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

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE – MASTER 2ème ANNEE
(INGENIEUR)

ANALYSE DES ENJEUX LIES A LA GESTION DE LA RESSOURCE EN EAU DU BARRAGE DE ZIGA ET PERSPECTIVES D'UN APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE ADEQUAT DE LA VILLE DE OUAGADOUGOU JUSQU'EN 2025

Présenté par :

Waba Aimé Céserd AKPAUD

Encadreurs :

Dr Samuel YONKEU
Dr Fafré BAGAYOKO
Dénis ZOUNGRANA
Zakari BOURAIMA

Année académique 2006-2007

SOMMAIRE

LISTE DES TABLEAUX 3
LISTE DES FIGURES 3
SIGLES ET ABREVIATIONS 4
REMERCIEMENT 6
RESUME 7
INTRODUCTION 9
CONTEXTE ET JUSTIFICATION DE L'ETUDE 11
I PRESENTATION DU MILIEU D'ETUDE 12
I.1 Description et situation du barrage de Ziga 12
I.2 Climat 13
I.3 Végétation 13
I.4 Hydrologie 13
II OBJECTIF ET METHODOLOGIE DE L'ETUDE 14
II.1 Objectif de l'étude 14
II.2 Méthodologie de l'étude 14
III PRESENTATION DU BARRAGE DE ZIGA 17
IV LA GESTION DE L'EAU AU BURKINA FASO 19
IV.1 Politique nationale de l'eau 19
IV.2 Les mécanismes institutionnels et réglementaires 23
IV.3 La gestion et la protection des ressources en eau 24
V ETAT DE LIEUX DES UTILISATEURS DE LA RESSOURCE 25
V.1 L'ONEA et ses abonnés 25
V.2 Les utilisateurs informels 25
VI EVALUATION DES QUANTITES ET PROJECTIONS DES PRELEVEMENTS 29
VI.1 L'ONEA et ses abonnés 29
VI.2 Les utilisateurs informels 33
VII LES ENJEUX DE LA GESTION DE L'EAU DU BARRAGE DE ZIGA 36
VII.1 Enjeux socio-économiques 36
VII.2 Enjeux environnementaux 36
VII.3 Enjeux sanitaires 37
VII.4 Enjeux politiques 37
VIII LES CONTRAINTES MAJEURES LIEES A LA GESTION DE LA RESSOURCE EN EAU DU BARRAGE DE ZIGA 38
VIII.1 Une croissance démographique soutenue et une demande en eau en forte progression 38

VIII.2 Le changement climatique....39
VIII.3 L'envasement....42
VIII.4 Utilisations informelles de la ressource....44
VIII.5 Etat des moyens de contrôle....44
IX PROPOSITION POUR L'UTILISATION DURABLE DE LA RESSOURCE....45
X ANALYSE ET DISCUSSION....48
CONCLUSION....52
BIBLIOGRAPHIE....53
ANNEXES....54

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Projection de la demande 31
Tableau 2 : Evaluation et projection des prélèvements pour le maraîchage 33
Tableau 3: Evaluation du cheptel 33
Tableau 4: Evaluation et projection de la consommation des animaux 34
Tableau 5: Evaluation et projection des prélèvements domestiques 35
Tableau 6: Projection démographique-SMPF et ISL Etude Marketing 38
Tableau 7: Projection de la population retenue 39
Tableau 8: Impacts possibles sur les différentes composantes du système hydrique suite à une modification de différents événements météorologiques types. 40
Tableau 9 : Evolution de la pluviométrie aux différents horizons 41
Tableau 10 : Evolution de la température aux différents horizons 41
Tableau 11: Diminution de la capacité de la retenue par les dépôts solides 43
Tableau 12 : Diminution de la capacité de la retenue par les dépôts solides 43
Tableau 13 : Estimation du volume d'eau dans le barrage aux différents horizons 50

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Localisation du Barrage de Ziga 12
Figure 2: Remplissage du Barrage de Ziga au 31 janvier des six dernières années 18
Figure 3: Taux de remplissage du barrage de Ziga au 31 janvier des six dernières années .18
Figure 4 : Activité maraîchère 26
Figure 5 : Bétail venant s'abreuver 27
Figure 6 : Fabrication de brique 28
Figure 7 : Activité domestique (lessive) 28
Figure 8 : Charrette contenant des bidons de prélèvement pour la consommation 29
Figure 9 : Excrétas des bétails 37
Figure 10 : Evolution de la capacité de la retenue en fonction des dépôts solides 44
Figure 11 : Evolution de la demande et de la capacité de production 49

SIGLES ET ABREVIATIONS

BCEOM : Bureau Central d'Etude d'Outre Mer

CDI : Centre de Documentation et d'Information

CEMAGREF : Centre Machinisme, du Génie Rural, des Eaux et Forêts

DGIRH : Direction Générale de l'Inventaire des Ressources Hydrauliques

DRO : Direction Régionale de Ouagadougou

GIRE : Gestion Intégrée des Ressources en Eau

INSD : Institut National de la Statistique et de la Démographie

IRD : Institut de Recherche pour le Développement

MAGICC: Model for Assessment of Greenhouse-gas Induced Climate Change

MOZ : Maîtrise d'Ouvrage de Ziga

OMD : Objectif du Millénaire pour le Développement

OMM : Organisation Mondiale de la Météorologie

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

ONU : Organisation des Nation Unies

PAGIRE : Plan d'Action pour la Gestion Intégrée des Ressources en Eau

PAIS : Plan d'Atténuation des Impacts sur la Santé

PCIR : Plan de Construction d'Infrastructures Rurales

PGAIE : Plan Gouvernemental d'Atténuation des Impacts sur l'Environnement

PRIPA : le Plan de Recasement et d'Indemnisation des Populations Affectées ;

PRR-PAIB : le Plan de Restauration des Revenus et d'Atténuation des Impacts Biophysiques;

SCENGEN : SCEnario GENerator

SMPF : Service de Mobilisation et Planification des Finances

UGZHBZ : Union des Groupements de la Zone Humide du Barrage de Ziga

UNICEF: United Nations International Children's Emergency Fund

DEDICACE

Je dédie ce mémoire de fin d'étude à :

L'éternel, qui a fait le soleil pour éclairer le jour, qui a destiné la lune et les étoiles à éclairer la nuit qui soulève la mer et fait mugir ses flots. Lui dont le nom est l'Eternel des armées pour avoir toujours été à mes côtés durant tout mon cursus scolaire.

Mon père KOUAME Kouakou Emile qui a toujours été là pour m'apporter son soutien spirituel, financier et moral.

Ma mère chérie KOFFI Affoué pour son soutien et son affection.

Ma tante KOUAME Brou qui m'a accordé son hospitalité pour la suite de mes études à Abidjan.

Mes frères, sœurs, cousins et cousines pour leurs soutiens.

Mes amis de la 36ème promotion pour la collaboration de ces trois dernières années.

A toutes ces personnes je voudrais que le Seigneur leur rende au delà de ce qu'ils ont pu faire pour moi.

REMERCIEMENT

Je ne peux m'empêcher de remercier toutes ces personnes qui par leur disponibilité m'ont permis de réaliser ce mémoire de fin d'étude, à savoir :

- Dr Samuel YONKEU, Maître de Recherche, Enseignant chargé de cours d'environnement au 2IE, malgré son temps très chargé a bien voulu assurer l'encadrement de ce mémoire. Je lui suis entièrement reconnaissant ;
- Dr Fafré BAGAYOKO, assistant du Dr Samuel YONKEU pour sa disponibilité et l'attention qu'il a porté au document;
- Monsieur Dénis ZOUNGRANA, Enseignant au 2IE pour sa claire voyance, sa disponibilité et ses orientations ;
- Monsieur Zakari BOURAIMA, Enseignant au 2IE pour l'importance qu'il m'accordait à chaque fois que je le sollicitais malgré son emploi du temps très chargé ;
- Dr Harouna KARAMBIRI, Enseignant au 2IE pour les informations et les outils mis à ma disposition pour mon travail ;
- Monsieur Roméo GNAN, assistant du Dr KARAMBIRI, pour son soutien, sa disponibilité et son aide.
- Monsieur Boureima NEBIE, Coordonnateur PGAIE, MOZ/ONEA pour sa disponibilité et tous les documents mis à notre disposition pour les recherches documentaires ;
- Messieurs Lassina SANOU, Chef de production à la DRO/ONEA pour sa disponibilité et pour les aides apportés;
- Monsieur Francis KERE, Responsable de la Station de Ziga, pour l'hébergement et sa disponibilité ;
- Tous les agents de l'ONEA sur le site du barrage et particulièrement Monsieur Jean Paul BAGORE qui a effectué tous les différents déplacements de terrain avec moi.

Je ne saurais terminer sans remercier tous mes amis de la 36ème promotion pour les trois merveilleuses années passées au sein du 2IE-Groupe EIER-ETSHER.

AUTEUR : Waba Aimé Céserd AKPAUD

Professeur responsable :

Dr Samuel YONKEU

Encadreurs :

Dr Samuel YONKEU
Dr Fafré BAGAYOKO
Denis ZOUNGRANA
Zakari BOURAIMA

THEME :

Analyse des enjeux liés à la gestion de la ressource en eau du barrage de Ziga et perspectives d'un approvisionnement en eau potable adéquat de la ville de Ouagadougou jusqu'en 2025

RESUME

Il n'est nul besoin d'insister sur le rôle crucial que l'eau joue dans nos sociétés de même que sur le rôle fondamental qu'elle a pu jouer historiquement dans l'évolution des civilisations passées. Au fil du temps, la mise en place d'infrastructures d'eau potable a permis d'assurer un accès de plus en plus aisé à une eau de bonne qualité, en abondance, pour tous les résidents des grandes villes. Ce pendant la croissance démographique et le développement économique font que la demande est supérieure à l'offre.

La ville de Ouagadougou capitale du Burkina Faso qui fait parti de ces grandes villes, connaît depuis plus d'une décennie une véritable explosion démographique, due notamment à un exode rural continu, engendrant une urbanisation de plus en plus massive (1 273 355 habitants en 2006) avec un taux de croissance élevé (6,02% sur la période 1996-2006) suscitant une demande en eau de plus en plus importante.

Face à une telle situation, une solution devait être trouvée afin d'y palier. La construction du barrage de Ziga sur le fleuve Nakambé, permet aujourd'hui à l'Office Nationale de l'Eau et de l'Assainissement (ONEA) de doubler sa capacité de distribution d'eau (100 000 m^3/j) dans la capitale, ce qui a amélioré sensiblement les conditions de vie de nombreux habitants de la ville. Mais pour éviter que les situations précédentes de pénurie en période sèche ne reprennent le dessus, une gestion efficiente de la ressource doit être mise en place.

La présente étude se propose de déterminer un certain nombre d'éléments et/ou facteurs qui pourront être pris en compte dans la mise en place de la gestion efficiente de la ressource.

La visite du barrage et les rencontres avec les personnes ressources à l'ONEA, à la Maîtrise d'Ouvrage de Ziga (MOZ), des ministères et des directions générales concernées ont permis de collecter les informations nécessaires pour la réalisation de cette étude.

Après avoir procédé à l'état de lieux au niveau des utilisateurs officiels et informels. Les quantités d'eau prélevées par ces utilisateurs ont été quantifiées et projetées. Une projection de la disponibilité de la ressource en eau été réalisée.

Avant de faire des propositions pour une utilisation durable de la ressource, l'étude a révélé les contraintes majeures liées à la gestion de la ressource en eau.

Les estimations ont révélé négligeable la quantité d'eau prélevée par les utilisateurs informels (1,05 million de m^3 soit 0.53% en 2007), par rapport à la capacité de la retenue (200 millions de m^3) et à la quantité d'eau perdue par évaporation (2 400 mm/an).

La priorité demeure la protection de la qualité de l'eau du barrage qui peut être dégradée au fil des années si aucune mesure n'est prise pour mettre fin à ces activités informelles qui se déroulent sur les berges du barrage.

Mots clés : Barrage de Ziga, croissance démographique, Ouagadougou, gestion de la ressource en eau

INTRODUCTION

En 2000, les états membres des Nations Unies ont adopté les Objectifs du Millénaire pour le développement qui fixent des cibles claires et définies dans le temps pour accomplir des progrès dans des domaines essentiels du développement.

La problématique de l'eau constitue un domaine prioritaire tant au niveau des instances nationales, régionales qu'internationales.

Dans le monde, 1,1 milliard de personnes, soit 18% de la population, n'ont pas accès à l'eau potable (WHO/UNICEF, 2005).

Aux termes des objectifs du Millénaire pour le développement, le monde à travers l'ONU s'est engager de « réduire de moitié, d'ici 2015, le pourcentage de la population qui n'a pas accès de façon durable à un approvisionnement en eau potable et à l'assainissement de base ». L'Objectif du Millénaire concernant l'accès à l'eau potable à l'échelle mondiale devrait être atteint dans la plupart des régions à l'exception de l'Afrique subsaharienne (WHO/UNICEF, 2005).

L'eau est une source de vie, source de développement économique et sociale. Depuis toujours, la plupart des activités humaines, économiques et sociales utilisent l'eau en aménageant des systèmes hydrauliques. L'homme lui-même ne saurait vivre sans consommer, plusieurs fois par jour, de l'eau en quantité et en qualité suffisante.

Les pays du sahel qui en ont le plus besoin, en manque terriblement. Mais loin de verser dans le fatalisme, des stratégies se multiplient dans ces pays pour valoriser et tirer le maximum de bénéfices et le minimum d'inconvénient de chaque goutte qui tombe du ciel, qui stagne ou qui ruisselle.

Dans les zones arides ou semi-arides, où la demande en eau est croissante due à un rythme d'urbanisation rapide, la ressource en eau disponible diminue.

Son utilisation intensive ainsi que les divers risques (pollution, inondation, etc.) nécessitent une gestion rationnelle et optimale de celle-ci.

La ressource en eau du barrage de Ziga permet aujourd'hui de faire face à la demande en eau croissante de la population de la ville de Ouagadougou. Elle nécessite une gestion rationnelle pour une disponibilité durable.

Le présent document s'articule autour des quatre principaux axes suivants :

Axe 1 - *Etat de lieux des utilisateurs de la ressource* : Il s'agit de déterminer les différents utilisateurs de la ressource au niveau du barrage, mais aussi les différents consommateurs auxquels ONEA distribue l'eau.

Axe 2 - *Evaluations des quantités et projections des prélèvements* : Les quantités d'eau prélevées par ces différents utilisateurs actuels et potentiels sont déterminées. A partir des quantités actuelles, on projette les besoins de prélèvements des utilisateurs jusqu'à l'horizon du projet.

Axe 3 - *Les contraintes majeures liées à la gestion de la ressource* : Dans cet axe il s'agit d'analyser les difficultés qui font obstacle à une meilleure gestion de la ressource.

Axe 4 - *Proposition pour l'utilisation durable de la ressource* **:** Il s'agit de déterminer ici des éléments et facteurs pouvant être pris en compte dans la mise en œuvre d'approches de gestion collective

CONTEXTE ET JUSTIFICATION DE L'ETUDE

Dans le contexte spécifique de l'Afrique de l'Ouest, les villes connaissent actuellement une croissance démographique exponentielle matérialisée par la création de zones périurbaines peuplées par les migrants ruraux. Le défi majeur reste cependant l'approvisionnement en eau potable.

Pays sahélien situé au cœur de l'Afrique occidentale, le Burkina Faso souffre d'un problème crucial, celui de l'eau considérée comme l'un des grands enjeux politiques du XXI^{ème} siècle. L'essentiel des ressources en eau du pays provient des pluies et des ouvrages de stockages réalisés sur les cours d'eau. La ressource en eau est donc disponible sous la forme d'eau de surface et d'eau souterraine. Des dispositions permettent aujourd'hui la mobilisation de grandes quantités d'eau lors des pluies dans les bassins versants.

Les pénuries de 1998, liées à une saison sèche particulièrement longue, ont conduit à tirer un certain nombre d'enseignements. Pour éviter qu'un tel scénario ne se reproduise, le barrage de Ziga d'une capacité de 200 millions de m^3 a été réalisé et est censé satisfaire la demande en eau de la capitale jusqu'en 2025.

L'accès à l'eau potable pour le plus grand nombre, la sécurisation d'une ressource souvent surexploitée et mal gérée sont autant de défis pour la structure de gestion de la ressource en eau du Barrage de Ziga. Cette surexploitation de la ressource combinée avec des utilisations inadéquates peut provoquer une détérioration irréversible à long terme de la ressource en eau.

Les autorités doivent utiliser des approches innovantes pour réaliser leur objectif, qui consiste à assurer une disponibilité de la ressource en eau pour les différents usagers, et une satisfaction de la demande en eau dans la situation actuelle mais aussi dans les cas d'évolutions possibles.

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre sujet de mémoire sur le thème « ***Analyse des enjeux liés à la gestion de la ressource en eau du barrage de Ziga et perspectives d'un approvisionnement en eau potable adéquat de la ville de Ouagadougou jusqu'en 2025*** »

I PRESENTATION DU MILIEU D'ETUDE

I.1 Description et situation du barrage de Ziga

Le barrage de Ziga est situé dans le département de Nagréongo dans la province d'Oubritenga à environ 50 Km au Nord-Est de Ouagadougou. Ces coordonnées sont en Latitude : 12°29'21.44''N et en longitude : 1°7'25.84''O. La construction de ce barrage a débuté le 26 février 1998 et est achevée en juin 2000. Il a été mis en eau le 21 juillet 2000. La superficie de son bassin versant est de 20 800 Km². Le barrage est en terre avec un noyau central étanche en argile. Il dispose d'un déversoir de 120 m, d'une vidange de fond et d'une prise d'eau. La hauteur maximale du barrage est de 18,8 m. La longueur de la digue est de 3154 m. D'une capacité nominale de 200 millions de m^3 au plan d'eau normal (P.E.N), cet important ouvrage à pour vocation l'approvisionnement en eau de la ville de Ouagadougou. ***(MOZ, 2005)***

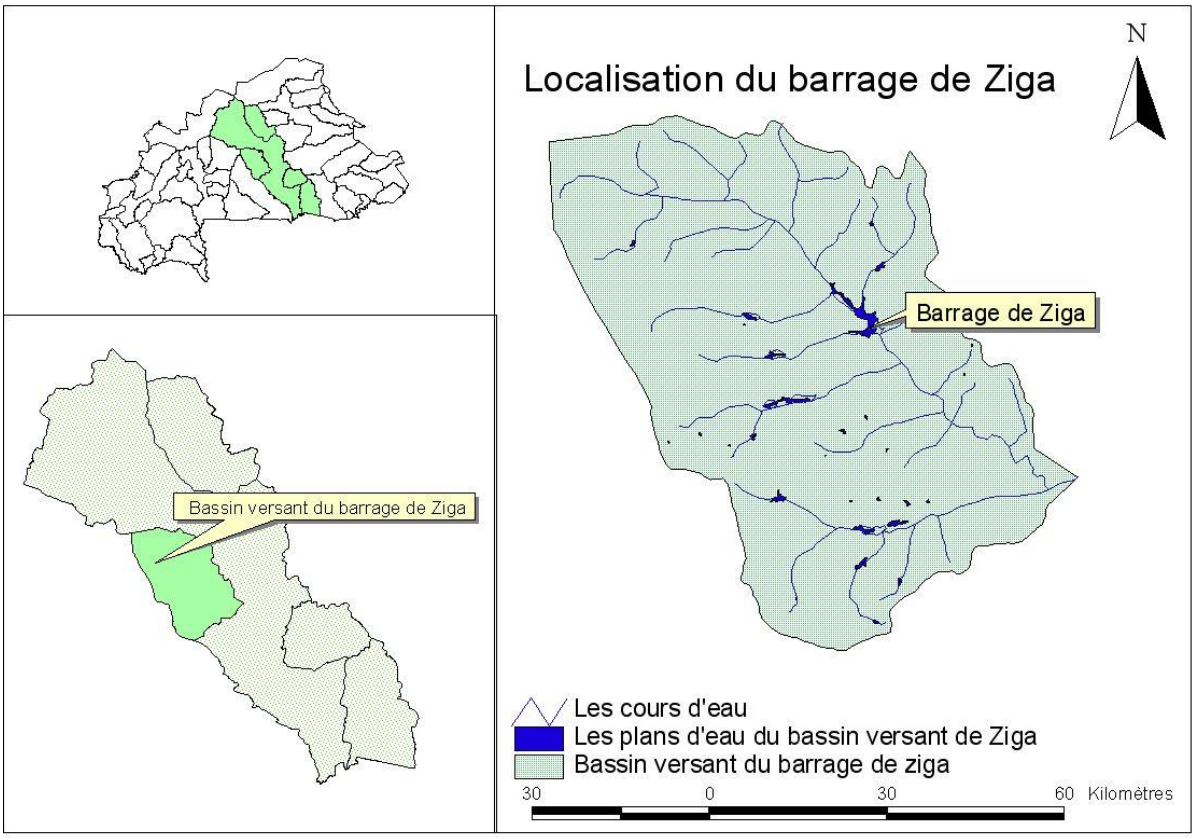


Figure 1: Localisation du Barrage de Ziga

I.2 Climat

La zone d'étude a un climat de type soudano-sahélien nettement marqué et il pleut relativement peu. Une saison sèche (de 5 à 8 mois) alterne chaque année avec une saison humide (d'avril à octobre ou de juin à septembre).

I.3 Végétation

La végétation de la zone est caractérisée par la prédominance de formations végétales ouvertes de type savane dont l'un des traits marquants est le grand développement d'un tapis herbacé. Il s'agit plus précisément de savanes arborées à arbustives.

Etant très peuplée, cette zone est intensément exploitée et les formations naturelles ont quasiment disparu.

Elles n'ont survécu que dans certaines forêts classées de manière dégradées.

De même, les arbres et buissons sont devenus rares. Si l'occupation est moyenne, cas le plus fréquent, cultures et jachères sont plus ou moins associées et quelques arbres ont été gardés pour des raisons socio-économiques (Vitellariat paradoxum, Parkia biglobosa, Adansonia digitata, etc.).

Enfin, si l'occupation est faible, les parcelles cultivées apparaissent dispersées parmi des formations qui conservent leur caractère de savane.

La vallée, régulièrement inondée, est occupée par des formations avec une prédominance d'arbres et d'arbustes, dans les zones les plus marécageuses, des formations herbeuses présentant des arbres et arbustes épars et des zones relativement dénudées décapées par le ruissellement et les crues.

I.4 Hydrologie

La rivière Nakambé est un des cours d'eau les plus importants du Burkina. Elle prend naissance au Nord de Titao sur un plateau de faible altitude et traverse le pays pour ensuite pénétrer au Ghana, où elle alimente le réservoir du grand barrage de Akosombo.

Le bassin versant en amont du projet possède une surface de 20.800 km².

Au site de Bagré, à environ 120 km en aval de Ziga, la rivière Nakambé a fait l'objet d'un aménagement ayant comme finalité l'irrigation de 7.400 ha et la production d'électricité.

Dans la région de Ziga, la rivière Nakanbé s'écoule entre les mois de mai et janvier, le lit restant à sec entre février et avril de chaque année. ***(ONEA, 1995)***

II OBJECTIF ET METHODOLOGIE DE L'ETUDE

II.1 Objectif de l'étude

L'objectif général de cette étude est de déterminer des éléments et/ou facteurs, pouvant influencer ou être pris en compte dans l'élaboration d'une stratégie de suivi de la gestion efficiente de l'utilisation de la ressource en eau du barrage de Ziga, afin d'assurer dans les bonnes conditions l'approvisionnement en eau de la ville de Ouagadougou jusqu'à l'horizon du projet à travers les objectifs spécifiques suivants :

- Faire l'état de lieux des utilisateurs actuels et potentiels de la ressource en eau du barrage de Ziga ;
- Evaluer les quantités d'eau consommées par ces utilisateurs et les utilisateurs potentiels;
- Analyser au vu des nouvelles connaissances sur les quantités actuellement prélevées la projection des besoins de prélèvement des utilisateurs jusqu'à l'horizon du projet ;
- Evaluer les quantités d'eau disponible maintenant et les projections de disponibilités futures ;
- Faire des propositions pour une utilisation durable de la ressource.

II.2 Méthodologie de l'étude

La méthodologie adoptée pour cette étude, peut être regroupée en ces trois étapes suivantes :

- La recherche documentaire ;
- Les sorties de terrain ;
- L'analyse des données collectées.

A partir de chaque objectif spécifique la méthodologie adoptée a été mise en exergue.

- Faire l'état de lieux des utilisateurs actuels et potentiels de la ressource en eau du barrage de Ziga ;

Une recherche documentaire a été réalisée afin de rechercher et de collecter des données générales existantes sur le Barrage de Ziga au Centre de Documentation et d'Information (CDI) du 2IE et de la Direction Générale de l'Inventaire des Ressources Hydrauliques (DGIRH), auprès de l'Office National de l'Eau et de l'Assainissement (ONEA), la Maîtrise d'Ouvrage de Ziga (MOZ) et sur Internet.

La détermination des utilisateurs actuels a nécessité une rencontre avec le service production de la Direction Régionale de Ouagadougou (DRO) et une visite au barrage de Ziga pour identifier les activités informelles qui se développent autour du barrage.
Les visites effectuées auprès des ministères de l'économie et du développement, l'habitat et de l'urbanisme, et des directions générales de l'habitat et de l'urbanisme, de l'économie et de la planification, avait pour objectif de voir si certaines infrastructures qui seront réalisées, ont été prises en compte dans la détermination du volume d'eau à stocker pour satisfaire à la demande en eau de la ville de Ouagadougou.
Ces informations n'ont pas pu être acquises, car le schéma directeur d'aménagement de la ville de Ouagadougou était en entrain d'être modifié donc pas encore officiel.

- Evaluer les quantités d'eau consommées par ces utilisateurs et les utilisateurs potentiels;

Les quantités d'eau consommées par les abonnés de l'ONEA, ont été obtenues auprès du Service Clientèle de la DRO.
L'évaluation des quantités actuelles au niveau des acteurs informels tel que le maraîchage a été possible après avoir échangé avec les maraîchers locaux.
Les rencontres avec les personnes ressources à la MOZ et l'exploitation des documents ont permis d'avoir une estimation du bétail. A l'aide de cette information le volume d'eau prélevé par l'abreuvement des animaux a été évalué.
Un masque de saisie des données collectées a été préparé pour des traitements statistiques.

- Analyser au vu des nouvelles connaissances sur les quantités actuellement prélevées la projection des besoins de prélèvement des utilisateurs jusqu'en 2025;

A l'aide de la population de 2006 obtenue à l'Institut National de la Statistique et de la Démographie (INSD) et des recherches documentaires, la population future de Ouagadougou été estimée. Cette dernière a permis d'élaborer une évolution des demandes.
La projection des prélèvements non domestiques, a été effectuée en se basant sur les consommations antérieures uniquement, vu qu'aucune information ne permettait d'envisager l'évolution d'éventuelles réalisations.
Pour le maraîchage, les informations recueillies lors de la visite de terrain ont permis de faire une projection du nombre de personne qui s'installerait, ce qui induit une projection des prélèvements.

L'effectif du bétail étant connu à l'aide de la documentation, sa croissance est déterminée par la formule de croissance du troupeau. Partant de la consommation de chaque catégorie d'animal une projection a été réalisée.

- Evaluer les quantités d'eau disponible maintenant et les projections de disponibilités futures ;

L'évaluation des quantités d'eau disponibles a conduit à la prise en compte de l'envasement de la retenue et du changement climatique.
L'envasement de la retenue a été calculé à partir des formules empiriques (Formule de GOTTSCHALK et Formule de GRESILLON Modifié ou Formule de KARAMBIRI), car il n'y a aucune station à l'entrée du barrage de Ziga qui suit la diminution de la capacité de la retenue.
La projection de la quantité d'eau disponible dans la ressource, a été évaluée par une modélisation climatique à l'aide du modèle circulation générale (GCM) MAGICC/SCENGEN et une modélisation hydrologique à l'aide de GR2M.

- Faire des propositions pour une utilisation durable de la ressource.

Avant de faire toutes propositions, il était important de savoir quelle était la politique du Burkina Faso en matière d'eau.
Pour avoir cette information le ministère de l'agriculture, de l'hydraulique et des ressources halieutiques et la direction générale des ressources en eau ont été visité.

La méthode d'investigation a permis d'aboutir à des résultats qu'il a s'agit de remettre en perspective par rapport au sujet du mémoire et à la question soulevée par celui-ci. Les méthodes d'analyse utilisées sont brièvement décrites (traitements statistiques, analyses bibliographiques, analyses monographiques, etc.).

III PRESENTATION DU BARRAGE DE ZIGA

La question de la satisfaction des besoins en eau en particulier à Ouagadougou se faisant de plus en plus préoccupante, le Gouvernement Burkinabé a commandité une étude de faisabilité d'option possible pour l'approvisionnement en eau potable de la ville de Ouagadougou depuis 1984, conduite par le Bureau d'Etudes Lahmeyer Internationale.
En effet, les ressources disponibles se limitaient aux barrages n°1, 2 et 3, les forages de la ville et au barrage de Loumbila.
Des réflexions furent menées pour trouver une solution durable à l'approvisionnement en eau potable de la ville de Ouagadougou. Ainsi, les premières investigations ont proposé plusieurs variantes parmi lesquelles :

- La construction d'un barrage sur le Nazinon ;
- Un second barrage sur le Mouhoun
- La construction d'un barrage sur le Nakambé ;
- La prise directe dans la retenue de Bagré en construction à l'époque.

De ces variantes prospectées, celle de la construction d'un barrage sur le cours moyen du Nakambé est apparue comme la plus économique et à même de satisfaire durablement les besoins.
C'est ainsi qu'est né le projet Ziga dont les études ont été menées entre 1990 et 1996.
Les études et le financement bouclés grâce à la contribution de 13 bailleurs de fonds, les premiers travaux ont débuté le 26 février 1998 par la construction du barrage.
C'est un ouvrage d'une capacité de 200 millions de m^3, troisième sur le plan national après ceux de Bagré (1 700 millions de m^3) et de Kompienga (2 050 millions de m^3).
Au cours de la réalisation du barrage, les populations et l'environnement affectés ont été pris en compte à travers le Plan Gouvernemental d'Atténuation des Impacts sur l'Environnement (PGAIE) qui comporte :

- Le plan de recasement et d'indemnisation des populations affectées (PRIPA) ;
- Le plan de restauration des revenus et d'atténuation des impacts biophysiques (PRR-PAIB) ;
- Le plan d'atténuation des impacts sur la santé (PAIS);
- Le plan de construction d'infrastructures rurales (PCIR).

Le taux de remplissage et le volume de remplissage du barrage de Ziga au 31 janvier des six dernières années sont représentés sur les figures (Figure 2, Figure 3) ci-dessous.

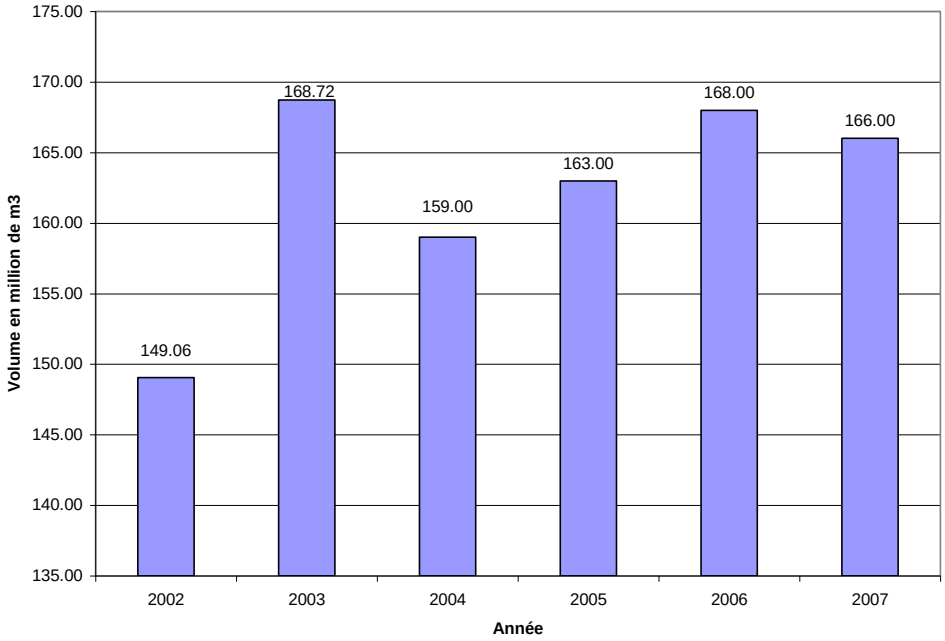


Figure 2: Remplissage du Barrage de Ziga au 31 janvier des six dernières années

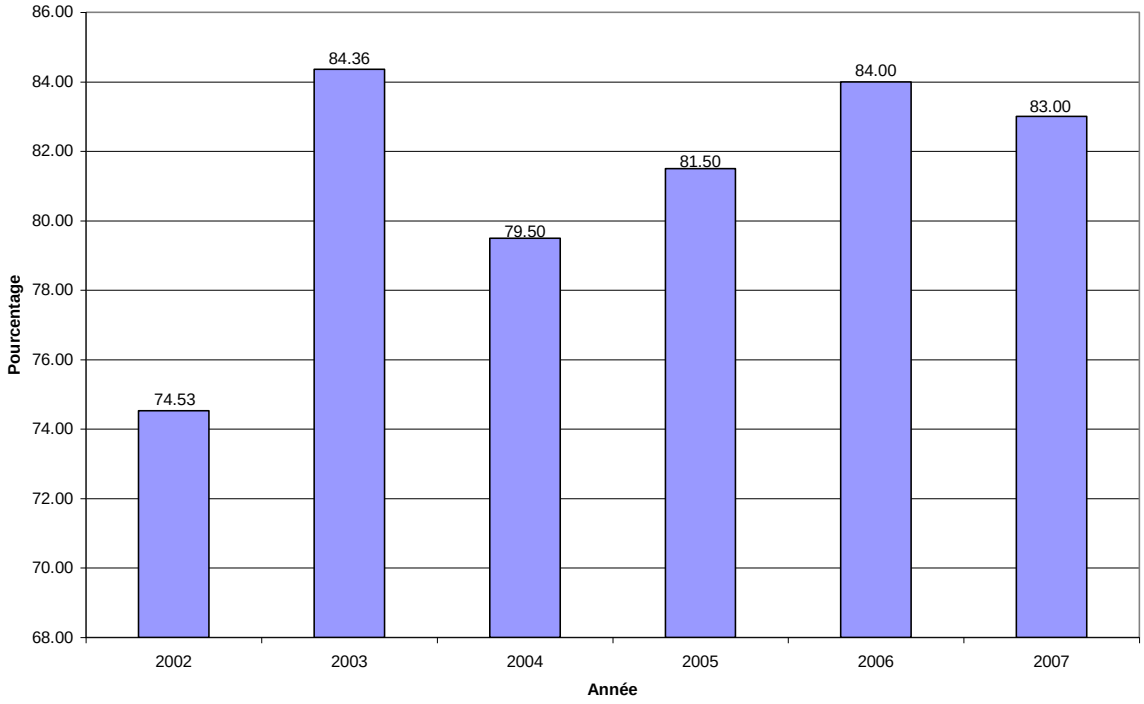


Figure 3: Taux de remplissage du barrage de Ziga au 31 janvier des six dernières années

Le remplissage du barrage pour ces six dernières années est satisfaisant, hormis 2002 et 2004 où le taux de remplissage est inférieur à 80%. Les taux du barrage sont supérieurs à ceux des autres barrages du Burkina Faso qui sont inférieurs à 70% sur cette même période.

IV LA GESTION DE L'EAU AU BURKINA FASO

IV.1 Politique nationale de l'eau

La politique nationale de l'eau adoptée en 1998 a pour objectif global de contribuer au développement durable en apportant des solutions appropriées aux problèmes liés à l'eau afin qu'elle ne soit pas un facteur limitant du développement socio- économique.

Cet objectif global est sous-tendu par quatre objectifs spécifiques portant sur la satisfaction durable des besoins en eau, la protection contre les actions agressives de l'eau, l'amélioration des finances publiques et la prévention des conflits liés à la gestion des eaux partagées :

- Satisfaire durablement les besoins en eau, en quantité et en qualité, pour une population croissante et une économie en développement, en veillant au respect des écosystèmes aquatiques, dans un contexte environnemental peu propice à la reconstitution et à la mobilisation de la ressource ;
- Se protéger contre l'action agressive de l'eau : érosion, corrosion, inondations, épidémies, ruptures de barrages, etc. ;
- Améliorer les finances publiques en allégeant le poids du secteur de l'eau par un partage équilibré des charges entre les partenaires concernés : les pouvoirs publics, les collectivités et les usagers. ;
- Prévenir les conflits dans la gestion internationale des ressources en eau.

La mise en œuvre de la politique nationale de l'eau s'inspirera des 9 principes suivants :

- Le principe d'équité ;

Le droit d'accès à l'eau potable est reconnu par la loi fondamentale. Les différentes catégories de population doivent être traitées de façon équitable pour l'accès à l'eau potable. De même, l'équité doit être recherchée dans la répartition de la ressource en eau, son utilisation économique ainsi que dans les dispositions prises pour la protection et la gestion des ressources en eau.

- Le principe de subsidiarité ;

Ce principe consiste à définir et à mettre en œuvre les politiques à l'échelle géographique appropriée. Autrement dit, les questions qui peuvent être résolues localement doivent être décidées et gérées localement.

- Le principe du développement harmonieux des régions ;

Les programmes d'utilisation des ressources en eau qui seront établis à travers les plans de développement tiendront rigoureusement compte des besoins de développement de toutes les régions du Burkina Faso.

Les ouvrages à réaliser devront tenir compte des besoins à l'amont et à l'aval et s'insérer dans un schéma directeur d'aménagement et de gestion des ressources en eau. L'eau ne devra pas être un facteur limitant au développement régional et une source de conflit.

- Le principe de la gestion par bassin hydrographique ;

Ce principe vise à retenir l'approche par bassin hydrographique comme cadre approprié pour la planification, la mobilisation, la gestion et la protection des ressources en eau.

- Le principe de la gestion équilibrée des ressources en eau ;

Il s'agit d'allier le développement social et économique à la protection des écosystèmes naturels et influencés et d'assurer un équilibre entre les différents usages. La gestion équilibrée requiert de prendre en considération d'une façon globale le cycle de l'eau et la gestion des différentes formes de ressources : précipitations, eaux de surface, eaux souterraines, eaux canalisées ...

- Les principes de protection des usagers et de la nature ;

La protection des usagers et de la nature est une mission essentielle des pouvoirs publics. Elle nécessite la définition et le respect de normes réglementaires (eaux minérales, eaux destinées à la boisson, rejets polluants) pour prévenir les risques sanitaires ou les risques de dégradation des ressources en eau. Il importe de veiller au respect de ces normes par des contrôles réguliers.

Des objectifs de gestion (par exemple : objectifs de qualité ou de quantité des eaux) seront aussi progressivement définis sur la ressource, en priorité là où la situation est critique et s'aggrave d'année en année. Leur définition requiert la concertation entre les experts de la gestion de l'eau et les décideurs locaux.

- Le principe préleveur-payeur ;

Afin de dégager des ressources pour financer les actions des institutions publiques en matière de gestion et de préservation des ressources en eaux, mais aussi afin d'inciter les usagers à une gestion plus économe et plus respectueuse de l'environnement, une redevance ou taxe sur les prélèvements d'eau sera instaurée. Cette redevance sur le volume prélevé, consommé ou mobilisé, concerne ceux qui utilisent l'eau pour une activité économique et non ceux qui utilisent l'eau uniquement pour leurs besoins domestiques et qui

ne tirent aucun revenu de l'usage de l'eau. Il s'agit de responsabiliser les usagers dans l'utilisation de la ressource en eau.

- Le principe de participation ;

Le principe de participation consiste à faire participer ou associer les usagers, les planificateurs et les décideurs politiques à tous les niveaux, de la formulation, de la mise en œuvre et de l'évaluation de la politique.

Elle est particulièrement importante au niveau de la formulation des politiques, des choix d'investissements et des décisions de gestion, car elle permet l'adhésion des partenaires et ainsi une meilleure application de ces politiques. Elle implique la définition de procédures pour la concertation, la mise en place d'une organisation favorisant l'implication des représentants des usagers, que ce soit dans l'élaboration des documents d'orientation politique ou dans la mise en œuvre de la gestion des eaux aux différentes échelles géographiques.

Elle suppose une transparence dans les prises de décision et la possibilité d'intervention des citoyens dans la conception et la décision de réaliser de grands aménagements, notamment par des enquêtes publiques. Elle requiert la présentation des informations issues des données sur l'eau de façon claire ainsi que l'accès aux informations.

- Le principe du pollueur-payeur.

De même, pour inciter les pollueurs à mettre en œuvre de bonnes pratiques environnementales, à effectuer des investissements de dépollution nécessaires ou à recourir à des technologies plus propres, une taxe ou redevance sur la pollution sera également instaurée. Le niveau de cette taxe sera fonction de la charge polluante rejetée dans le milieu naturel et de la nocivité des polluants concernés. Les ressources ainsi dégagées permettront d'orienter suivant des priorités les investissements et les actions de protection et de gestion des ressources en eau, en privilégiant les mesures préventives par rapport aux mesures curatives, souvent plus coûteuses. Il s'agit de responsabiliser les usagers dans la protection de la ressource.

Ces principes sont déduits de la Constitution du Burkina Faso et des recommandations issues des conférences internationales sur l'eau, l'environnement et le développement (Dublin, Rio de Janeiro en 1992).

Quant aux usages de l'eau et à l'affectation des ressources, la politique nationale de l'eau accorde la priorité à la satisfaction des besoins en eau potable de la population. Pour les autres usages, les priorités seront définies en tenant compte des spécificités locales par application des principes d'équité, de subsidiarité et de participation.

Pour mieux orienter les mesures et les actions de mise en œuvre de la politique nationale de l'eau, 10 orientations stratégiques ont été retenues ; ce sont :

1- Retenir l'approche par bassin hydrographique comme cadre approprié pour la planification, la mobilisation, la gestion et la protection des ressources en eau ;

2- Promouvoir la coopération inter-régionale et internationale ;

3- Accroître l'efficacité et la capacité de gestion des services impliqués dans la mise en œuvre de la politique nationale de l'eau ;

4- Mettre en œuvre la stratégie nationale d'assainissement et les mesures de protection des ressources ;

5- Mettre en place un réseau de surveillance de la qualité de l'eau ; favoriser l'émergence d'une expertise nationale capable de concevoir, exécuter, exploiter et entretenir des dispositifs d'observation de la ressource et de son exploitation pour disposer d'une information fiable ;

6- Favoriser la prise en charge la plus complète possible de l'entretien des infrastructures hydrauliques par des structures de gestion d'usagers, dans le cadre d'une politique fiscale incitative ;

7- Donner la priorité à la réhabilitation, à la consolidation des infrastructures hydrauliques dans le souci de rentabiliser ou de viabiliser les investissements réalisés ;

8- Rechercher la rentabilité et/ou l'efficacité des investissements ;

9- Rechercher le moindre coût de maintenance et la durabilité des systèmes et ouvrages (AEP, assainissement, barrages, réseaux de surveillance, etc.) ;

10 -Réduire les risques liés à l'eau par une meilleure connaissance de ces risques et la mise en œuvre des mesures préventives et améliorer la gestion des situations de crise.

Deux approches ont été également retenues : l'approche participative et l'approche programme. La politique nationale de l'eau accorde une place de choix à la décentralisation des responsabilités, à la gestion et à la protection des ressources en eau et des zones humides, à l'évaluation et à la planification des ressources en eau, au financement du

secteur eau et assainissement, au suivi-évaluation des projets et programmes, à la coopération régionale et internationale et au système d'information sur l'eau.

Cette politique permettra au Burkina Faso de gérer efficacement ses ressources en eau. La mise en œuvre des 9 principes et des 10 orientations nécessitera des moyens financiers importants. La disponibilité des fonds sera le véritable obstacle à la mise en pratique effective de cette politique.

IV.2 Les mécanismes institutionnels et réglementaires

Les Comités Locaux de l'Eau (CLE) : Maillons de base du cadre institutionnel de Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE) du Burkina Faso.

Le Plan d'Action pour la Gestion Intégrée des Ressources en Eau (PAGIRE), adopté par le Gouvernement par décret n°2003-220/PRES/PM/MAHRH du 6 mai 2003 se présente sans conteste comme un vaste chantier d'innovations institutionnelles dont les actions spécifiques structurent pour les 13 prochaines années, l'agenda d'une réforme profonde du cadre de gestion des ressources en eau du Burkina Faso.

Il vise à créer un environnement favorable à la GIRE. Son objectif global est de contribuer à la mise en œuvre de la GIRE du pays, adaptée au contexte national, conforme aux orientations définies par le gouvernement burkinabè et respectant les principes reconnus au plan international en matière de gestion durable et écologiquement rationnelle des ressources en eau. Cet objectif global est sous-tendu par deux objectifs spécifiques qui sont :

- Définir et planifier la mise en œuvre du cadre futur de la GIRE ;
- Identifier pour ce faire les actions spécifiques et proposer les moyens nécessaires à leur mise en œuvre.

Pour sa mise en œuvre, le Gouvernement a créé une structure de mission, le Secrétariat Permanent du PAGIRE qui a pour rôle de coordonner, faciliter et suivre la mise en œuvre dudit plan. La réalisation opérationnelle des actions quant à elle relève des structures techniques.

Ainsi, la Direction Générale de l'Inventaire des Ressources Hydrauliques (DGIRH) dont la mission essentielle est la gestion des ressources en eau du pays au service de tous les usagers, est une des structures impliquées dans la mise en place du cadre institutionnel nécessaire à la concrétisation de ce nouveau mode de gestion.

De façon plus précise la DGIRH, qui est la structure technique centrale de gestion des ressources en eau, assurera les tâches relevant de la tutelle technique des structures spécifiques de gestion de l'eau. Pour ce faire, elle se doit d'éclairer sur les plans conceptuel,

réglementaire, méthodologique et pratique, les différents processus de construction des dispositifs institutionnels de la GIRE.

A ce titre, le Comité Local de l'Eau (CLE), structure qui existe déjà avec des objectifs divers, mérite un éclairage sous l'angle de la nouvelle stratégie en matière de GIRE. En effet, le CLE constitue non seulement le cadre le plus proche de la ressource eau, mais aussi celui qui est sensé regrouper les premiers intéressés à cette ressource.

IV.3 La gestion et la protection des ressources en eau

Les fonctions de la gestion et protection des eaux prises en charge à divers titres par les différents acteurs comprennent notamment :

- La politique : l'organisation de la concertation entre les acteurs sur des unités géographiques de gestion, la formulation de la politique, le choix des investissements et la définition des objectifs de quantité et de qualité ;
- La réglementation, le cadre institutionnel : l'élaboration de la réglementation et son application, le suivi et le contrôle des interventions (police de l'eau), l'organisation des fonctions, la mise en place de structures de gestion, la coordination des interventions, la contractualisation entre les partenaires ;
- Le diagnostic : la connaissance des ressources en eau, les études sur les milieux et les usages, la surveillance de l'état des ressources, la mise en œuvre de l'expertise pour l'aide à la décision et la définition de normes, de valeurs de référence, de systèmes d'évaluation de l'état de la ressource ;
- Les ressources propres : l'orientation des comportements par la taxation, le prélèvement de ressources suffisantes pour financer un programme ;
- L'allocation des ressources : l'élaboration de plans ou programmes d'action définissant les règles d'attribution des ressources humaines et financières et visant l'orientation des comportements et des techniques par la politique d'aides ;
- La coopération internationale : le développement de la coopération entre les pays voisins pour la gestion des eaux internationales ;
- La gestion quantitative : l'instauration de débit minimum dans les cours d'eau, la gestion des volumes stockés, la régulation des variations du niveau des nappes, l'attribution des autorisations de construction, les règlements d'eau, les structures de gestion des ouvrages ;
- La gestion qualitative : la définition d'objectifs de qualité, l'orientation des actions pour la protection des ressources en eau et la prévention des pollutions à la source, le bon fonctionnement des ouvrages, les opérations de conseil pour la mise en œuvre de

bonnes pratiques, la prise en compte des impacts sur l'eau des autres domaines (déchets, transport, agriculture, tourisme, etc.) ;

- La préservation et la gestion des zones humides et des habitats des espèces dont le cycle de vie est lié aux milieux aquatiques, la gestion de la flore et de la faune de ces milieux ;
- L'appui à la recherche : la mise au point et la diffusion de technologies plus propres, la recherche et la mise en œuvre de bonnes pratiques environnementales ;
- La gestion des crises : la gestion des crises liées à l'eau (inondations, sécheresse, pollutions accidentelles...), l'information anticipée et préventive des populations, l'annonce des crues et l'alerte ;
- la prise en compte de l'environnement et notamment de la gestion de l'eau dans les autres domaines pour favoriser les synergies ;
- Le système d'information et de communication sur l'eau : la mise en place et la gestion d'une banque de données, la gestion de la documentation et la diffusion d'informations valorisées sur l'eau, la communication sur l'eau effectuée en direction du grand public ou des publics ciblés en liaison avec les média ;
- Le suivi, évaluation de la politique...

Le futur cadre institutionnel a été mis sous forme organigramme (Cf. annexe 1).

V ETAT DE LIEUX DES UTILISATEURS DE LA RESSOURCE

V.1 L'ONEA et ses abonnés

Les usagers de l'eau produite par l'ONEA sont classés en six grandes catégories :

- Les ménages ;
- Les grandes maisons et industries ;
- Les collectivités communales ;
- Les administrations ;
- L'ONEA ;
- Les bornes fontaines.

V.2 Les utilisateurs informels

L'ONEA est la seule structure qui est habilitée à prélever l'eau du barrage pour l'approvisionnement en eau potable de la ville de Ouagadougou.

Mais en réalité, des activités se déroulent autour de la ressource, et sont sources de prélèvements parallèles.

Une certaine proportion des populations se trouvant non loin du barrage, s'y rend pour prélever l'eau destinée à la consommation et aux activités domestiques.

V.2.1 Le maraîchage

La pression foncière déjà élevée dans la zone d'étude s'est trouvée accrue par la construction et la mise en eau du barrage de Ziga. En effet, sa construction a accentué le problème du manque de la disponibilité des terres de culture déjà cruciale dans la zone (en particulier dans les zones humides de part et d'autre de la rivière et des bas-fonds exploités pour les cultures de contre-saison).

Pour remédier à cette perte de ressources en terres, les populations riveraines ont vu dans la présence d'un plan d'eau aussi important, le moyen d'augmenter leurs revenus par la diversification de l'agriculture et par le développement des cultures de contre-saison (maraîchage) aux abords immédiat du plan d'eau.

Malgré l'existence des 3 retenues d'Absouya, Gaskaye et Nagréongo réalisées pour le maraîchage, cette activité est en train de connaître un essor considérable autour du barrage de Ziga.

En effet, les populations riveraines ou des localités voisines telles que Ziniaré et Loumbila, pratiquent le maraîchage en amont sur les deux rives dans le lit du barrage.

Les cultures maraîchères qui y sont pratiquées sont : la tomate, le choux, l'aubergine, l'oignon, la courgette, la pastèque, le maïs, le concombre, le gombo, le tabac, le poivron, etc.

Figure 4 : Activité maraîchère

V.2.2 L'élevage

L'élevage, deuxième activité économique de la zone après l'agriculture, est confronté à la réduction de l'espace pastorale.

A la présence de l'eau et d'un tapis herbacé de saison sèche, les populations riveraines ont vu une possibilité d'accroître leur cheptel et de le déplacer vers les berges du barrage.

L'augmentation des effectifs de leur cheptel a lieu dans le but d'augmenter les revenus liés à la production animale.

En effet, les éleveurs peulhs ou mouaga provenant de diverses localités, emmènent leurs animaux s'abreuver au barrage de Ziga pendant la saison sèche. En saison de pluie, ils conduisent leurs bétails au niveau des cours d'eau temporaire ou se contentent des flaques d'eau. Avant la réalisation du barrage, pendant la saison sèche, ils réalisaient des puits dans le lit du cours d'eau qui passe par Nahoutenga.

Figure 5 : Bétail venant s'abreuver

V.2.3 La fabrication de briques et la construction des maisons

L'eau du barrage est prélevée pour la fabrication de briques et la construction des maisons. La fabrication de briques, a lieu au niveau du barrage en période de saison sèche où l'eau cède beaucoup plus d'espace sur les rives.

Ces activités ne sont pas aussi intenses que l'activité maraîchère et les troupeaux qui viennent s'abreuver.

Figure 6 : Fabrication de brique

V.2.4 Les consommations et activités domestiques

Les populations viennent prélever de l'eau du barrage comme eau de boisson, malgré la présence de forage dans les villages, mais aussi pour les activités économiques telle que la réalisation du dolo. Elles effectuent par fois la lessive aux abords immédiats du cours d'eau.

Figure 7 : Activité domestique (lessive)

Figure 8 : Charrette contenant des bidons de prélèvement pour la consommation

VI EVALUATION DES QUANTITES ET PROJECTIONS DES PRELEVEMENTS

VI.1 L'ONEA et ses abonnés

La projection de la demande aux horizons 2010, 2015, 2020, 2025 et 2030 nécessite de définir des hypothèses de consommation spécifique. Cette dernière sera en fonction de l'évolution de la politique tarifaire et de l'évolution du niveau de vie générale. La sensibilité des projections a été testée selon trois hypothèses de consommation spécifique :

- Une stabilité des ventes par habitant desservi à un niveau comparable à ce qui est observé actuellement ;
- Une augmentation sensible des ventes par habitant, ce qui suppose que les abonnés se détournent alors des bornes-fontaines et des revendeurs d'eau.
- Une diminution des ventes par habitant, ce qui traduirait le succès de l'offre promotionnelle de l'ONEA dans les groupes de ménage à revenus modestes, qui sont généralement de petits consommateurs et par la suite une augmentation qui serait due à l'amélioration des conditions de vie des ménages.

Après les calculs effectués à partir des données des consommations moyennes de 2004 à 2006, il est observé une baisse de la consommation spécifique, ce qui conduit à choisir la dernière option pour la projection des consommations futures.

Le nombre d'habitant par abonné était estimé à 8,82 ***(ONEA, 2003)***.

Pour la simulation de la projection le nombre d'habitants par ménage raccordé retenu est de 9 ce chiffre diminuera pour se stabiliser à 8 habitants par ménage raccordé. Cela s'expliquerait par la mise effective en pratique de la politique de lutte contre la pauvreté, aussi à l'effet du progrès en matière des politiques familiales.

La consommation spécifique variera de 59 l/j/habitant à 65 l/j/habitant à partir de 2020 passant par une baisse. La baisse des consommations spécifiques est due à l'abonnement des ménages à revenus modestes. L'augmentation serait due à l'amélioration des conditions de vie des différents ménages par la mise en œuvre de la politique nationale de lutte contre la pauvreté.

La consommation spécifique au niveau des bornes fontaines a été estimée à 27,6 l/j/habitant ***(ONEA, 2003)***.

Elle est estimée à 25 l/j/habitant à partir de 2010 jusqu'en 2030, en supposant que les abonnés se détournent des bornes-fontaines. Les usagers résiduels de ces bornes fontaines seront alors les ménages les plus pauvres de la ville, qui limiteront volontairement leur consommation.

Les consommations domestiques (branchements particuliers et bornes fontaines) et non domestiques des trois dernières années (2004-2006) obtenues à l'ONEA sont dans le tableau 1.

La demande des grands abonnés (au sens de la nomenclature de la clientèle de l'ONEA : administration, industrie et commerce) évoluera peu durant les prochaines années, malgré la mise en service des installations de Ziga et le développement de l'offre ONEA, pour les raison suivantes :

- Les « gros clients » sont déjà abonnés pour la plupart d'entre eux et l'offre promotionnelle ne les concerne pas ;
- La consommation de ces clients est peu sensible à l'offre, car ils ont déjà adopté des stratégies internes de régulation.

La projection de la demande et les indicateurs correspondants sont détaillés dans le tableau 1.

La forme du tableau a été élaborée par la Société Française d'Ingénierie Bureau Central d'Etude d'Outre Mer (BCEOM), assistance technique à la Maîtrise d'Ouvrage de Ziga (MOZ). Les valeurs comprises dans le tableau sont issues des données collectées auprès du service clientèle de l'ONEA et des objectifs que l'ONEA veut atteindre afin de répondre aux objectifs du millénaire.

Tableau 1 : Projection de la demande

			2004	2005	2006	2010	2015	2020	2025	2030
A -	**POPULATION**									
A1	Pop totale	Hab	1 132 400	1 200 400	1 273 355	1 547 771	1 928 804	2 346 685	2 787 126	3 231 043
A2	Pop desservie		962 540	1 056 502	1 133 286	1 439 427	1 832 364	2 276 284	2 731 383	3 198 733
		%	85	88	89	93	95	97	98	99
A21	Brcht particulier	Hab	396 340	468 156	534 809	928 663	1 388 739	1 783 481	2 173 958	2 584 834
		%	35	39	42	60	72	76	78	80
		Hab/Brcht	9	9	9	8.5	8.5	8	8	8
A22	Bornes fontaines	Hab	566 200	588 196	598 477	510 764	443 625	492 804	557 425	613 898
		%	50	49	47	33	23	21	20	19
B -	**PROJECTION DE LA CONSOMMATION MOYENNE**									
B1	Cons. domestique	m 3 /jour	43 684	48 418	52 366	68 489	94 415	128 246	155 243	183 362
	Brcht particulier	m 3 /jour	25 283	28 696	32 895	55 720	83 324	115 926	141 307	168 014
		l/j/hab.	59	57	57	60	63	65	65	65
	Bornes fontaines	m 3 /jour	18 401	19 722	19 471	12 769	11 091	12 320	13 936	15 347
		l/j/hab.	28	28	27	25	25	25	25	25
B2	C. non domestique	m 3 /jour	5 540	6 763	7 017	8 561	10 445	12 743	15 546	18 966
B3	Total (B1+B2)	m 3 /jour	49 224	55 181	59 384	77 050	104 860	140 989	170 789	202 328
C -	**BESOINS EN DISTRIBUTION (MOYENNE)**									
C1	Consommation	m 3 /jour	49 224	55 181	59 384	77 050	104 860	140 989	170 789	202 328
C2	Pertes = (taux x C3)	m 3 /jour	9 353	10 484	10 095	13 099	17 826	23 968	29 034	34 396
		Taux (%)	19%	19%	17%	17%	17%	17%	17%	17%
C3	Total (C1+C2)	m 3 /jour	58 576	65 666	69 479	90 149	122 686	164 957	199 823	236 723

			2004	2005	2006	2010	2015	2020	2025	2030
D -	**CAPACITE DE PRODUCTION NECESSAIRE**									
D1	Moyenne (=C3)	m 3 /jour	58 576	65 666	69 479	90 149	122 686	164 957	199 823	236 723
D2	Pointe (= C3 x 1.15)	m 3 /jour	67 363	75 516	79 901	103 671	141 089	189 701	229 796	272 232

Pop totale : Population totale

Pop desservie : Population desservie

Hab : Habitant

% : Pourcentage

Brcht particulier : Branchement particulier

Hab/Brcht : Habitant par branchement

Cons. Domestique : Consommation domestique

C. non domestique : Consommation non domestique

VI.2 Les utilisateurs informels

VI.2.1 Le maraîchage

Tableau 2 : Evaluation et projection des prélèvements pour le maraîchage

	2 007	2 008	2 009	2010
Nombre de personne au tour du barrage	300	600	1 000	1 500
Superficie moyenne cultivée (ha)	0,25	0,25	0,25	0,25
Nombre de planche moyenne par superficie	50	50	50	50
Quantité d'eau moyenne par planche (l/j)	60	60	60	60
Durée moyenne de culture en jour	150	150	150	150
Total en l/an	135 000 000	270 000 000	450 000 000	675 000 000
Total en m^3/an	135 000	270 000	450 000	675 000
Total en million m^3/an	**0,14**	**0,27**	**0,45**	**0,68**

La quantité d'eau prélevée par les activités maraîchères est infime voir négligeable. Les valeurs étant inférieures à 1 million de m^3.

VI.2.2 L'élevage

Tableau 3: Evaluation du cheptel

Village	Cheptel (nombre de têtes)		
	Bovins résidents	Bovins transhumants	Petits ruminants
Moaken	4 000	1 000	4 000
Kolokom	3 000	4 000	7 000
Tandara	3 000	1 000	7 000
Nioniogo	2 000	2 000	15 000
Moanega	1 700	2 000	2 800
Koulkienka	700	4 000	2 000
Ziga	1 500	4 300	9 800
Gondogo (laongo)	600	2 000	2 500
Total	**13 500**	**20 300**	**50 100**

Source : Rapport annuel 2005 du PRR-PAIB

Croissance du cheptel

C'est le pourcentage d'animaux conservé chaque année en plus du troupeau initial

$$Croît(en\%) = \frac{effectif\ \ année\ (t) - effectif\ \ année\ (t-1)}{effectif\ \ année\ (t-1)}$$

Normes de taux :

Bovins : Elevage traditionnel : 2 à 4%, la valeur retenue est 3 %

Ovins/Caprins : 0 à 5%, la valeur retenue est 4%

(Yacouba, 2001)

Besoins en eau des animaux :

Bovins : saisons sèche 20 l/j

Petits ruminants (ovins et caprins): 3 à 4 l/j, la valeur retenue est 4 l/j

(YacoubA, 2001)

Pour les calculs le cas extrême est considéré, qui est celui d'ignorer les pertes d'animaux par décès ou ventes.

En 2005 le bétail des villages considérés totalisait : 33 800 Bovins et 50 100 petits ruminants.

Tableau 4: Evaluation et projection de la consommation des animaux

	Type	2007	2010	2015	2020	2025	2030
Population	Bovins	35 858	39 183	45 424	52 659	61 047	70 770
	Petits ruminants	54 188	60 954	74 160	90 227	109 775	133 558
Consommation l/an	Bovins	107 575 260	117 549 000	136 272 000	157 977 000	183 141 000	212 310 000
	Petits ruminants	40 641 120	45 715 000	55 620 000	67 670 250	82 331 250	100 168 500
Consommation m^3/an	Bovins	107 575	117 549	136 272	157 977	183 141	212 310
	Petits ruminants	40 641	45 715	55 620	67 670	82 331	100 169
Consommation en million de m^3/an	Bovins	**0.11**	**0.12**	**0.14**	**0.16**	**0.18**	**0.21**
	Petits ruminants	**0.04**	**0.05**	**0.06**	**0.07**	**0.08**	**0.10**
Total en million de m^3/an		**0.15**	**0.17**	**0.20**	**0.23**	**0.26**	**0.31**

La capacité du barrage étant de 200 millions de m^3, les quantités d'eau consommées par les animaux sont négligeables car inférieures au million de m^3.

VI.2.3 La fabrication de brique et la construction des maisons

Il est difficile d'estimer la quantité d'eau prélevée par ces activités. Mais, cette quantité est inférieure à celles que prélèvent le maraîchage et l'élevage compte tenu du faite que cette pratique est moins intense.

VI.2.4 Les consommations domestiques

Toutes les populations riveraines ne viennent pas automatiquement, prélever l'eau du barrage pour la boisson. Pour estimer de façon grossière cette consommation, il est considéré que toutes les populations viennent s'approvisionner en eau au niveau du barrage de Ziga.

Pour l'évolution démographique trois hypothèses ont été avancées par PRR-PAIB:

- Une hypothèse forte avec un taux d'accroissement de 3%
- Une hypothèse moyenne avec un taux d'accroissement de 2,15%
- Une hypothèse faible avec un taux d'accroissement de 1,65%

Pour la projection des prélèvements l'option retenue, est le cas le plus défavorable qui est celui de l'hypothèse forte.

La consommation spécifique en milieu rurale varie de 15 à 25 litre/jour/habitant, la valeur retenue est 25 l/jour/habitant. ***(Zoungrana, 2003)***

L'effectif de la population donné par le PRR-PAIB lors de son enquête de terrain en 2002 est de 71 519 habitants.

Tableau 5: Evaluation et projection des prélèvements domestiques

	2007	2010	2015	2020	2025	2030
Effectif	82 910	90 639	105 076	121 811	135 274	149 815
Consommation journalière l/j	2 072 753	2 265 975	2 626 900	3 045 275	3 381 838	3 745 380
Consommation annuelle en l/an	756 554 868	827 080 875	958 818 500	1 111 525 375	1 234 370 688	1 367 063 700
Consommation annuelle en m^3/an	756 555	827 081	958 819	1 111 525	1 234 371	1 367 064
Consommation annuelle en million de m^3/an	**0,76**	**0,83**	**0,96**	**1,11**	**1,23**	**1,37**

Les quantités d'eau estimées ici sont nettement supérieures aux prélèvements réellement effectués par la population. Car la présence des forages et des bornes fontaines, diminue de façon considérable le nombre de personne se rendant au barrage pour des prélèvements domestiques.

Après l'évaluation et la projection des quantités d'eau prélevées par ces différentes activités, il en ressort que ces activités informelles ne peuvent empêcher l'ONEA de disposer d'une quantité d'eau suffisante pour l'alimentation en eau de la ville de Ouagadougou. Mais les problèmes qui demeurent sont la dégradation de l'ouvrage et la modification de la qualité de l'eau par ces activités.

VII LES ENJEUX DE LA GESTION DE L'EAU DU BARRAGE DE ZIGA

La gestion des ressources en eau reste un des défis majeurs de l'humanité, et les pays y consacrent une part importante de leurs moyens. Les enjeux de cette gestion sont importants et les thèmes qu'elle traite sont caractéristiques du développement. Les enjeux de la gestion de l'eau peuvent être décrits en termes sanitaires, sociaux, économiques, financiers, environnementaux, politiques.

VII.1 Enjeux socio-économiques

L'évolution démographique, tant dans la zone du site du barrage qu'à Ouagadougou, exerce une grande pression sur la ressource.

Deux approches des enjeux économiques de la gestion de l'eau sont envisageables:

- Une approche micro-économique par le coût et le prix du service de l'eau intégrant également les utilisateurs informels s'il n'y a aucun moyen de les empêcher de prélever ;
- Une approche macro-économique par l'évaluation de la demande à financer pour satisfaire les objectifs du millénaire pour le développement en matière d'alimentation en eau potable.

VII.2 Enjeux environnementaux

L'eau est une ressource naturelle limitée. Cependant la demande augmente et la ressource est de plus en plus dégradée. Les perspectives laissent entrevoir une aggravation de ces tendances par l'utilisation de pesticides et d'engrais chimiques. Enfin, les problèmes liés aux changements climatiques (augmentation de la température, diminution et variabilité de la pluviométrie) concerneront au premier chef la ressource en eau.

La qualité physico-chimique de l'eau du barrage étant liée aux activités développées sur les berges, à l'occupation des terres et aux règles de gestion de ces terres, le maraîchage et la présence de bétail sur les berges constituent des sources d'érosions et de pollution des eaux.

En effet, l'accroissement des effectifs de population, l'intensification de l'agriculture, en particulier le maraîchage, avec utilisation accrue d'engrais chimiques et des pesticides sont des facteurs importants de pollution.

La présence sur les berges du barrage de troupeaux d'effectifs importants est un facteur de pollution fécale de l'eau par les rejets organiques du bétail, qui lors des premières pluies vont être entraînés dans l'eau du barrage.

Figure 9 : Excrétas des bétails

Un meilleur contrôle des usages informels qui introduisent les polluants (engrais, pesticides, déchets des animaux) dans la ressource reste un des enjeux majeurs.

VII.3 Enjeux sanitaires

Les pollutions rejetées par les activités agricoles et la présence de troupeau sur les berges mettent en danger l'environnement et la santé. Par exemple, se baigner dans de l'eau polluée, même faiblement, peut provoquer des maladies ou des infections. Améliorer la qualité des eaux est aujourd'hui une priorité. La pollution accroît les besoins en traitement de l'eau distribuée, augmentant ainsi le coût de traitement et par conséquent le prix de vente de l'eau.

VII.4 Enjeux politiques

La gestion de l'eau doit être une des priorités de la politique locale. L'objectif de bonne qualité ne pourra être atteint sans un engagement réel de chaque collectivité, sans dédouaner, pour autant l'Etat de ses responsabilités, notamment vis-à-vis de son rôle de police de l'eau afin de mieux faire respecter les réglementations.

VIII LES CONTRAINTES MAJEURES LIEES A LA GESTION DE LA RESSOURCE EN EAU DU BARRAGE DE ZIGA

VIII.1 Une croissance démographique soutenue et une demande en eau en forte progression

La population de Ouagadougou n'était pas connue avec précision jusqu'en 2007, le recensement de 1996, donnait à l'époque 710 000 habitants.

Mais le dernier recensement de 2006, estime la population de Ouagadougou à 1 273 355 habitants ***(INSD, 2007)***.

Les quelques projections de population qui existait pour une question de nécessité présente des écarts notables selon les sources.

Une des plus récentes émane du Service de Mobilisation et Planification des Financements (SMPF) et sert de support au suivi des Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD). Une autre a été établie par le bureau ISL dans le cadre de l'étude Marketing menée en 2002-2003. Les chiffres auxquels elles aboutissent sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 6: Projection démographique-SMPF et ISL Etude Marketing

		1996	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Projection ISL-études Marketing	Population	709 410	1 013 000	1 111 096	1 400 000	1 732 000	2 107 243	2 502 743	2 901 366
	Taux de croissance (*)	-	5,22%	4,73%	4,73%	4,35%	4,00%	3,50%	3,00%
Projection SMPF	Population	709 410	-	1 329 556	1 696 888	2 165 707	2 634 913	3 129 450	3 627 891
	Taux de croissance (*)	-	-	7,23%	5,00%	5,00%	4,00%	3,50%	3,00%

(*) : Taux moyen annuel
Source : MOZ, 2007

La projection du SMPF est basée sur des considérations qualitatives mettant en avant la dynamique du développement des zones loties. Selon le SMPF, les chiffres retenus permettraient de mieux prendre en compte le pouvoir d'attraction de la capitale sur le reste du pays et d'intégrer les effets à court et moyen terme de développement des zones loties. Le taux de croissance moyen annuel de 7,23% sur la période 1996-2005 paraît élevé et la population à laquelle il aboutit pour l'année 2005 est supérieur de 200 000 personnes à celle de l'étude marketing.

Le recensement de 2006, permet aujourd'hui d'avoir une vision objective de la situation.

Le taux de croissance calculé à partir de la population de 1996 et celle de 2004 donne 6,02 %.

Pour la détermination de la population de 2004 et 2005, celle de 1996 donnée par l'INSD est prise comme point de départ et on y applique un taux de croissance de 6,02%.

Il a été admis un ralentissement de la croissance sur les périodes suivantes censé refléter l'effet de progrès attendus en matière de politiques familiales ainsi qu'une réduction d'apports migratoires.

Partant des taux de croissances intermédiaires et de la population de 2006, la population est à nouveau estimée pour les horizons 2010, 2015, 2020, 2025 et 2030.

Tableau 7: Projection de la population retenue

	2004	2005	2006	2010	2015	2020	2025	2030
Population	1 132 400	1 200 400	1 273 355	1 547 771	1 928 804	2 346 685	2 787 126	3 231 043
Taux de croissance (*)	-	6,02%	6,02%	5,00%	4,50%	4,00%	3,50%	3,00%

La demande en eau devrait progresser à un rythme supérieur à celui de la croissance démographique du fait des objectifs d'amélioration de la couverture et de la desserte par branchements particuliers. Le nombre d'abonnés devrait doubler par la réalisation de 50 000 nouveaux branchements privés à des coûts sociaux et 400 nouvelles bornes-fontaines.

VIII.2 Le changement climatique

L'alimentation en eau potable se fait à Ouagadougou à partir d'eau de surface et d'eau souterraine. Les volumes disponibles aux sites d'alimentation sont évidemment fonction des précipitations et aussi des températures. La régularité des précipitations assure le maintien en tout temps, aux points de captage en surface, des volumes d'eau suffisants pour répondre à la demande et pour assurer une alimentation adéquate des populations desservies. Différents ouvrages (barrages, réservoirs, déversoirs, etc.) servent à maintenir un volume de réserve suffisant pour faire face à la variabilité de la demande et à celle des volumes disponibles pour l'approvisionnement. De même pour l'alimentation à partir des eaux souterraines, l'historique de précipitations a une incidence directe sur les volumes d'eau servant à la recharge des nappes phréatiques. La sécurité des approvisionnements pourrait être compromise advenant, dans un contexte de changement climatique, une augmentation marquée de la durée et/ou du nombre de périodes de faible pluviométrie, ou encore une diminution sensible de la pluviométrie moyenne dans une région. La température est aussi à considérer puisqu'elle intervient dans le bilan hydrique d'un bassin versant à travers l'évaporation et l'évapotranspiration. L'évaporation est estimé à 2 400 mm/an (Savadogo et *al.*, 1999).

Enfin, même si les volumes disponibles dans le cours d'eau ou l'aquifère demeurent, en principe, suffisants pour assurer une alimentation adéquate, il est possible d'envisager qu'une diminution des niveaux dans ce cours d'eau ou cet aquifère conduise à une diminution de la capacité de prélèvement attribuable à la configuration des ouvrages de captage.

Il est résumé dans le tableau ci-dessous les évènements météorologiques et leurs impacts.

Tableau 8: Impacts possibles sur les différentes composantes du système hydrique suite à une modification de différents événements météorologiques types.

Evènement météorologique type	Impacts
Accroissement du nombre et/ou de l'intensité des évènements de pluies intenses	Accroissement des risques d'inondation et refoulement des réseaux de drainages
	Accroissement du nombre de débordement et des volumes totaux déversés au cours d'eau récepteurs
	Détérioration de la qualité (qualités biologiques et microbiologiques) et risque d'augmentation d'érosion des berges des cours d'eau récepteurs
Prolongement et augmentation de la fréquence des périodes de faible pluviométrie et augmentation des températures	Diminution des volumes disponibles aux points de prélèvement (eaux de surfaces ou souterraines)
	Possible détérioration de la qualité des eaux de surfaces aux points de prélèvements
	Diminution des capacités des prélèvements des infrastructures en place suite à une diminution des niveaux aux points de prélèvement
Augmentation et intensification des périodes de canicule	Croissance de la demande en eau potable

Elaboration d'un scénario climatique

Méthodologie

La méthodologie a consisté à mettre en œuvre dans un premier temps la modélisation. Les données issues de cette modélisation (pluies et températures moyennes) ont été utilisées dans un deuxième temps dans la modélisation hydrologique à l'échelle du bassin versant du barrage de Ziga.

La modélisation climatique

La modélisation climatique a été faite à l'aide du modèle circulation générale (GCM) Model for Assessment of Greenhouse-gas Induced Climat Change (MAGICC)/Scénario Generator (SCENGEN).

Le scénario choisi est celui avec changement climatique qui est le cas le plus défavorable.

Il correspond à la situation où aucune politique d'atténuation des émissions des gaz à effet de serre (GES) n'est adoptée.

La modélisation hydrologique

La modélisation hydrologique s'est effectuée à l'aide de GR2M. C'est un modèle élaboré au Centre Machinisme, du Génie Rural, des Eaux et Forêts (CEMAGREF) de France et amélioré par l'équipe l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) de Ouagadougou.
Ce model conceptuel global à réservoir simule les débits au pas de temps mensuel et comporte deux paramètre de calage. Les entrées du model sont la pluie, l'évapotranspiration, la capacité en eau des sols et la chronique des débits de calage.
Le calage du modèle GR2M s'est effectué sur la période 1070-1990, c'est la période qui correspond à la nouvelle norme définie par l'Organisation Mondiale de la Météorologie (OMM).
La validation s'est effectuée sur la période 2005-2030.
Les résultats des modélisations sont donnés dans les tableaux 9 et 10.

Tableau 9 : Evolution de la pluviométrie aux différents horizons

	janvier	février	mars	avril	mai	Juin	juillet	Août	septembre	octobre	novembre	décembre
1961-2004	3.2	3.9	11.9	26.6	68.4	98.9	176.1	220.4	133.2	33.6	7.1	6.2
2010	0	0	2	12	41	83	159	192	108	25	1	0
2015	0	0	2	12	40	82	159	192	108	25	1	0
2020	0	0	2	12	40	81	159	192	108	25	1	0
2025	0	0	2	12	39	80	159	191	107	26	1	0
2030	0	0	2	12	38	80	159	191	107	26	1	0

On observe une légère diminution de la pluviométrie pour tous les mois sauf celui d'octobre qui connaît une légère augmentation à partir de 2025.

Tableau 10 : Evolution de la température aux différents horizons

	2000-2004	2010	2015	2020	2025	2030
Janvier	25.7	25.3	25.3	25.3	25.4	25.5
Février	27.4	28.1	28.1	28.2	28.2	28.3
Mars	31.2	30.8	30.9	30.9	31	31.1
Avril	33.8	32.1	32.2	32.2	32.3	32.4
Mai	32.6	31.5	31.6	31.6	31.7	31.8
Juin	29.8	29.4	29.4	29.5	29.6	29.7
Juillet	27.6	27.2	27.3	27.3	27.4	27.4
Août	26.9	26.6	26.6	26.7	26.8	26.9
Septembre	27.7	27.2	27.2	27.2	27.3	27.4
Octobre	29.6	28.8	28.9	28.9	29	29.1
Novembre	28.6	27.7	27.8	27.8	27.9	28.1
Décembre	26.2	25.6	25.7	25.7	25.8	25.9

Les résultats de la simulation font ressortir une légère augmentation de la température d'environ 0,1°C à partir de 2015, conduisant ainsi un réchauffement de la planète.

VIII.3 L'envasement

On sait que les cours d'eau transportent des matières solides. Les dépôts qui en résultent dans les réservoirs diminuent leur capacité, ceci correspond à l'envasement des retenues de barrages. La sédimentation et la distribution des sédiments dans les retenues constituent des problèmes complexes auxquels les concepteurs et constructeurs de barrages d'aujourd'hui sont confrontés. De plus les conditions ultérieures de tassement et de consolidation des dépôts sont influencées par plusieurs facteurs ; la concentration du débit solide, la hauteur du niveau d'eau dans les barrages, la nature des matériaux transportés et le milieu.

Les conséquences des apports solides sont multiples:

- Volume d'eau disponible:

Du fait du comblement des retenues, les volumes d'eau subissent d'importantes réductions.

- Sécurité des ouvrages:

L'envasement des retenues diminue sensiblement la sécurité des ouvrages, à la fois par l'augmentation de la poussée hydrostatique (augmentation de la densité des boues), par l'affaiblissement des caractéristiques mécaniques des ouvrages (corrosion due aux réactions chimiques au sein des dépôts) et par les difficultés de surveillance visuelle des ouvrages;

- Laminage des crues:

L'envasement des retenues fait que le volume de la tranche de stockage des crues diminue d'année en année, augmentant ainsi les risques de débordement en cas de crue;

- Pérennité des organes annexes de gestion:

Par effet dynamique et statique des éléments solides transportés et accumulés dans les retenues, on augmente considérablement les risques de détérioration et de blocage des organes annexes de gestion (prises d'eau, vidanges de fond, évacuateurs de crues...);

Pour la conception et l'exploitation d'un barrage, la connaissance de la prévision des apports solides est d'un intérêt capital en vue d'adopter les solutions les plus appropriées aux problèmes d'envasement.

Estimation du taux d'envasement du barrage de Ziga

Formule de GOTTSCHALK

$D = 260 \times S^{-0,1}$ *et* $V = D \times S$

D = dégradation spécifique annuelle ($m^3/km^2/an$)

S = superficie du bassin versant (km²) = 20 800 km² pour le bassin versant du barrage de Ziga

V = volume annuel de dépôt solides (m^3/an)

En estimant que c'est la même proportion de matière solide qui se dépose chaque année.

D = 96,2 m^3/km²/an

Tableau 11: Diminution de la capacité de la retenue par les dépôts solides

	2000	2005	2007	2010	2015	2020	2025	2030
Volume en m3	2 000 923	10 004 614	14 006 460	20 009 229	30 013 843	40 018 458	50 023 072	60 027 686
Volume en million de m3	2	10	14	20	30	40	50	60
Nouvelle capacité de la retenue en million de m^3	**198**	**190**	**186**	**180**	**170**	**160**	**150**	**140**

Le volume de dépôt obtenu étant élevé il était important de l'évaluer à l'aide d'une autre formule. Celle qui a été retenue est la suivante :

Formule de GRESILLON modifié ou Formule de KARAMBIRI

$$D = 137 * \left(\frac{P}{700}\right)^{-2,02} \times S^{-0,05} \times \left[0,25 + 1,13 \times (h + r)\right]^{1,15} \quad et \quad V = D \times S$$

D = dégradation spécifique annuelle (m^3/km^2/an)

S = superficie du bassin versant (km²) = 20 800 km² pour le bassin versant du barrage de Ziga

V = volume annuel de dépôt solides (m^3/an)

P = pluie moyenne annuelle (mm) = 789,5

h = paramètre anthro = 0,5 *r* = paramètre morpho = 0,5

Tableau 12 : Diminution de la capacité de la retenue par les dépôts solides

	2000	2005	2007	2010	2015	2020	2025	2030
Volume en m^3	1 968 678	9 843 391	13 780 748	19 686 782	29 530 174	39 373 565	49 216 956	59 060 347
Volume en million de m^3	2	10	14	20	30	39	49	59
Nouvelle capacité de la retenue en million de m^3	198	190	186	180	170	161	151	141

La figure 10 illustre de façon remarquable la diminution de la capacité de la retenue à partir du tableau 10.

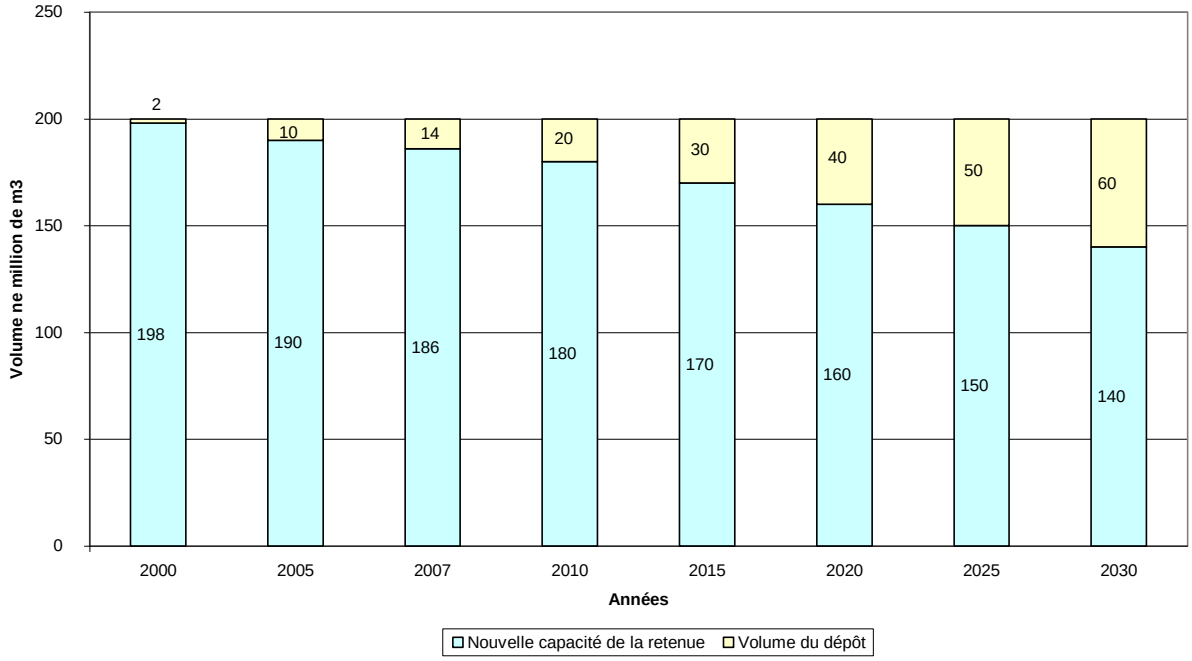


Figure 10 : Evolution de la capacité de la retenue en fonction des dépôts solides

VIII.4 Utilisations informelles de la ressource

Les utilisations informelles sont de plusieurs sortes (maraîchages, la fabrication de briques, les troupeaux qui viennent s'y abreuver, les prélèvements par la population, et la lessive qui est effectuée aux abords immédiat du barrage). Mais les quantités d'eau prélevées par ces activités sont insignifiantes (1,05 million de m^3 soit 0,53% en 2007) par rapport à la quantité d'eau emmagasinée par la retenue.

Le véritable problème est la modification de la qualité de l'eau et la dégradation de l'ouvrage par la facilitation de l'envasement et la dégradation des berges par le bétail.

VIII.5 Etat des moyens de contrôle

Avec les moyens que la MOZ mettait à sa disposition, l'Union des Groupements de la Zone Humide du Barrage de Ziga (UGZHBZ) veillait à ce qu'aucune activité ne se déroule autour du barrage plus de moyen pour effectuer ce travail.

La MOZ a réalisé pour ce groupement un lieu où il réalise la pisciculture, l'élevage de porcs et de poulet.

Le groupement avait pour rôle de :

- Délimiter et faire respecter la zone de sécurité ;

- Gérer la zone humide du barrage par le reboisement.

Il est sous la direction de la Direction Régionale de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques du Plateau Central et du Centre Nord (DRAHRH/PC/CN).

Le détachement militaire pour la surveillance du barrage, ne dispose pas d'assez d'engins de terrain pouvant permettre de faire le tour de la cuvette.

Ce qui explique aujourd'hui l'essor qu'est en train de connaître le maraîchage autour du barrage.

IX PROPOSITION POUR L'UTILISATION DURABLE DE LA RESSOURCE

Préserver la qualité de l'eau de la ressource

L'objectif principal du barrage de Ziga étant l'approvisionnement en eau de la ville de Ouagadougou, l'utilisation de l'eau du barrage et des berges est fortement réglementée et théoriquement interdite à l'exception de la pêche. Des mesures doivent être prises concernant le bétail, l'intensification de l'agriculture dans la zone de sécurité et les activités maraîchères. A ces mesures doivent s'ajouter des mesures de surveillance des activités se déroulant sur les berges.

Mesures concernant le maraîchage

Les maraîchères utilisent les engrais chimiques et les pesticides, il faut agir promptement pour mettre fin à cette activité afin de contribuer à la réduction de l'apport de l'azote et du phosphore dans la retenue. Car le maraîchage qui se développe en amont, peut jouer un rôle prépondérant dans les quantités de nitrates et phosphore se trouvant dans la retenue.

Lorsque les concentrations d'azote et de phosphore dans le barrage dépasseront sa capacité d'assimilation, un phénomène d'eutrophisation se produira rapidement avec pour conséquence une prolifération excessive des plantes et des algues.

Mesures concernant le bétail

Le piétinement excessif et le surpâturage par le bétail présent sur les berges entraîne des risque d'érosion du sol. De plus, la présence de troupeaux d'effectifs important est un facteur de pollution de l'eau par les rejets organiques du bétail présent sur les berges. Il est donc souhaitable que les animaux n'accèdent plus directement au plan d'eau.

Aménager l'aval du barrage pour le maraîchage

Il est bien vrai qu'il faut empêcher la population, d'effectuer le maraîchage en amont et/ou aux abords immédiat du barrage. Mais avant d'user de moyen de représailles, le mieux serait d'aménager l'aval du barrage pour le maraîchage.

Augmenter le nombre des forages pastoraux ou créer des Postes d'Eau Autonome (PEA) pastoraux et créer des zones de pâture

S'il y en a en quantité suffisante, les troupeaux ne seront plus amener au barrage pour leur breuvage. Les PEA pastoraux à énergie solaire réalisés par la Caisse Française de Développement (CFD) dans le sahel Burkinabè (Djibo, Goroum-Gorom) marche très bien, les peulhs paient pour l'abreuvement de leurs troupeaux.

Exploiter la nappe phréatique

La présence de la retenue occasionne une remontée de la nappe phréatique, qui sera pérenne pour certaines activités (maraîchage, abreuvement du bétail) par la réalisation de forage équipé avec un cordon de sécurité.

Protéger le barrage contre l'envasement

Il n'existe pas en réalité de méthode de lutte radicale contre l'envasement. Toutes les méthodes telles les techniques de conservation des eaux et des sols (CES), la mise en place d'une bande de protection des berges, le décapage ne font que retarder l'échéance de la sédimentation. Les dépôts retirés des barrages posaient un problème de stockage, mais de nos jours plusieurs solutions sont mises en œuvres :

- Confection de briques pour la construction ;
- Utilisation des dépôts pour l'enrichissement en fines terres cultivables ;
- Etc.

Des financements doivent être débloqués afin que des études soient menées pour la détermination des moyens efficaces de lutte contre ce phénomène.

Diversifier les sources de revenues des populations riveraines

Il s'agit de réduire de manière significative la pauvreté par le développement d'autres activités socio-économiques. Cela permettra d'améliorer la situation économique des femmes et des jeunes qui sont les principaux préleveurs de la ressource pour le maraîchage.

Gérer de façon économe l'eau et la partager entre les différents usages

Il convient en premier lieu d'examiner comment une gestion économique de la demande permet de dégager de nouveaux volumes d'eau disponibles. Cette démarche doit s'appliquer

à tous les acteurs, et prioritairement aux plus importants consommateurs d'eau. Lorsque les besoins en eau potable ne peuvent être satisfaits autrement, une réattribution de volumes actuellement consacrés à différentes activités économiques pourra être faite en faveur de l'eau potable.

Pour mieux économiser l'eau utilisée par les particuliers

Il convient de sensibiliser tous les usagers aux économies d'eau par des campagnes de communication.

Les usagers doivent prendre conscience de l'importance de l'eau en tant que ressource et de leurs responsabilités en ce qui concerne la bonne gestion de cette ressource précieuse.

Pour mieux gérer l'eau dans les autres usages économiques

Il faut intensifier les programmes d'étude et d'action pour les filières industrielles les plus consommatrices en eau sur la réduction des prélèvements.

Il convient de disposer d'éléments de comparaison et de bonnes pratiques permettant d'identifier les secteurs qui utilisent le plus d'eau et la nature des économies possibles.

Rehausser la digue

A la construction du barrage il y avait la possibilité d'avoir une hauteur de digue plus importante, d'où une possibilité d'augmentation de la hauteur de la digue pour compenser la réduction de la capacité du barrage par l'envasement.

Mais une étude doit être menée afin de déterminer les conséquences de l'augmentation de la surface du plan d'eau et l'évolution de l'évaporation afin de mesurer les gains réels.

Renforcer les institutions

Le succès des activités dépend en grande partie des capacités, des ressources et des expertises des institutions responsables. Il faut fournir un soutien aux institutions chargées de la gestion de l'eau.

Favoriser un financement ambitieux et équitable

L'un des enjeux majeurs de la politique de l'eau est le financement des efforts à consentir pour atteindre les objectifs pour ce faire il faut :

- Concevoir un financement autonome des services d'eau, comprenant le fonctionnement, l'investissement, et le renouvellement des ouvrages ;
- Impliquer financièrement toutes les activités économiques dans les programmes permettant d'atteindre les objectifs.

X ANALYSE ET DISCUSSION

Extension du système de production

Avec les travaux de la première tranche du système de production-adduction de Ziga, l'ONEA dispose depuis 2005 d'une capacité de production additionnelle de 60 000 m^3/j avec les autres installations existantes la capacité de production totale dépasse sensiblement 100 000 m^3/j.

Le nouveau système de production est alimenté par le barrage de Ziga. Le système a été conçu pour une capacité de production future de 90 000 m^3/j, les lignes de refoulement ont été installées pour cette capacité. Toutes fois les installations de pompage eau brute, traitement et pompage eau traitée sont équipées pour une capacité de production de 60 000 m^3/j.

Le volume de stockage et les conditions de régulation du barrage permettront la construction d'une deuxième ligne de production de même capacité que la première, ce qui portera la capacité de production finale du barrage à 180 000 m^3/j.

Les barrages et les forages de la ville ont été abandonnés. Actuellement les barrages de Loumbila et de Ziga permettent l'approvisionnement en eau de la ville de Ouagadougou.
La capacité de production des installations à partir du barrage de Loumbila est de 40 000 m^3/j.
Les besoins pour le futur seront assurés essentiellement par la ressource du barrage de Ziga.
L'extension du système doit s'attacher à suivre l'évolution projetée de la demande.
La figure 11 donne une illustration de cette évolution.

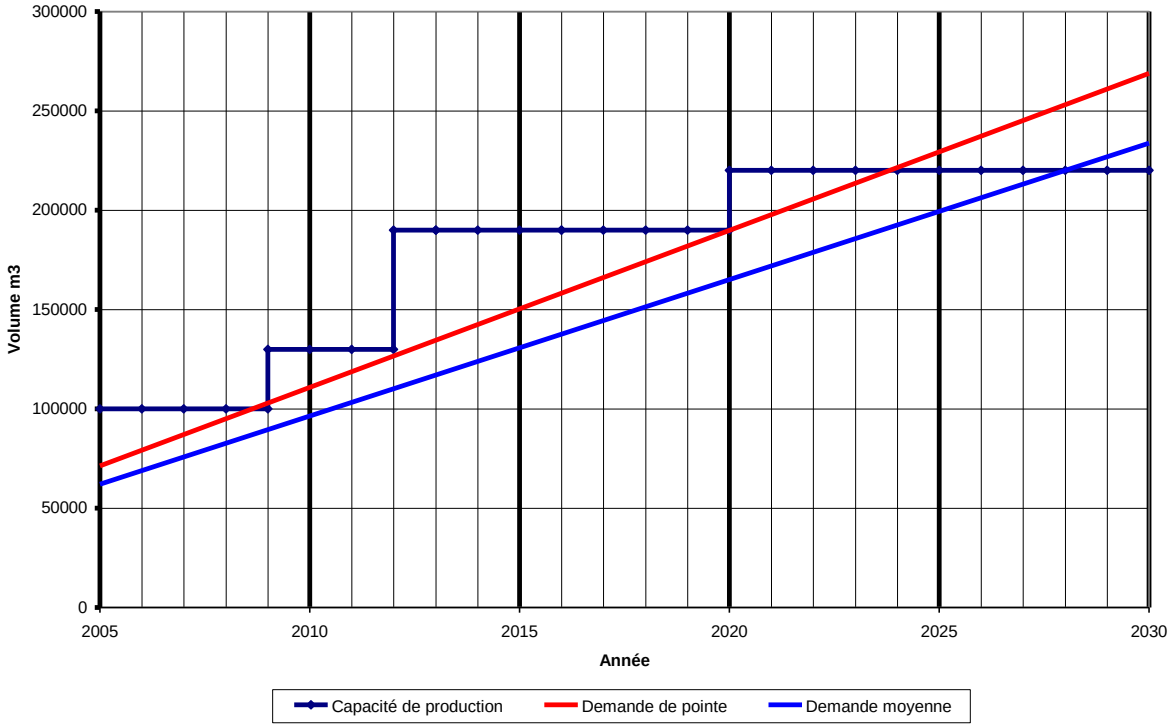


Figure 11 : Evolution de la demande et de la capacité de production

Au vu de l'évolution, il conviendrait de :

- Compléter la première ligne de traitement en réalisant l'extension de 30 000 m^3/j des installations de pompage et traitement, en visant une mise en service en 2009.

Compte tenu de la croissance de la demande, il serait souhaitable que les travaux puissent démarrer en 2007 pour que les installations soient opérationnelles au plus tard le premier semestre 2009.

- Lancer ensuite la construction de la deuxième ligne de traitement selon les mêmes principes que la première, permettant une nouvelle extension de capacité de 60 000 m^3/j. Les travaux devront être programmés de façon à viser une mise en service en 2012 ;
- Et enfin réaliser une extension de 30 000 m^3/j avec une mise en service en 2020.

Sa programmation dépendra de l'évolution effective de la demande. Si les prévisions sont confirmées, il faudra engager les travaux pour une mise en service courant 2020.

Une modification des lignes de production pour s'adapter à la nouvelle évolution de la ville serait souhaitable si les moyens sont disponibles.

Estimation de la disponibilité en eau

A partir des hauteurs de pluie générée par le scénario, un bilan pour la retenue de Ziga a été effectué à partir de l'équation :

$(V_{apport} + V_{pluie}) - (V_{évaporé} + V_{AEP} + V_{déversé} + V_{lâché} + V_{\inf iltré}) = \Delta S$

V_{apport} = Volume des apports du bassin versant

$V_{apport} = P \times K_e \times S_{BV}$ où P est la hauteur de la pluie annuelle, K_e le coefficient d'écoulement moyen annuel (pris égal à 2,3%) et S_{BV} la superficie du Bassin versant moins la superficie du plan d'eau (72 km²), on a donc S_{BV} = 20 728 km².

V_{pluie} = Volume de la pluie directe sur le plan d'eau du barrage

$V_{pluie} = P \times S_{PE}$ où S_{PE} est la surface du plan d'eau au remplissage (7 200 ha)

$V_{évaporé}$ = Volume d'eau évaporé directement de la retenue

$V_{évaporé} = E \times S_{PE}$ où E est l'évaporation du plan d'eau (2 400 mm/an (Savadogo et *al.*,1999))

V_{AEP} = Volume d'eau prélevé par l'Approvisionnement en Eau Potable

$V_{déversé}$ = Volume d'eau déversé après remplissage du Barrage

$V_{lâché}$ = Volume d'eau lâché par les vannes de fond

$V_{\inf iltré}$ = Volume d'eau infiltré dans la cuvette du barrage

ΔS = Variation de stock sur la période considérée

Hypothèse : Les volumes lâchés ($V_{lâché}$) et infiltrés ($V_{\inf iltré}$) sont considérés comme nul.

Tableau 13 : Estimation du volume d'eau dans le barrage aux différents horizons

	2010	2015	2020	2025	2030
Pluie annuelle (mm)	623.0	621.0	620.0	617.0	616.0
Volume apport (Mm^3)	297.0	296.1	295.6	294.2	293.7
Volume pluie (Mm^3)	44.9	44.7	44.6	44.4	44.4
Gain (Mm^3)	341.9	340.8	340.2	338.6	338.0
Volume évaporé (Mm^3)	172.8	172.8	172.8	172.8	172.8
V AEP (Mm^3)	21.9	32.9	32.9	65.7	65.7
Capacité de la retenue (Mm^3)	180.0	170.0	160.0	150.0	140.0
Volume déversé (Mm^3)	117.0	126.1	135.6	144.2	153.7
Perte (Mm^3)	311.7	331.7	341.3	382.7	392.2
Variation de stock (Mm^3)	30.2	9.1	- 1.0	- 44.1	- 54.1
Volume d'eau dans le barrage (Mm^3)	**215**	**194**	**184**	**141**	**131**

Le calcul des apports indique un remplissage du barrage pour les différents horizons. Cela permet d'approché le volume déversé ($V_{déversé}$) par la différence entre les apports et la capacité de la retenue.

Les variations de stock indiquent un déficit à partir de 2020, il est dû à la diminution de la capacité de la retenue.

Le volume d'eau dans le barrage déterminé ici, est la quantité d'eau qui se trouverait dans la retenue en fin décembre de chaque année.

Ces volumes indiquent une disponibilité de la ressource en eau pour l'approvisionnement de la ville de Ouagadougou.

Malgré l'envasement de la retenue non moins négligeable et le phénomène de changement climatique, la quantité d'eau disponible pour l'approvisionnement en eau de la ville de Ouagadougou ne fait pas défaut. Le véritable problème se pose au niveau des moyens financiers nécessaire pour la réalisation de lignes de traitement de cette eau.

Si les prévisions se confirment d'ici 2024 les installations de production se verrons dépasser en cas de demande de pointe, mais elles pourront toujours satisfaire la population en cas demande moyenne jusqu'en 2028.

CONCLUSION

Avec une population dépassant le million d'habitant, l'agglomération de Ouagadougou connaît un développement urbain soutenu qui a suscité des besoins importants d'amélioration et d'extension des infrastructures et services.

L'alimentation en eau potable constitue un des services clés dans la stratégie du gouvernement et de la municipalité comme facteur de développement social et de réduction de la pauvreté.

Un effort important a été engagé avec l'appui de la communauté internationale pour développer l'accès à l'eau potable pour tous et atteindre les objectifs de développement du millénaire.

La construction du barrage de Ziga permet aujourd'hui d'assurer l'approvisionnement en eau potable de la ville de Ouagadougou au moins jusqu'en 2024.

Mais cette échéance ne pourra être atteinte que si la qualité de l'eau est préservée, en empêchant les activités humaines de se développer sur les berges. En effet, le phénomène d'érosion hydrique, qui influe sur la qualité physico-chimique de l'eau, sont liés aux pratiques agricoles et pastorales.

La modélisation hydrologique à l'aide de GR2M met en exergue une légère baisse de la pluviométrie d'où une baisse des apports, nécessitant que tout gaspillage et toute pollution soient évités.

L'eau est un bien commun dont la valeur doit être reconnue de tous. Elle ne doit être surexploitée et doit être préservée pour les générations futures. Chacun, consommateur et utilisateur d'eau doit apprendre à la considérée comme une source précieuse qu'il faut préserver et utiliser rationnellement.

Les quelques propositions qui ont été émises pourront contribuer à gérer de façon efficiente la ressource en eau du barrage de Ziga.

BIBLIOGRAPHIE

BCEOM SOCIETE FRANÇAISE D'INGENIERIE, ASSISTANCE TECHNIQUE A LA MAITRISE D'OUVRAGE, 2007. Actualisation du schéma directeur du projet Ziga : Note synthèse version finale. Ouagadougou, Burkina Faso, AT/MOZ, 36 p.

DIRECTION GENERALE DE L'INVENTAIRE DES RESSOURCES HYDRAULIQUES, 2004. Les Comités locaux de l'eau (CLE) maillon de base du cadre institutionnel de Gestion Intégrée des Ressources en Eau du Burkina Faso : « Document Guide de conception, Création et Fonctionnement », Ouagadougou, Burkina Faso, DGIRH, 35 p.

DIRECTION GENERALE DES RESSOURCES EN EAU, 2007. Situation de remplissage des barrages au 31 janvier 2007. Ouagadougou, Burkina Faso, DGRE, 62 p.

DIRECTION GENERALE DE L'INVENTAIRE DES RESSOURCES HYDRAULIQUES, 2003. Synthèse du suivi des ressources en eau 2003, Ouagadougou, Burkina Faso, DGIRH, 62 p.

Karambiri H. et Gueye I., 2006. Cours de barrage. Ouagadougou, Burkina Faso, 2IE-Groupes EIER-ETSHER, 149 p.

MAITRISE D'OUVRAGE DE ZIGA, 2005. Evaluation à mi-parcours des composantes du Plan Gouvernemental d'Atténuation des Impacts du projet AEP OUAGA/ZIGA. Ouagadougou, Burkina Faso, MOZ, 85 p.

MAÎTRISE D'OUVRAGE DE ZIGA, 2006. Etude d'évaluation des effets du PGAIE sur l'amélioration des conditions de vie des populations de la zone du projet Ziga. Ouagadougou, Burkina Faso, MOZ, 85 p.

OFFICE NATIONAL DE L'EAU ET DE L'ASSAINISSEMENT, 1995. AEP-Ouagadougou : Etude d'impact sur l'environnement résumé non technique. Ouagadougou, Burkina Faso, ONEA, 80 p.

OFFICE NATIONAL DE L'EAU ET DE L'ASSAINISSEMENT, 2003**.** Etude Marketing ONEA: Rapport final. Ouagadougou, Burkina Faso, ONEA, 66 p.

Savadogo K., Ouattara F. et Ouédraogo G.J., 1999. Etude de la vulnérabilité et de l'adaptation aux changements climatiques, secteur des ressources en eau. Ouagadougou, Burkina Faso, 41 p.

Yacouba H., 2001. Cours d'agriculture : Gestion de la fertilité des sols et techniques de production. Ouagadougou, Burkina Faso, Groupe EIER-ETSHER, 116 p.

Zoungrana D., 2003. Cours d'Approvisionnement en Eau Potable. Ouagadougou, Burkina Faso, Groupe EIER-ETSHER, 142 p.

ANNEXES

Annexe 1 : Futur cadre institutionnel de la gestion des ressources en eau

Annexe 2 : Prélèvement eau brute au barrage de Ziga

Annexe 3 : Analyse physico-chimique des eaux prélevées au barrage de Ziga

Annexe 4 : Donnée hydrologique (Pluviométrie et Température à la station de Ouagadougou et volume d'eau dans la retenue)

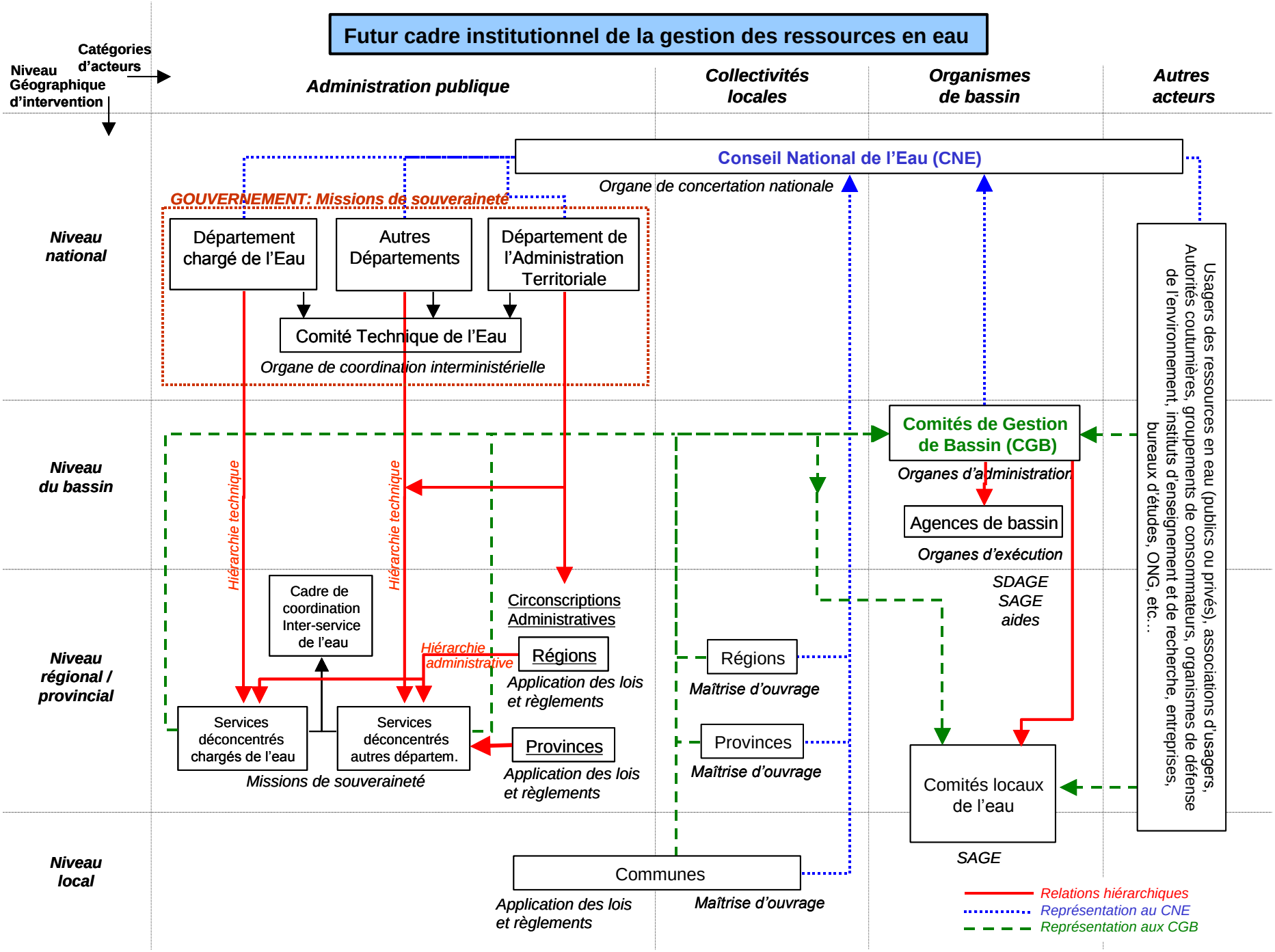
Annexe 5 : Courbe Hauteur-Volume-Surface

Annexe 6 : Résultat de la simulation climatique et hydrologique

Annexe 7 : Cadre logique

Annexe 8 : Guide d'entretien

Annexe 1


Futur cadre institutionnel de la gestion des ressources en eau
Catégories d'acteurs
Niveau Géographique d'intervention
Administration publique
Collectivités locales
Organismes de bassin
Autres acteurs
Niveau national
Niveau du bassin
Niveau régional / provincial
Niveau local
Conseil National de l'Eau (CNE)
Organe de concertation nationale
GOUVERNEMENT: Missions de souveraineté
Département chargé de l'Eau
Autres Départements
Département de l'Administration Territoriale
Comité Technique de l'Eau
Organe de coordination interministérielle
Comités de Gestion de Bassin (CGB)
Organes d'administration
Agences de bassin
Organes d'exécution
SDAGE
SAGE
aides
Usagers des ressources en eau (publics ou privés), associations d'usagers, Autorités coutumières, groupements de consommateurs, organismes de défense de l'environnement, instituts d'enseignement et de recherche, entreprises, bureaux d'études, ONG, etc…
Hiérarchie technique
Hiérarchie technique
Cadre de coordination Inter-service de l'eau
Circonscriptions Administratives
Hiérarchie administrative
Régions
Application des lois et règlements
Régions
Maîtrise d'ouvrage
Services déconcentrés chargés de l'eau
Services déconcentrés autres départem.
Missions de souveraineté
Provinces
Application des lois et règlements
Provinces
Maîtrise d'ouvrage
Comités locaux de l'eau
SAGE
Communes
Application des lois et règlements
Maîtrise d'ouvrage
Relations hiérarchiques
Représentation au CNE
Représentation aux CGB

Annexe 2 : Prélèvement d'eau brute au barrage de Ziga

Tableau : Prélèvement des eaux brutes au barrage de Ziga

	2004	2005	2006	2007
Janvier	-	508 941	965 448	1 595 125
Février	-	522 595	929 386	1 549 010
Mars	-	601 355	1 183 543	1 790 272
Avril	-	820 229	1 258 650	1 683 454
Mai	-	1 160 969	1 276 280	
Juin	-	997 265	1 162 954	
Juillet	-	755 627	1 129 880	
Août	-	687 921	1 149 226	
Septembre	-	821 255	1 192 529	
Octobre	46 463	923 121	1 213 483	
Novembre	308 248	916 198	1 304 837	
Décembre	321 886	990 877	1 310 238	

Annexe 3

Tableau : Résultat de l'analyse physico-chimique des eaux prélevées au barrage de Ziga

Elément recherché	Echantillon 1	Echantillon 2
pH	7,6	7,5
Conductivité	145,5 µs/cm	98 µs/cm
Ammoniaque NH_4^+	1,74 mg/l	0,34 mg/l
Ortho phosphate PO_4^{3-}	0,05 mg/l	0,04 mg/l
Sulfate SO_4^{2-}	60 mg/l	20 mg/l
Nitrate NO_3^-	44,3 mg/l	9,75 mg/l
Nitrite NO_2^-	0,02 mg/l	0,02 mg/l
Manganèse Mn	0,33 mg/l	0,18 mg/l
Chlorure	10 mg/l	9 mg/l
Analyse : Hormis la quantité de nitrate dans le premier échantillon qui est quand même important nous pouvons dire que la qualité de l'eau du barrage n'est pas encore détériorée.		

Annexe 4 : Données hydrologiques

Annexe 4.1 : Pluviométrie mensuelle en mm à la station de Ouagadougou

Année 2000											
Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
0	0	0	0	0	56	87	186	59	46	0	0

Année 2001											
Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
0	0	0	0	42	70	169	156	89	0	0	0

Année 2002											
Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
0	0	0	21	2	28	155	169	147	64	0	0

Année 2003											
Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
0	0	0	5	24	172	160	207	113	38	0	0

Année 2004											
Jan	Fev	Mar	Avr	*Mai*	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
0	0	0	83.7	117.8	55.5	141.5	138.5	156.2	36	34	0

Année 2005											
Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
0	0	0	7.1	59.7	126.1	132.4	288.7	84.6	19	0	0

Année 2006											
Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
0	0	0	35	6	84	165	225	83	13	0	0

Annexe 4.2 : Variation du volume d'eau dans la retenue

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Janvier		46	157	174	175	168	174	172
Février		41	144	164	138	157	163	160
Mars		36	132	152	102	145	147	146
Avril		31	122	139	63	137	133	132
Mai		26	113	128	49	125	123	
Juin		47	115	190	52	138	116	
Juillet	7.8	109	176	237	85	227	132	
Août	49.1	220	224	241	141	254	209	
Septembre	68.5	224	214	253	189	233	232	
Octobre	66.4	201	205	215	197	208	207	
Novembre	57.2	184	196	170	190	195	196	
Décembre	50.4	170	186	190	179	186	185	

Annexe 4.3 : Variation de la température à la station de Ouagadougou

	2000	2001	2002	2003	2004
Janvier	27.4	24.7	24.7	25.7	25.9
Février	25.3	26.5	27.1	29.7	28.4
Mars	30.3	31.6	32.6	30.9	30.8
Avril	34.3	34.4	34	33.8	32.7
Mai	32.1	32.6	33.5	33	31.6
Juin	29.2	30	31.2	28.5	30.2
Juillet	27	27.5	28.9	27.4	27.2
Août	26.7	26.9	27.2	26.8	27
Septembre	28.5	27.4	27.8	27.3	27.6
Octobre	29.4	29.9	28.7	29.8	30
Novembre	28.7	28.5	28.2	28.9	28.8
Décembre	25.2	26.9	25.9	25.3	27.6

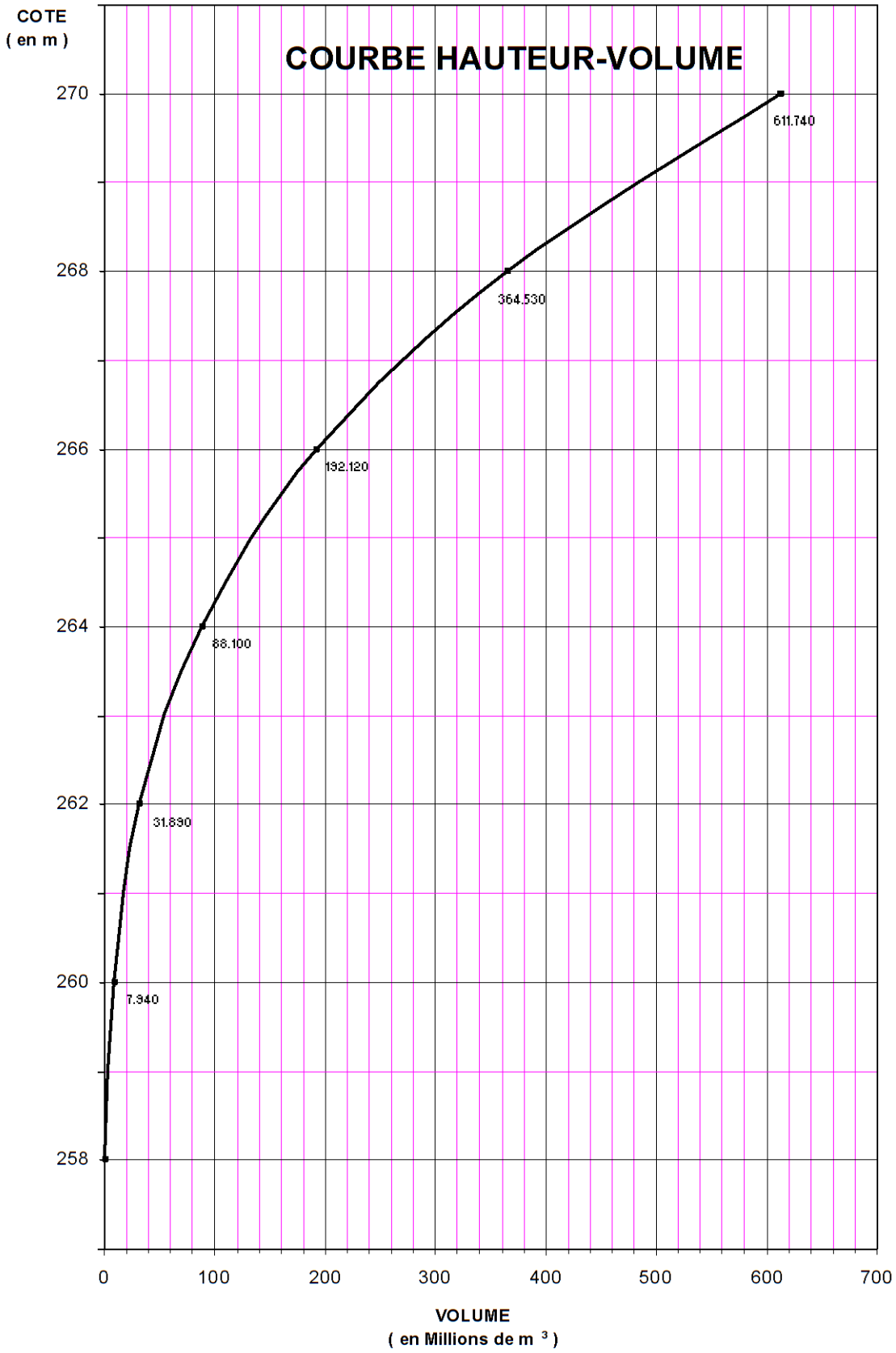
Annexe 5 : Courbe Hauteur-Volume-Surface

Annexe 5.1

Tableau : Courbe Hauteur-volume-surface

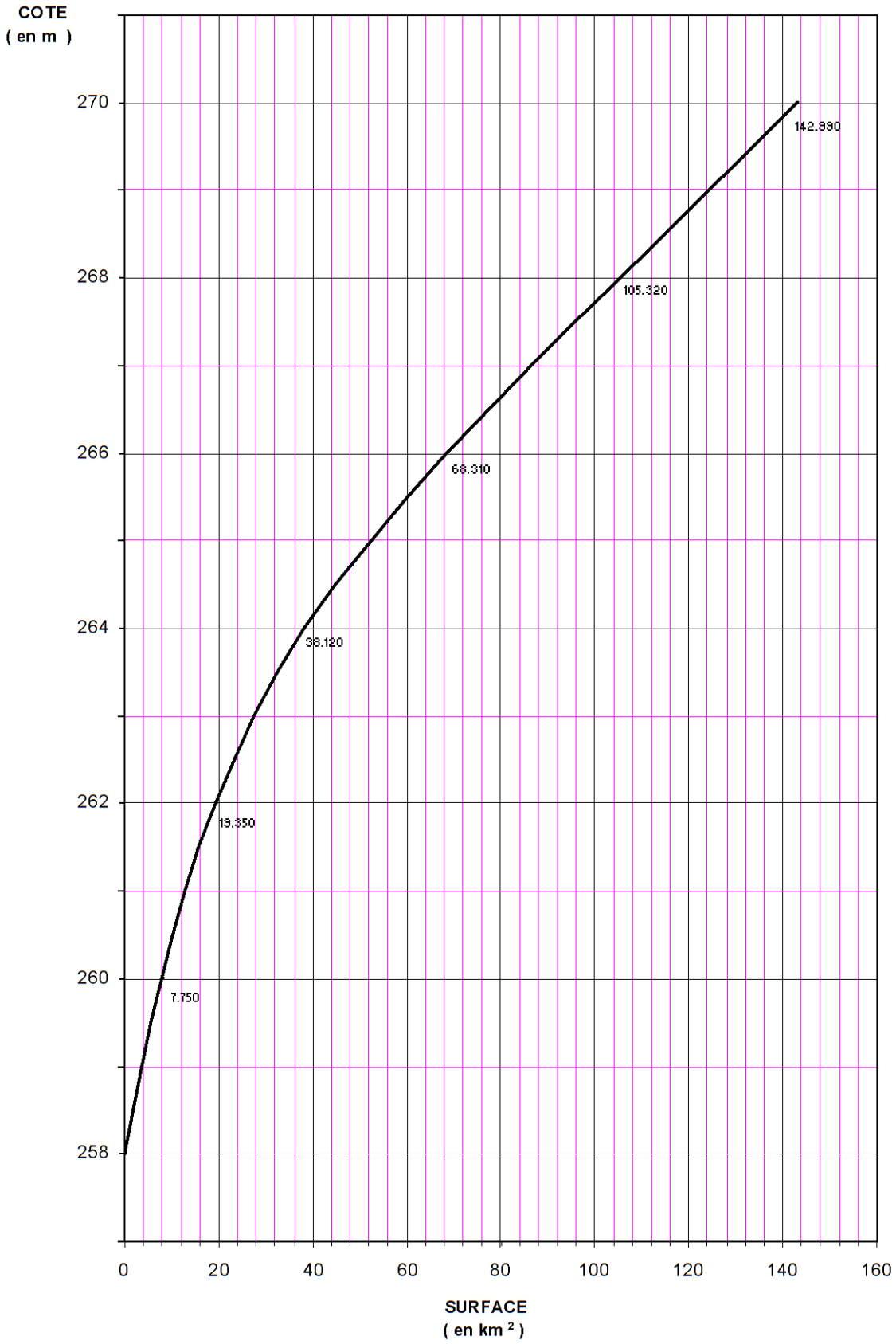
Cote	Volume (Mm^3)	Surface (Km^2)
257.00	**0.000**	**0.000**
258.00	**0.000**	**0.000**
258.25	0.000	0.692
258.50	0.000	1.730
258.75	0.007	3.183
259.00	0.147	4.221
259.25	3.000	5.260
259.50	5.147	6.646
259.75	6.985	7.612
260.00	**7.940**	**7.750**
260.25	10.882	10.228
260.50	13.088	11.488
260.75	16.176	12.595
261.00	19.118	13.841
261.25	21.250	15.210
261.50	24.118	16.747
261.75	29.044	18.270
262.00	**31.890**	**19.350**
262.25	38.235	22.007
262.50	42.353	23.903
262.75	48.382	25.606
263.00	56.471	29.066
263.25	61.029	31.003
263.50	69.853	33.218
263.75	77.206	35.986
264.00	**88.100**	**38.120**
264.25	95.588	41.594
264.50	109.191	45.615
264.75	119.118	48.250
265.00	130.588	52.686
265.25	144.118	56.125
265.50	159.338	60.867
265.75	172.794	63.501
266.00	**192.120**	**68.310**
266.20	**200.000**	**72.000**

Annexe 5.2


COTE
(en m)
COURBE HAUTEUR-VOLUME
270
268
266
264
262
260
258
611.740
364.530
192.120
88.100
31.830
7.340
0
100
200
300
400
500
600
700
VOLUME
(en Millions de m ³)

Annexe 5.3

COURBE HAUTEUR-SURFACE



Annexe 6 : Résultat de la simulation climatique et hydrologique

Annexe 6.1

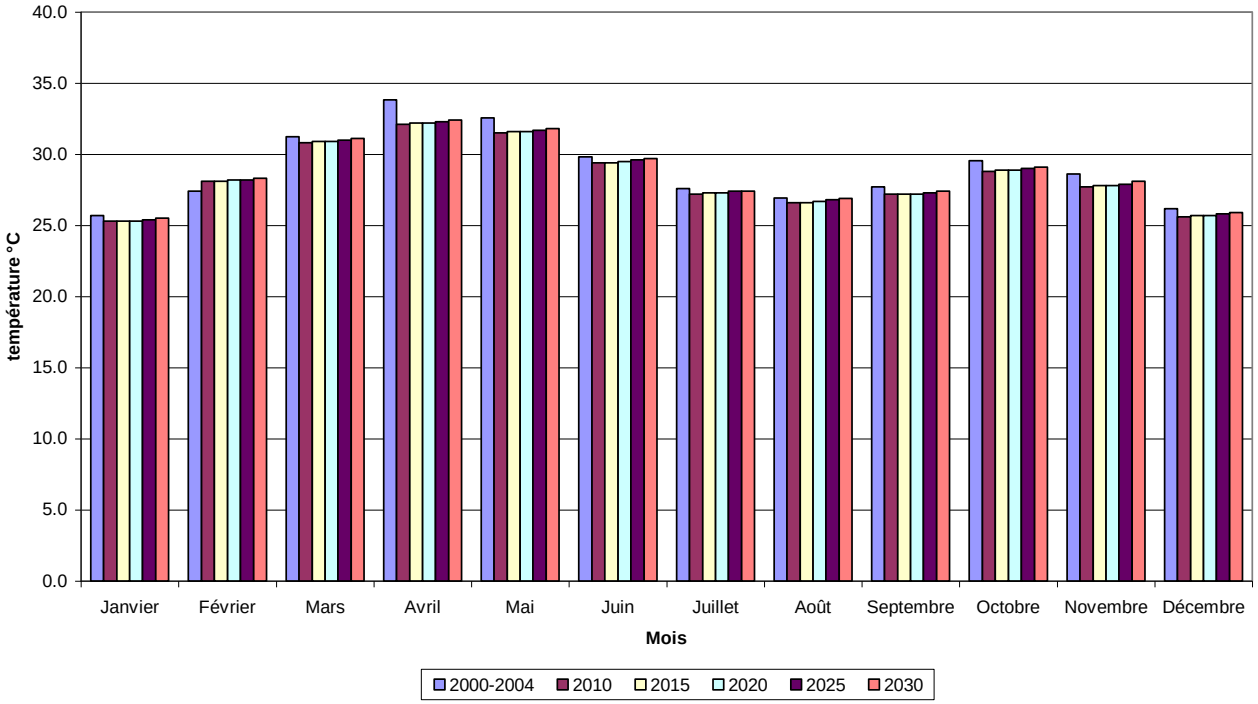


Figure 1 : Variation de la température par mois aux différents horizons

Annexe 6.2

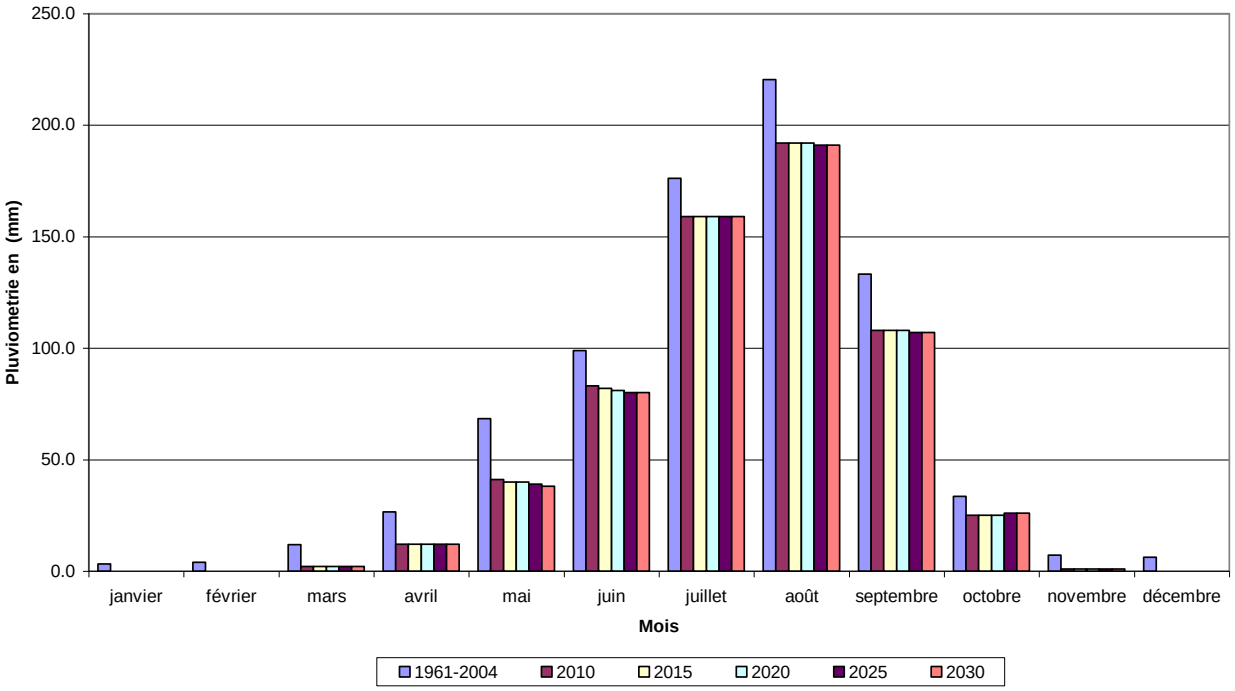


Figure 2 : Variation de la pluie par mois aux différents horizons

Annexe 6.3

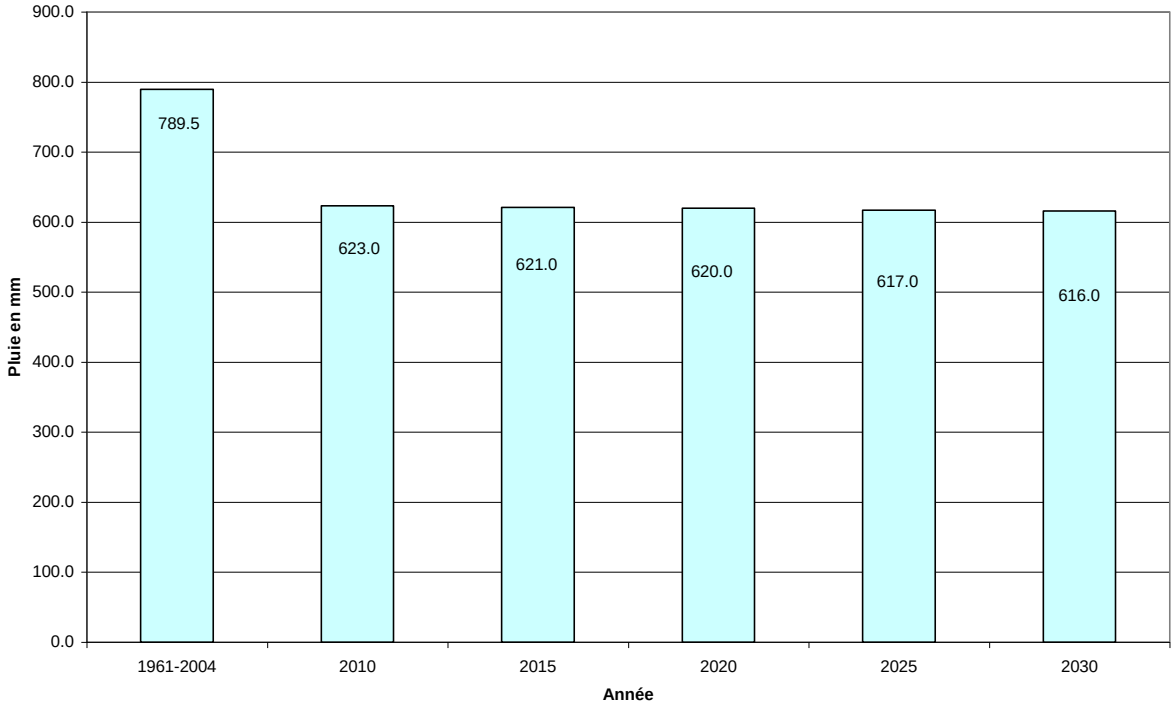


Figure 3 : Variation annuelle de la pluviométrie aux différents horizons

Annexe 6.4

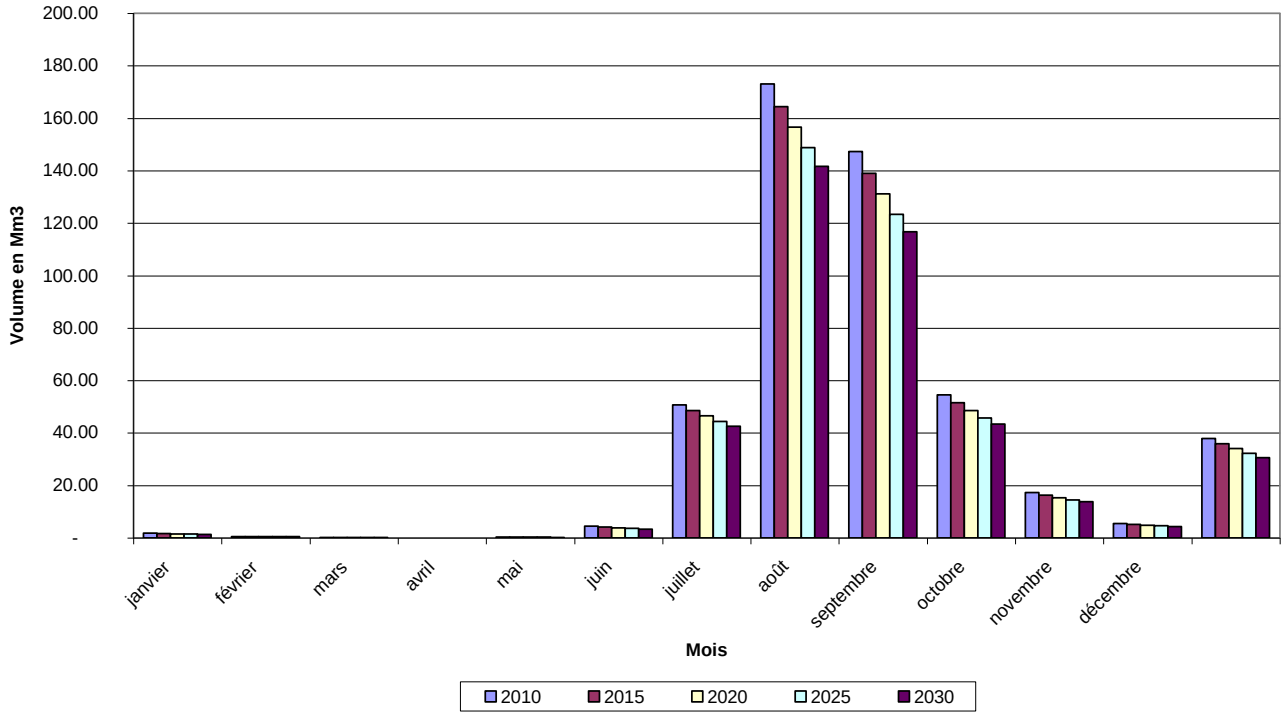


Figure 4 : Variation des apports par mois aux différents horizons

Annexe 6.5

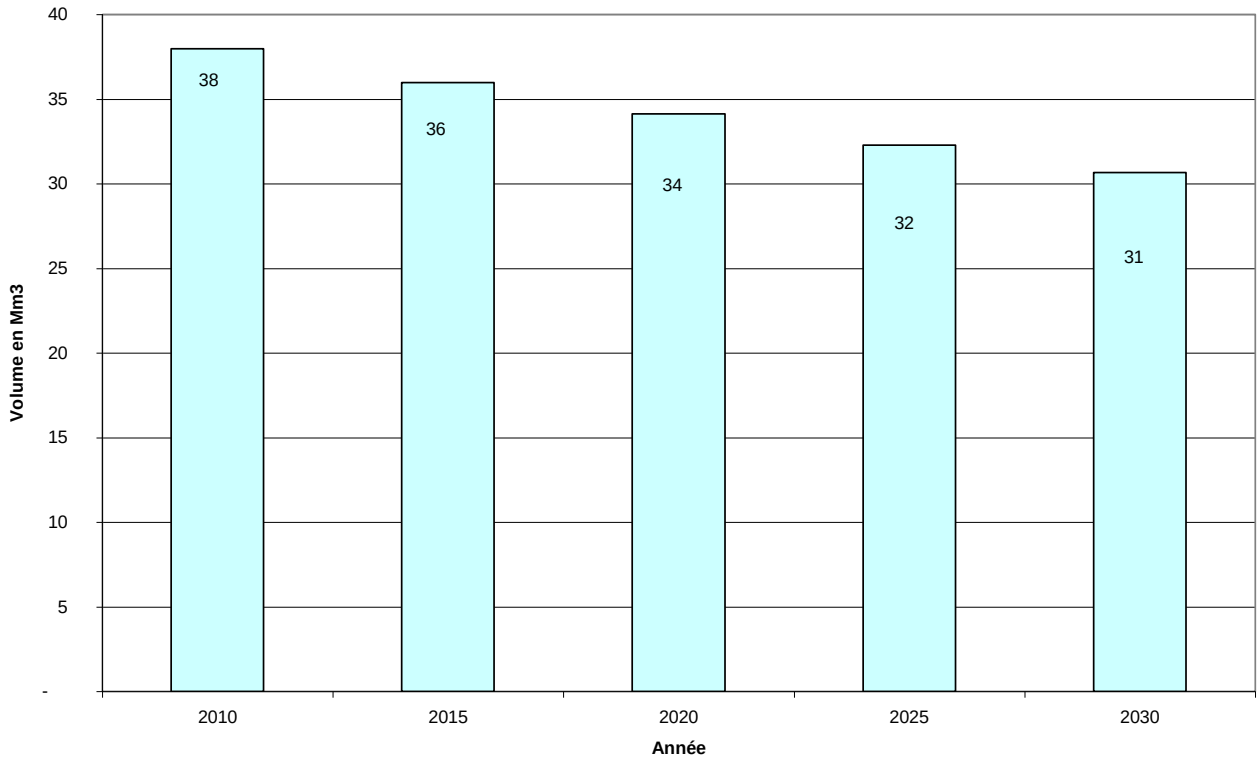


Figure 5 : Variation des apports annuels aux différents horizons

Annexe 7 : Cadre logique

Objectif générale : Contribuer élaborer une stratégie de suivi de la gestion efficiente de l'utilisation de la ressource en eau du barrage de Ziga

Objectifs	Tâches	Démarche méthodologique	Outils	Résultats attendus
Faire l'état de lieux des utilisateurs actuels et potentiels de la ressource en eau du barrage de Ziga	• Repérage et évaluation des activités des utilisateurs locaux (non officiels ou pirates) de la ressource en eau • Collecte des informations relatives aux structures notamment les plus grandes utilisatrices de la ressource en eau auprès de la MOZ et du ministère de l'hydraulique	• Visiter le site du barrage et observer les activités utilisant l'eau du barrage • Examiner la bibliographie relative à ce projet • Rencontrer et interviewer les personnes ressources au niveau de la MOZ et du ministère de l'hydraulique pour avoir des informations sur l'utilisation de la ressource	• Sortie de terrain • Questionnaires à adresser aux villageois • Visite des Centres de documentation des structures • Guide d'interview semi structuré	Tous les acteurs intervenant dans l'utilisation de la ressource en eau du barrage de Ziga sont identifiés et répertoriés
Evaluer les quantités d'eau prélevées par ces différents utilisateurs et les utilisateurs potentiels	• Collecte des informations sur les besoins et prélèvements actuels en eau des structures concernées • Estimation de la quantité actuellement prélevée • Evaluation de la rationalité de l'utilisation de la ressource par ces utilisateurs	• Rencontrer les personnes ressources et échanger avec eux sur les besoins et prélèvement en eau des structures concernées • Rencontrer les personnes ressources au niveau de l'ONEA pour avoir des informations sur les quantités d'eau prélevées par ces structures • Faire des calculs (estimation)	• Guide d'interview semi structuré individuel à adresser aux structures visitées • Outil de calcul (feuille de calcul Excel)	Les quantités d'eau utilisées par ces acteurs sont déterminées

Objectifs	Tâches	Démarche méthodologique	Outils	Résultats attendus
Analyser, au vu des nouvelles connaissances sur les quantités actuellement prélevées, la projection des besoins de prélèvements des utilisateurs jusqu'en 2025	• Exploitation des données techniques sur la projection des prélèvements • Estimation des quantités à utiliser plus tard • Comparaison des projections	• Analyser les documents techniques décrivant cette projection • Faire les calculs (estimation)	• Guide d'interview semi structuré individuel à adresser aux structures visitées • Outil de calcul (feuille de calcul Excel)	Les prélèvements sont quantifiés et projetés jusqu'en 2025
Evaluer les quantités disponibles	• Exploitation des données sur la variation du climat et l'envasement de la retenue • Estimation des capacités de rétention du barrage	• Analyser les données sur la variation climatique et sur l'envasement du barrage • Analyser les documents techniques sur la projection d'augmentation des capacités du barrage	• Visite des Centres de documentation des structures	Les quantités disponibles sont évaluées jusqu'à l'horizon du projet
Faire des propositions pour une utilisation durable la ressource	• Détermination des éléments ou facteurs pouvant être pris en compte dans une stratégie de gestion de la ressource	• Faire la synthèse des informations et données collectées • Analyser les données • Ressortir les indicateurs de gestion à prendre en compte	• Données collectés et produites	Des propositions concrètes sont faites pour améliorer l'utilisation de la ressource en eau

Annexe 8 : Guide d'entretien adressé aux villageois

DONNEES PHYSIQUE ET NATURELLES

Climat :

Végétation (faire une description complète):

Sol :

Hydrographie :

Relief :

AGRICULTURE

1. Pratiquiez-vous les cultures de contre saison ?

Si oui,

2. Où le pratiquez-vous ?
3. Quelle est la superficie des champs ?
4. Quels sont les produits que vous cultivez ?
5. Où trouvez-vous l'eau pour arroser vos cultures ?
6. Est-ce que cette eau tarie ?
7. Si oui, où allez vous cherche l'eau les arrosages ?
8. Utilisez-vous l'eau du barrage de Ziga pour les arrosages ?
9. Si oui, quelle quantité prélevez-vous par jour pour chaque type de cultures ?
10. Existe-il des zones de culture de riz ou de maraîchage autour du barrage de Ziga ?
11. Si oui, d'où viennent les gens qui font ces cultures ?
12. A votre connaissance y a-t-il d'autres activités ou acteurs qui utilisent l'eau du barrage ?
13. Quelles sont les difficultés rencontrées ?

ELEVAGE

1. Quel type d'élevage faites-vous ?

Ovins ☐ Bovins ☐ Porcins ☐

2. Où habitez-vous en permanence ?
3. Quel est l'effectif de vos cheptels ?
4. Où abreuvent-vous vos animaux ?
5. Où vos animaux s'abreuvent-ils en période de saisons sèche ?
6. Est-ce que vos emmener vos animaux s'abreuver au niveau du barrage de Ziga ?
7. Y a-t-il des éleveurs qui viennent d'autres villages pour abreuver leurs animaux ici ?
8. Si oui, pouvez-vous nous citer quelques uns de ces villages ?
9. Avez-vous des points d'eau aménagés pour l'abreuvement des animaux ?
10. A votre connaissance y a-t-il d'autres activités qui utilisent l'eau du barrage (culture, fabrique des briques de terre, etc.) ?
11. Quelles sont les difficultés rencontrées ?