-ressources-naturelles](http://www.afdb.org/.../ADF-BD-IF-2008-50-FR-NIGER-EIES-programme-kandadji-de-regeneration-des-ecosystemes-et-de-mise-en-valeur-des-ressources-naturelles).

## **ANNEXES**

---

Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master spécialisé, Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE)/ 2iE (ex EIER/ETSHER) Ouagadougou/Promotion 2009-2010.

HASSANE YOUNOUSSOU Hamadou



**Annexe 1** : Concentration des éléments dans le végétal (demande), dans une eau naturelle (offre) et rapport demande/offre.

Eléments	SYMBOLE	Demande (végétal) %	offre (eau) %	dem/offre (approx)
Oxygène	O	80,5	89	1
Hydrogène	H	9,7	11	1
Carbone	C	6,5	0,0012	5
Silicium	Si	1,3	0,00065	2
Azote	N	0,7	0,000023	30
Calcium	Ca	0,4	0,0015	<1.000
Potassium	K	0,3	0,00023	1.3
Phosphore	P	0,08	0,000001	80
Magnésium	Mg	0,07	0,0004	<1.000
Soufre	S	0,06	0,0004	<1.000
Chlore	Cl	0,06	0,0008	<1.000
Sodium	Na	0,04	0,0006	<1.000
Fer	Fe	0,02	0,00007	<1.000
Bore	B	0,001	0,00001	<1.000
Manganèse	Mn	0,0007	0,0000015	<1.000
Zinc	Zn	0,0003	0,000001	<1.000
Cuivre	Cu	0,0001	0,000001	<1.000
Molybdène	Mo	0,00005	0,0000003	<1.000
Cobalt	Co	0,000002	0,000000005	<1.000

(VALLENTYNE, 1974 rapporté par BARRION 2000).

**Annexe 2 : Caractéristiques physico-chimiques des eaux du fleuve Niger**

Dates	Stations	NH3 mg/l	PO <sub>4</sub> mg/l	P <sub>Tot</sub> mg/l	T°C	pH	Oxy, dissout %	Oxy, dissout mg/l	Conductivité µs/cm	DCO mg/l	MES mg/l
07/08/ 2010	Tondi,D	1,16	1,64	0,107	27,62	7,43	24,2	1,70	3,47	0	190
	Tondi,M	1,54	0,53	0,104	28,18	7,97	75,2	5,63	67	119	246
	Tondi,G	0,9	0,31	0,149	28,5	7,81	61,1	5,21	72	3	387
	Ny,G	0,77	0,43	0,156	27,84	7,4	0,31	4,00	282	0	388
	Ny,M	1,03	0,4	0,273	28,74	7,94	71,1	5,68	71	2	326
	Ny,D	0,77	0,3	0,117	28,78	7,9	76,5	5,71	68	0	210
	Sag,G	0,64	0,49	0,146	29,85	8,5	64,6	4,73	150	0	495
	Sag,M	1,41	1,23	0,218	28,92	8,05	77,4	5,76	71	0	454
	Sag,D	0,77	0,36	0,123	29,76	8,14	77	5,66	68	2	349
08/10/ 2010	Tondi,D	0,64	0,31	0,146	29,06	8,29	47,9	3,54	56	58	280
	Tondi,M	0,64	0,36	0,156	29,55	8,22	68,8	5,04	38	0	346
	Tondi,G	0,9	0,34	0,11	29,40	7,72	64,4	4,73	58	0	477
	Ny,G	0,64	0,33	0,254	29,26	8,41	63,3	4,66	80	0	476
	Ny,M	0,64	0,3	0,136	29,43	8,23	74,4	5,46	45	0	426
	Ny,D	0,64	0,29	0,12	29,12	8,05	65,9	4,86	36	4	308
	Sag,G	1,29	0,32	0,13	28,07	8,51	57,7	4,33	74	0	585
	Sag,M	1,03	0,35	0,149	28,68	8,24	74,8	5,57	43	117	554
	Sag,D	0,77	0,33	0,097	28,37	8,08	72,9	5,46	34	0	439
		Sag,G	0,77	0,39	0	28,33	8,42	60,4	4,53	69	5
14/08/ 2010	Sag,M	0,77	0,35	0,192	28,73	8,34	79,3	5,90	42	3	567
	Sag,D	0,64	0,39	0,156	28,63	8,17	74,1	5,52	36	2	449
	Ny,G	15,48	0,36	0,407	28,11	7,26	5,6	0,42	650	0	496
	Ny,M	0,77	0,4	0,205	28,62	8,24	67,4	5,03	56	1	437
	Ny,D	0,77	0,23	0,091	28,88	8,04	75,8	5,63	49	7	324

Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master spécialisé, Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE)/ 2iE (ex EIER/ETSHER) Ouagadougou/Promotion 2009-2010.

HASSANE YOUNOUSSOU Hamadou

Dates	Stations	NH3	PO <sub>4</sub>	P <sub>Tot</sub>	T°C	pH	Oxy,	Oxy,	Conductivité	DCO	MES
	Tondi,D	0,9	0,29	0,149	28,76	8,36	73,5	5,47	38	17	290
	Tondi,M	0,64	0,3	0,179	29,98	8,20	62,6	4,56	53	31	357
	Tondi,G	1,03	0,36	0,234	29,35	7,47	74,1	5,46	47	0	490

**Annexe 3:** Projet de normes nigériennes de rejet de déchets liquides

<b>Paramètres</b>	<b>normes</b>
pH	6-9,5
T°C	≤ 50°C
Matières en suspension (MES)	≤ 1 g/l
Demande chimique en oxygène (DCO)	≤ 100 mg/l
Azote total	≤ 10 mg/l
Ammonium (NH <sub>4</sub> )	≤ 15 mg/l

**Annexe 4:** Teneurs en eau des pieds de Jacinthe en fonction des sites de prélèvement

Date	Stations	Poids frais (g)	Poids sec (g) après séchage au four à 60° en 72H	Teneur en eau %  $\frac{(Pf-Ps) \times 100}{Pf}$
07/08/2010	TON <sub>D</sub>	572,53	43,06	<b>92,47</b>
	NY <sub>ABATTOIR</sub>	239,45	16,74	<b>93,00</b>
	SAGA <sub>G</sub>	190,84	13,35	<b>93,00</b>
08/10/2010	TON <sub>D</sub>	575,09	43,43	<b>92,44</b>
	TON <sub>G</sub>	504,53	40,80	<b>91,89</b>
	NY <sub>ABATT-G</sub>	645,3	50,22	<b>92,21</b>
	SAGA <sub>G</sub>	270,74	18,93	<b>93,00</b>
14/08/2010	SAGA <sub>G</sub>	294,49	20,6	<b>93,00</b>
	NY <sub>ABATT-G</sub>	389,73	35,1	<b>90,99</b>
	TON <sub>D</sub>	450,26	17,06	<b>96,21</b>
	TON <sub>G</sub>	219,44	29,53	<b>86,54</b>

**Annexe 5 : Formule pour le calcul de la demande/offre en azote et en Phosphore**

$$\% N = m_N / (M - M_e)$$

Avec N azote ;  $m_N$  massa de l'azote après analyse mg N/kg ; M= masse volumique de l'échantillon brute ;  $M_e$  = masse de l'eau désionisée.

$$\% P = m_P / (M - M_e)$$

**Annexe 6** : Densité des pieds de jacinthe au m<sup>2</sup> per site

Date	SITES	Nombre de pied au m <sup>2</sup>
07/08/2010	TON <sub>D</sub>	Carré 1 : 49
		Carré 2 : 61
		Carré 3 : 28
		<b>Moyenne : 46</b>
	NY-ABATTOIR <sub>G</sub>	Carré 1 : 52
		Carré 2 : 41
		Carré 3 : 43
		<b>Moyenne : 45</b>
	SAGA <sub>G</sub>	Carré 1 : 33
		Carré 2 : 23
		Carré 3 : 23
		<b>Moyenne : 26</b>
08/10/2010	TON <sub>D</sub>	Carré 1 : 52
		Carré 2 : 28
		<b>Moyenne : 40</b>
	TON <sub>G</sub>	Carré 1 : 53
		Carré 2 : 44
		<b>Moyenne : 48</b>
	NY-ABATTOIR <sub>G</sub>	Carré 1 : 43
		Carré 2 : 47
		<b>Moyenne : 45</b>
	SAGA <sub>G</sub>	Carré 1 : 57
		Carré 2 : 37
		<b>Moyenne : 47</b>
14/08/2010	SAGA <sub>G</sub>	Carré 2 : 27
		<b>Moyenne : 32</b>
	NY-ABATTOIR <sub>G</sub>	Carré 1 : 30
		Carré 2 : 38
		Moyenne : 34
	TON <sub>D</sub>	Carré 1 : 50
		Carré 2 : 18
		<b>Moyenne : 34</b>
	TON <sub>G</sub>	Carré 1 : 17

Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master spécialisé, Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE)/ 2iE (ex EIER/ETSHER) Ouagadougou/Promotion 2009-2010.

HASSANE YOUNOUSSOU Hamadou

<b>Date</b>	<b>SITES</b>	<b>Nombre de pied au m<sup>2</sup></b>
		Carré 2 : 37
		<b>Moyenne : 27</b>



---

Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master spécialisé, Gestion Intégrée des  
Ressources en Eau (GIRE)/ 2iE (ex EIER/ETSHER) Ouagadougou/Promotion 2009-2010.

HASSANE YOUNOUSSOU Hamadou