Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
International Institute for Water and Environmental Engineering
Fondation 2iE

GESTION INTÉGRÉE DES RESSOURCES EN EAU DANS LE BASSIN VERSANT DU LAC MUNICIPAL DE DSCHANG-CAMEROUN : CONNAISSANCE ET USAGES

MÉMOIRE POUR L'OBTENTION DU MASTER SPÉCIALISÉ EN GESTION INTÉGRÉE DES RESSOURCES EN EAU
(GIRE)

Présenté et soutenu publiquement le par

FOWE TAZEN

Sous l'encadrement de :

Pr**. Mathias Fru FONTEH**
Head of Department of Agricultural Engineering
University of Dschang, Cameroon

et

Dr. **Harouna KARAMBIRI,**
Enseignant-chercheur au 2iE
UTER: GVEA

Jury d'évaluation du stage:

Président:

Membres et correcteurs:

Promotion 2008/2009

DEDICACES

Je dédie très affectueusement ce travail à :

- Mon fils **Jarel Fowé** qui n'a pas bénéficié de ma chaleur à sa naissance ;
- Ma dulcinée **Fernande Wagoum**, pour son soutien et son support moral qu'elle m'a toujours apportés depuis notre connaissance.

Que vous trouvez ici le fruit de mon abandon pendant toute cette période de formation.

- Toute la communauté Camerounaise du 2iE pour les moments agréables passés ensemble.

REMERCIEMENTS

La réalisation de ce mémoire de fin de stage a été pour moi l'occasion de découvrir l'esprit de solidarité qui caractérise certaines personnes. Qu'il me soit permis ici de les remercier.

Je pense tout d'abord au **Professeur Fonteh Fru Mathias**, président du Partenariat National de l'Eau du Cameroun à qui je dis toute ma gratitude. En dépit de ses multiples occupations aussi bien administratives que académiques, il a bien voulu sans toutefois me connaître par le passé prendre en main la co-direction des travaux de ce mémoire. Ses conseils, son humour et son sens élevé de la discipline resteront pour moi des repères dans la vie. Je le prie de trouver ici toutes mes excuses pour mes manquements pendant tout mon séjour à Dschang.

Ma gratitude va ensuite à l'endroit du **Docteur Harouna Karambiri** qui, de bout en bout a suivi mes travaux malgré la distance nous séparant. Ses encouragements et suggestions à travers les mails m'ont permis d'avancer et peaufiner avec assurance ce mémoire.

J'adresse mes remerciements à tous les enseignants permanents et vacataires ainsi qu'au personnel administratif de l'Institut international d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE) qui ont contribué à ma formation et particulièrement à ceux qui auront la charge d'apprécier ce travail.

J'exprime ma reconnaissance toute particulièrement à **Paul Valery Dontsop**, **Ingénieur** des travaux attaché au projet d'aménagement du lac municipal de Dschang pour sa disponibilité et ses contributions à mes préoccupations ; **Tsopning Paul**, chef d'agence de Camwater de Dschang et **Docteur Kengni Lucas** pour les différents entretiens et documentation mise à ma portée ; au **Professeur Kueté Martin** pour m'avoir permis de réaliser une partie de ce travail dans son laboratoire de géomatique.

Je dois reconnaissance à mes amis **Keumo Roger** et **Danga Jéremie** pour l'hospitalité accordée pendant tout mon séjour à Dschang.

Je remercie tous mes camarades de la 2ème promotion de Master spécialisé Gire 2008/2009 ainsi qu'autres Masters spécialisés (GSE, HSI et GAP) pour leur franche collaboration et le climat favorable au travail qu'ils ont toujours su créer et entretenir entre nous.

Je témoigne ma reconnaissance à tous ceux qui ont mis à ma disposition des moyens financier, matériel et moral pour la réalisation de ce mémoire. Il s'agit de : la famille **Ngongang Kamnang Le Prince**, la famille **Taleghang Jean**, mon frère **Saha Tazeu Jilles Roméo**.

Je suis particulièrement redevable à la Commission de l'Union Européenne au Burkina Faso pour avoir subventionné les frais de scolarité de cette formation.

Que tous les parents, frères et amis qui m'ont apporté d'une manière ou d'une autre leur soutien trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude.

Je ne saurai terminer sans glorifier le Tout Puissant qui par son immense bonté ne cesse de répondre à nos demandes en nous accordant sa grâce.

RESUME

Ce mémoire porte sur l'aspect connaissance et usages des ressources en eau dans le bassin versant du lac municipal de Dschang avec une vision intégriste en matière de gestion de l'eau. Le présent travail vise à contribuer à la connaissance de la situation actuelle des ressources en eau dans ledit bassin versant avec une perspective d'élaboration d'un plan de gestion. Il s'est agit, dans un premier temps de quantifier et de qualifier les ressources en eau de surface, dans un second temps d'analyser les différents usages de l'eau dans le bassin, dans un troisième temps d'examiner les variations climatiques sur les ressources en eau, dans un quatrième temps d'identifier les problèmes de connaissance et d'usages liés aux ressources en eau et dans un cinquième temps de proposer des réseaux de suivi des ressources en eau.

Une approche méthodique basée principalement sur la collecte des données et des entretiens, mais aussi la consultation documentaire a permis de mener à bien cette étude.

Les résultats révèlent que : les prélèvements en eau pour l'AEP dans le bassin sont estimés à 1.032.000 m^3 en moyenne par an, le volume d'eau sortant de l'exutoire est de 24.075.000 m^3 en moyenne par an et le volume de la retenue est de 450.000 m^3 à son niveau seuil. Les analyses des eaux du lac ont révélé une forte pollution microbiologique avec des concentrations en indicateurs fécaux qui dépassent les normes de l'OMS et des caractéristiques physico-chimiques assez satisfaisantes.

Les ressources en eau dans le bassin sont utilisées pour les activités récréatives et de loisir avec la création d'une base nautique aux abords du lac, l'approvisionnement en eau potable et les activités domestiques. L'hydroélectricité demeure un usage potentiel.

Il ressort de nos investigations qu'il n'existe pas de réseaux de suivi continu des ressources en eau dans le bassin versant du lac. Le suivi de la qualité des eaux du lac fait sur une période d'un an (juillet 2007-juin 2008) a été commandité dans le cadre du projet d'aménagement touristico-culturel du site du lac.

Quinze (15) problèmes liés à la connaissance et aux usages des ressources en eau ont été identifiés. Les principaux étant : l'absence des stations de mesure limnimétriques et hydrométriques, le manque de suivi d'indicateurs pertinents favorisant la connaissance socio-économique des usages de l'eau, la non maîtrise de la quantité d'eau entrant dans le bassin, la dégradation de la qualité des ressources eau, les risques sanitaires, l'eutrophisation du lac et la sédimentation.

Mots clefs : ressources en eau, usages, connaissance, bassin versant, lac municipal de Dschang.

SUMMARY

This dissertation is based on the knowledge and uses of water resources in the Dschang municipal lake's catchments (basin river). The present work aims at contributing to the knowledge of the present situation of water resources in the so-called basin with a perspective to elaborate a management plan. It was first of all questions to quantify and qualify surface water resources; secondly, to analyse the various uses of water in the basin; thirdly, to examine the climate variation on the water resources; then identify the problems related to the knowledge and uses of water resources; and finally to propose water resources follow up networks.

A methodical approach mainly based on data collection and interviews as well as documentary consultations enabled us to properly carry out this study.

The results shows that: the consumption of water by AEP in the basin is estimated on average at 1.032.000 m^3 per year, the volume of water from the exit is estimated on average at 24.075.000 m^3 per year and the volume of dam on his threshold is 450.000 m^3. The analyses of the lake waters revealed a serious microbiological pollution with waste indicators exceeding WHO's norms and the fairly good physico-chemical characteristics.

In the basin, the water resources are used for fun and leisurely activities with the creation of a nautical base in the surroundings of the lake, the supply in potable water and in doors activities. Besides, hydroelectricity remains a potential use.

It comes out from our investigations that, there is an absence of continuous follow up networks of water resources in the catchments of the lake. A follow up of the water quality carried out for one year (July 2007-june 2008) has been instructed in the framework of the creation of a touristico-cultural of the lake site.

Fifteen (15) problems related to the knowledge and usages of water resources have been identified. The main ones are: the absence of limnimetric and hydrometric measure stations, the scarcity true follow up indicators aimed at favorising the socioeconomic uses of water, the non mastery of the quantity of water resources, the sanitation risks, the ''eutrophisation'' and the sedimentation of lake.

Key words: water resources, basin river, Dschang municipal lake, uses, knowledge.

TABLE DES MATIERES

Pages

LISTE DES TABLEAUX……ix

LISTE DES FIGURES ET DES PHOTOS……...x

LISTE DES ABREVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES……....xi

CHAPITRE I : INTRODUCTION GENERALE……1

1.1 Contexte général de l'étude……...1

1.2 Problématique……....1

1.3 Objectifs de l'étude……....3

1.3.1 Objectif principal……3

1.3.2 Objectifs spécifiques……..3

1.4 Intérêt de l'étude……...3

1.5 Limite de l'étude……...3

CHAPITRE II : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE……....5

2.1 Situation géographique et localisation……....5

2.2 Paramètres climatiques……...7

2.2.1 Pluviométrie……7

2.2.2 Température……8

2.3 Paramètres physiographiques du bassin versant du lac……9

2.3.1 Système hydrologique du lac……..9

2.3.2 Géologie……10

2.3.3 Pédologie……...10

2.3.4 Végétation. ……11

2.4 Milieu humain……12

2.4.1 Population……..12

2.4.2 Activités économiques……...13

CHAPITRE III : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LA GESTION INTEGREE DE L'EAU : CAS DU CAMEROUN……...14

3.1 Définitions de quelques termes clés……14

3.2 Le concept de Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE)……15

3.2.1 Origine et définition du concept……..15

3.2.2 Principes de la Gestion Intégrée des Ressources en Eau……15

3.3 Cadres de gestion de l'eau au Cameroun……16

3.3.1 Cadre législatif et réglementaire……....16

3.3.2 Cadre institutionnel……....18

3.4 Evaluation des ressources en eau……19

3.4.1 Quantité des ressources en eau……..19

3.4.2 Qualité de l'eau……19

3.5 Différentes formes d'usage des ressources en eau……...20

3.6 Suivi des ressources en eau……..20

3.7 Variabilité climatique sur les ressources en eau.....21

3.7.1 Notions de variabilités climatiques……....21

3.7.2 Facteurs explicatifs de la variabilité climatique et leurs manifestations sur les ressources en eau…….....21

CHAPITRE IV : MATERIELS ET METHODES……..23

4.1Réalisation de la carte et détermination des caractéristiques géomorphologiques du bassin versant du lac municipal de Dschang……..23

4.1.1 Réalisation de la carte du bassin versant……...23

4.1.2 Détermination des caractéristiques géomorphologiques……...23

4.2 Evaluation de la quantité et de la qualité des ressources en eau du bassin……..24

4.2.1 Quantité d'eau disponible……..24

4.2.2 Qualité des ressources en eau……...24

4.3 Analyse des différents usages de l'eau du lac municipal……...25

4.4 Identifications des problèmes liés à la connaissance et usages des ressources en eau……..25

4.5 Analyse des variations climatiques……..26

4.5.1 Calcul des totaux pluviométriques pondérés annuels……....26

4.5.2 Calcul des indices pluviométriques annuels……..26

CHAPITRE V : RESULTATS ET DISCUSSIONS……...28

5.1 Paramètres de forme et analyse du réseau hydrographique du bassin versant……....28

5.2 Bilan quantitatif et qualitatif des ressources en eau……29

5.2.1 Quantité des ressources en eau de surface dans le bassin du lac……...29

5.2.2 Qualité des eaux de surface dans le bassin du lac municipal……30

5.3 Analyse des usages de l'eau……....34

5.4 Fluctuations climatiques et ressources en eau……..35

5.4.1 Variation interannuelle des précipitations……35

5.4.2 Evolution des écoulements en fonction des précipitations……36
5.5 Problèmes liés à la connaissance et usages des ressources en eau……...38
5.5.1 Problèmes liés à la connaissance……..…..38
5.5.2 Problèmes liés à l'usage……39
5.6 Réseaux de suivi des ressources en eau……..39
CHAPITRE VI: CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS……41
6.1 Conclusions……..41
6.2 Recommandations……....42
6.2.1 Recommandations aux pouvoirs politiques……42
6.2.2 Recommandations pour les travaux futurs……....42
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES……43
ANNEXES……..46
Annexe I : Pluviométrie mensuelle de Dschang (en mm et dixièmes) sur la période 1978-2008……46
Annexe II : Températures moyennes mensuelles de Dschang (°C et dixièmes) de 1978 à 2008……47
Annexe III: Effectifs de la population antérieure (1976 à 2005) et future (projection jusqu'à l'année 2020) de Dschang……48
Annexe IV : Organismes oeuvrant dans la gestion de l'eau au Cameroun……....49
Annexe V : Débits moyens mensuels obtenus au niveau du pont de Tsinkop sur la période de 2000 à 2003……..51
Annexe VI : Débits et volumes écoulés moyens mensuels estimés à l'exutoire du bassin versant du lac municipal de Dschang sur la période de 2000 à 2003……..51
Annexe VII : Teneurs en indicateurs de contamination fécale des eaux du lac municipal de Dschang pendant la période de juillet 2007 à juin 2008……52
Annexe VIII : Indices pluviométriques (valeurs pondérées centrées réduites des totaux pluviométriques) sur les 30 années d'observations……....53

LISTE DES TABLEAUX

Tableaux **Pages**

Tableau 1 : Période et évolution du taux d'accroissement de la population à Dschang……...12

Tableau 2 : Résumé des décrets relatifs au cadre réglementaire de gestion de l'eau au Cameroun……...18

Tableau 3 : Manifestations de la variabilité et du changement climatique sur les ressources en eau……...22

Tableau 4 : Caractéristiques physico-chimiques des eaux du lac municipal de Dschang pendant les mois de juillet 2007, octobre 2007 et janvier 2008…….32

Tableau 5 : Teneurs en métaux lourds des eaux du lac municipal de Dschang pendant les mois de juillet 2007 et janvier 2008……33

LISTE DES FIGURES ET DES PHOTOS

Figures **Pages**

Figure 1 : Carte de localisation du bassin versant du lac municipal de Dschang……...6

Figure 2 : Histogramme des moyennes mensuelles des précipitations dans le bassin de Dschang de 1978 à 2008……..7

Figure 3 : Evolution de la pluviométrie annuelle à Dschang de 1978 à 2008…….... 8

Figure 4 : Courbe de températures entre 1978 et 2008 à Dschang…….……8

Figure 5 : Réseau hydrographique dans le bassin versant du lac municipal de Dschang……...9

Figure 6 : Evolution de la population à Dschang de 1976 à 2005 et projection aux horizons 2010, 2015 et 2020…….13

Figure 7 : Carte hydrographique du bassin versant du lac municipal……...29

Figure 8 : Variation des teneurs en coliformes fécaux dans les eaux du lac municipal de Dschang entre juillet 2007 et juin 2008…….31

Figure 9 : Variation des teneurs en streptocoques fécaux dans les eaux du lac municipal de Dschang entre juillet 2007 et juin 2008…….31

Figure 10: Variation des hauteurs de pluie dans le bassin de 1978 à 2008……...36

Figure11: Variation des indices pluviométriques dans le bassin de 1978 à 2008…….36

Figure 12 : Evolution des débits moyens mensuels en fonction des précipitations moyennes mensuelles de 2000 à 2003…….……37

Figure 13: Corrélation pluies moyennes mensuelles et débits moyens mensuels de 2000 à 2003 dans le bassin versant du lac municipal……38

Photos **Pages**

Photo 1 : Cours d'eau alimentant le lac. A gauche, la Menoua, à droite, le Menpé…….10

Photo 2: Formations végétales rencontrées sur les berges du lac……..11

LISTE DES ABREVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES

AEP : Approvisionnement en Eau Potable

AEPA : Alimentation en Eau Potable et Assainissement

CAMWATER : Cameroon Water Utilies Corporation

CCNUCC : Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques

CNE : Comité National de l'Eau

CNUED : Commission des Nations Unies pour l'Environnement et le Développement

CRH : Centre de Recherche Hydrologique

DBO_5 : Demande Biochimique en Oxygène au bout de 5 jours

DCO : Demande Chimique en Oxygène

DD : Développement Durable

DRSP : Document Stratégique de Réduction de la Pauvreté

GES : Gaz à Effet de Serre

GIEC : Groupe Intergouvernemental d'experts sur l'Evolution du Climat

GIRE : Gestion Intégrée des Ressources en Eau

GWP: Global Water Partnership

GWP-Cmr: Global Water Partnership Cameroon

GWP-TEC : Partenariat Mondial pour l'Eau/Comité Technique Consultatif

IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change

IRAD : Institut de Recherche Agronomique pour le Développement

Km : Kilomètre

MAGZI : Mission d'Aménagement et de Gestion des Zones Industrielles

MERQURE : Méthode d'Evaluation Rapide des Questions liées aux Ressources en Eau

MINADER : Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural

MINATD : Ministère de l'Administration Territoriale et de la Décentralisation

MINDAF : Ministère des Domaines et des Affaires Foncières

MINEE : Ministère de l'Eau et de l'Energie

MINEFI : Ministère de l'Economie et des Finances

MINEP : Ministère de l'Environnement et de la Protection de la Nature

ml : millilitre

mm : Millimètre

OMD : Objectifs du Millénaire pour le Développement

OMM : Organisation Mondiale de la Météorologique

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

ONG : Organisation Non Gouvernementale

PANGIRE : Plan d'Action National de Gestion Intégrée des Ressources en Eau

PAWD : Partnership for Africas' Water Development

PH : Période Humide

PS : Période Sèche

RIOB : Réseau International des Organismes de Bassin

UFC : Unités Formatrices des Colonies

UNESCO : Organisation des Nations Unies pour l'Education, la Science et la Culture

SMDD : Sommet Mondial sur le Développement Durable

TTC : Chlorure de Triphényl Tétrazolium

°C : Degré Celsius

CHAPITRE 1 : INTRODUCTION GENERALE

1.1 Contexte général de l'étude

L'eau est une ressource naturelle autour de laquelle des enjeux de plus en plus grands se développent, tant en Afrique que dans le reste du monde. Le sommet du Millénaire tenu en septembre 2000 à New York a fixé huit Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD) essentiels pour assurer un développement durable destiné à éradiquer la pauvreté, la faim, à assurer un enseignement primaire pour tous, à assurer l'équité du genre, à réduire la mortalité infantile, maternelle et les maladies graves, à garantir la durabilité environnementale et à mettre en place un partenariat global pour le développement. Ces objectifs ont pour la plupart un lien étroit avec les ressources en eau.

Au cours du Sommet Mondial sur le Développement Durable (SMDD) tenu à Johannesburg en 2002, l'élaboration des plans Nationaux de Gestion Intégrée des Ressources en Eau et d'utilisation efficiente de l'eau a été identifiée comme repère important pour la réalisation des OMD. Ainsi, tous les Etats membres des Nations Unies ont été appelés à réduire de moitié à l'horizon 2015 le nombre de personnes n'ayant pas accès à l'eau potable et à l'assainissement.

En adhérant aux recommandations du SMDD, le gouvernement Camerounais à travers son Partenariat National de l'eau (GWP-cmr) crée en 2005, entend maintenir ses efforts dans le sens de la poursuite des reformes engagées pour l'amélioration de la gestion des ressources en eau. C'est ainsi que l'un des axes stratégiques de croissance et de réduction de la pauvreté choisi par l'Etat du Cameroun est de faire un ''état des lieux du secteur de l'eau'', (DRSP, 2005).

L'analyse du secteur de l'eau est une étape importante dans l'élaboration du ''Plan d'Action National de Gestion Intégrée des Ressources en Eau'', (PANGIRE). C'est dans cet esprit que s'insère notre étude dont le thème est : ''Gestion Intégrée des Ressources en Eau dans le bassin versant du lac : connaissance et usages''.

1.2 Problématique

L'eau, très présente sur notre terre est une des ressources naturelles dont la vie de tout être vivant animal ou végétal en dépend. L'évolution de la population mondiale, des activités

agricoles et industrielles ainsi que les changements de comportements humains constituent aujourd'hui une véritable menace à la disponibilité infinie de l'eau. Depuis la grande révolution industrielle du 19ème siècle, la qualité de l'eau s'est beaucoup dégradée pour des raisons parfois naturelles mais surtout anthropiques.

La région de l'Ouest du Cameroun est une zone densément peuplée avec un relief accidenté caractéristique des zones montagneuses. Elle est traversée par plusieurs cours d'eau le long desquels sont installés des villages dont le mode de vie des populations reste traditionnel.

Le Lac municipal de Dschang est une retenue d'eau artificielle localisée au Nord-Est de la ville de Dschang, chef lieu du Département de la Menoua dans la région de l'ouest du Cameroun. Il couvre une superficie d'environ 18 hectares avec un périmètre de 2,34 km. A l'amont du lac, les deux affluents qui l'alimentent, drainent un bassin versant très anthropisé. En outre, depuis quelques décennies, la ville se développe dans le secteur de façon exponentiel. Toutes ces acticités engendrent une augmentation très importante de la charge solide du lac et une dégradation du milieu lacustre, compromettant gravement tout usage de ce dernier. Compte tenu de la position stratégique de ce lac dans la ville de Dschang et de l'intérêt environnemental et touristique qu'il suscite dans cette localité, il devient impératif d'avoir une bonne connaissance des ressources en eau du lac pour permettre de prévenir les éventuelles crises liées à cet or bleu et conduire un développement durable.

Cependant, l'ignorance de la situation actuelle des ressources en eau dans le bassin versant du lac municipal de Dschang pourrait constituer un frein à l'élaboration d'un Plan de Gestion Intégrée des Ressources en Eau de ce dernier. Nous allons nous intéresser dans ce travail à un aspect de l'état des lieux des ressources en eau du lac basé essentiellement sur la connaissance et les usages. La maîtrise de cet aspect passe nécessairement par la réponse aux questions suivantes :

Quelle quantité d'eau dispose le lac ?

Quelle est la qualité des ressources en eau du lac ?

Quels sont les usages actuels et potentiels de l'eau du lac ?

Quels sont les problèmes liés à la connaissance et à l'usage des ressources en eau dans le bassin versant du lac ?

Quelles stratégies peut-on élaborer pour suivre les ressources en eau du lac ?

Quels sont les impacts des variabilités climatiques sur les ressources en dans le bassin versant du lac ?

1.3 Objectifs de l'étude

1.3.1 Objectif principal

Contribuer à la connaissance de la situation actuelle des ressources en eau dans le bassin versant du lac municipal de Dschang en vue d'élaborer une stratégie de Gestion Intégrée des ressources en eau de ce bassin.

1.3.2 Objectifs spécifiques

Plus spécifiquement, nous voulons :

- Evaluer la quantité et la qualité des ressources en eau dans le bassin ;
- Faire une analyse des différents usages de l'eau ;
- Identifier et analyser les problèmes liés à la connaissance et à l'usage des ressources en eau ;
- Identifier et examiner l'impact les variabilités climatiques sur les ressources en eau ;
- Proposer des réseaux susceptibles de suivre les ressources en eau.

1.4 Intérêt de l'étude

La finalité de cette étude est d'introduire les principes de la GIRE dans la gestion des ressources en eau du lac municipal de Dschang afin de contribuer à l'exploitation touristique efficiente de ce lac et de répondre aux OMD liés à l'eau. L'évaluation des ressources en eau dans le bassin versant du lac permettra aux décideurs politiques et aux responsables qui y sont à la charge d'envisager d'autres utilisations et de prévenir les populations des risques sanitaires liés à la fréquentation du lac. Ce travail permettra aussi d'améliorer l'état des connaissances des ressources en eau dans le bassin.

1.5 Limite de l'étude

Les principales limites de l'étude ont été :

- Le manque de données hydrométriques sur toute la période choisie pour évaluer l'impact des variations climatiques sur les ressources en eau dans le bassin versant du lac municipal ;
- L'utilistation des débits spéficiques pour estimer les volumes d'eau écoulés à l'exutoire du bassin du lac en supposant des aménagements semblables entre deux bassins;

- Le manque d'adéquation entre les ressources en eau disponible dans le bassin et les besoins en eau des différents usages ;
- L'exploitation des caractéristiques moyennes du lac (surface et hauteur) pour trouver son volume ;
- L'évaluation des ressources en eau s'est limitée juste aux eaux de surface.

Pour chacun de nos objectifs, nous avons recensé les principales sources de collecte des données et élaborer des méthodes et techniques appropriées pour les acquérir. Une recherche documentaire nous a permis d'avoir des données secondaires. La démarche adoptée s'est effectuée en étapes par la collecte des données, des entretiens avec des personnes ressources, une synthèse documentaire et le dépouillement et traitement des données collectées.

Nous avons subdivisé le travail en six chapitres. Après le chapitre introductif, nous avons fait une présentation de la zone d'étude au chapitre 2. Le chapitre 3 est consacré à une revue de la littérature sur la gestion intégrée des ressources en eau dans le monde et plus particulièrement le cas du Cameroun. Les matériels et méthodes utilisés sont réservés au chapitre 4. Le chapitre 5 regroupe les résultats obtenus et les discussions menées sur les différents aspects. Nous avons achevé par des conclusions et recommandations.

CHAPITRE 2 : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

2.1 Situation géographique et localisation

La ville de Dschang, chef lieu du département de la Menoua dans la région de l'ouest du Cameroun est située à 5°25' de latitude Nord et à 10°05' de longitude Est. Bâtie sur le versant des Monts Bambouto, elle couvre une superficie de 6,74 km² et est située à 213 km au nord de Douala.

Le bassin versant du lac municipal qui fait l'objet de notre étude se situe entre 5°25' et 5°31' de latitude Nord et entre 10°04' et 10°08' de longitude Est et d'altitude variant entre 1615m et 1380m au niveau de l'exutoire. Il possède une forme triangulaire de 27,5 km de périmètre et 2763 hectares de superficie (Fig.1). Le lac municipal se trouve aux confins Sud-Ouest du bassin versant. Ses coordonnées géographiques, au niveau du repère du pont des plaisirs sont : latitude 5°20' N et longitude 10°04' E. Il est situé à 1383 m d'altitude et sa superficie est d'environ 18 hectares.

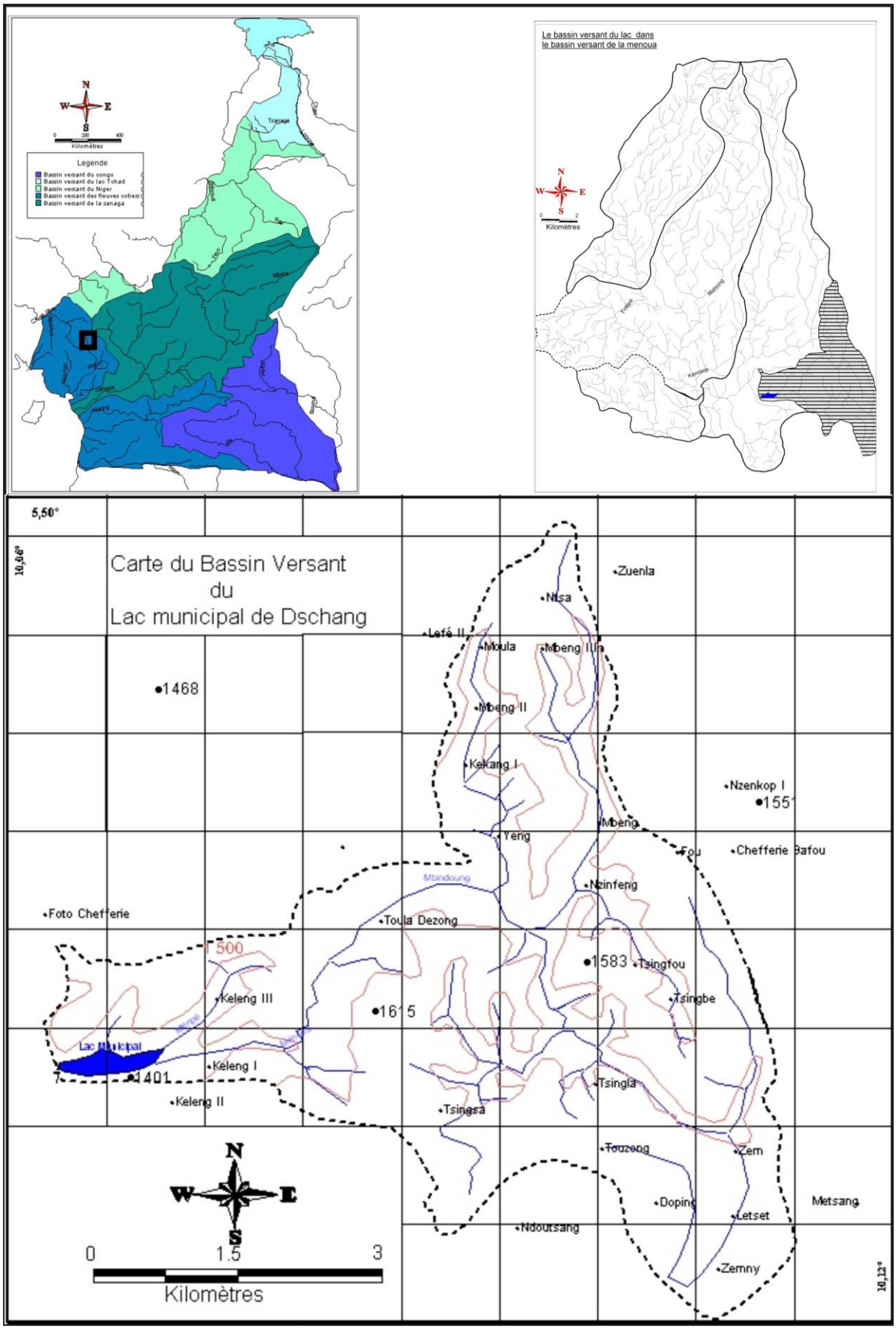


Figure 1 : Carte de localisation du bassin versant du lac municipal de Dschang.

2.2 Paramètres climatiques

Le bassin versant du lac municipal de Dschang est tout comme la ville de Dschang et ses environs, influencé par un climat équatorial de mousson. Les données climatiques prises en compte proviennent de la station météorologique de Dschang et de l'IRAD (Institut de Recherche Agronomique pour le Développement) pour la période allant de 1978 à 2008 (Annexes 1 et 2).

2.2.1 Pluviométrie

La répartition pluviométrique dans le bassin est unimodale. Cette zone enregistre une pluviométrie moyenne annuelle de 1790,5 mm. Le maximum de la pluviométrie observé sur la période est de 2137,1 mm en 2002 contre un minimum de 1433,4 mm observé en 1991. On note une tendance à deux grandes saisons :

- Une saison des pluies longue de huit mois (de mars à octobre) avec une hauteur moyenne cumulée de pluie de 1694,4 mm.
- Une saison sèche de quatre mois (de novembre à février) avec une hauteur moyenne cumulée de pluie de 96,1 mm.

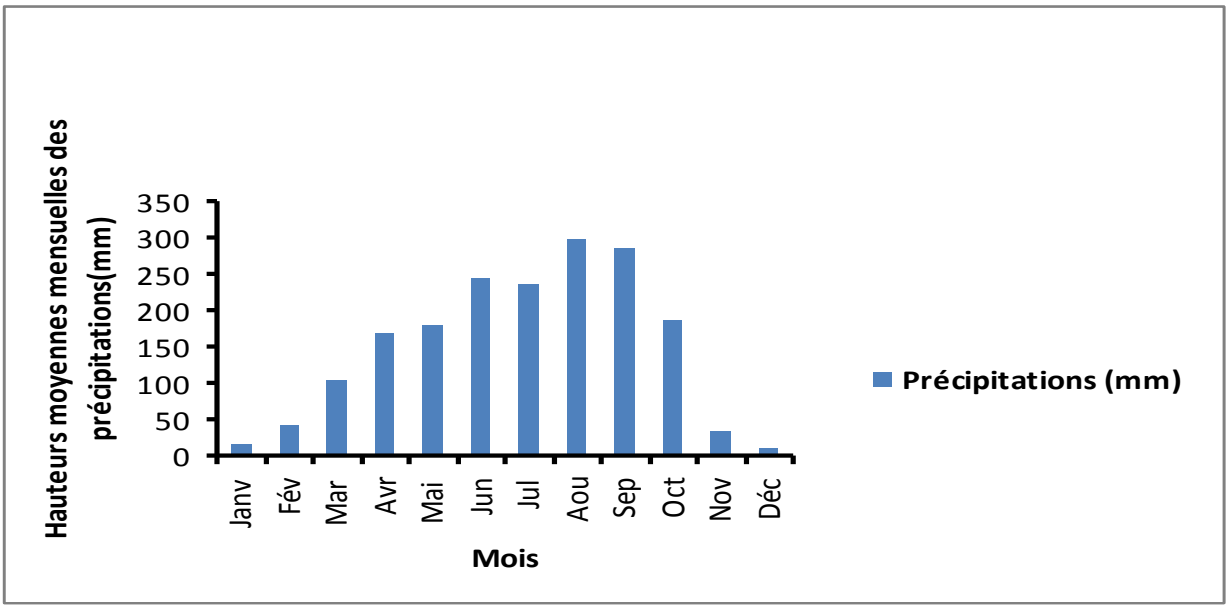


Figure 2 : Histogramme des moyennes mensuelles des précipitations dans le bassin de Dschang de 1978 à 2008.

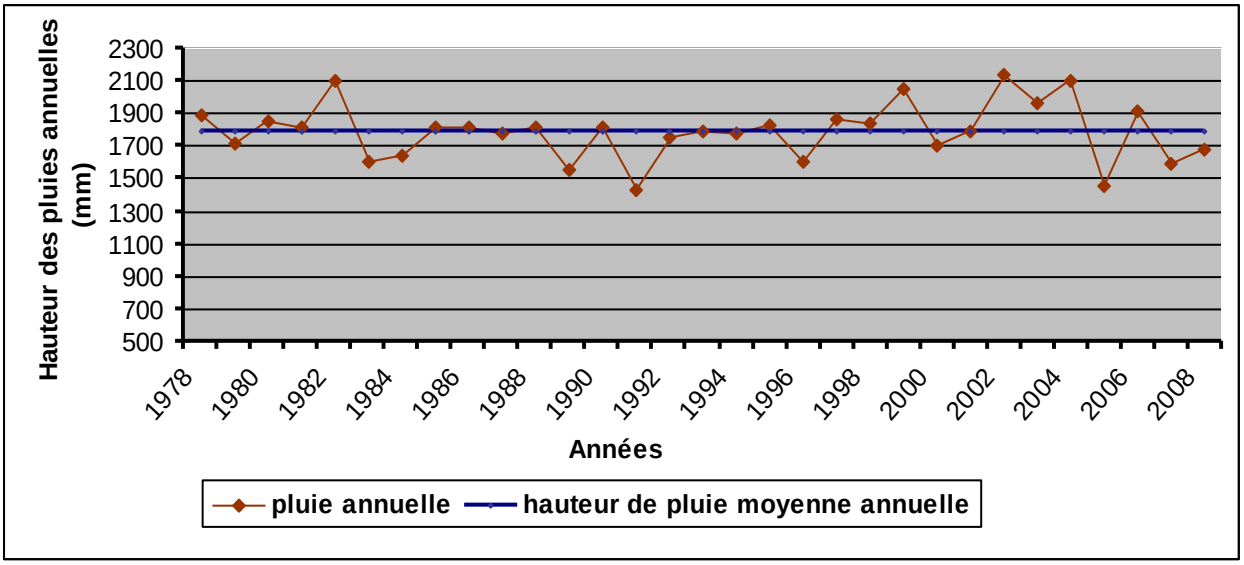


Figure 3 : Evolution de la pluviométrie annuelle à Dschang de 1978 à 2008.

2.2.2 Température

Les températures sont très constantes au cours de l'année. Les mois les plus chauds sont ceux de mars et avril et le mois d'août étant le mois le plus froid. La température moyenne annuelle est de 21,4°C. L'amplitude thermique est de l'ordre de 2°C.

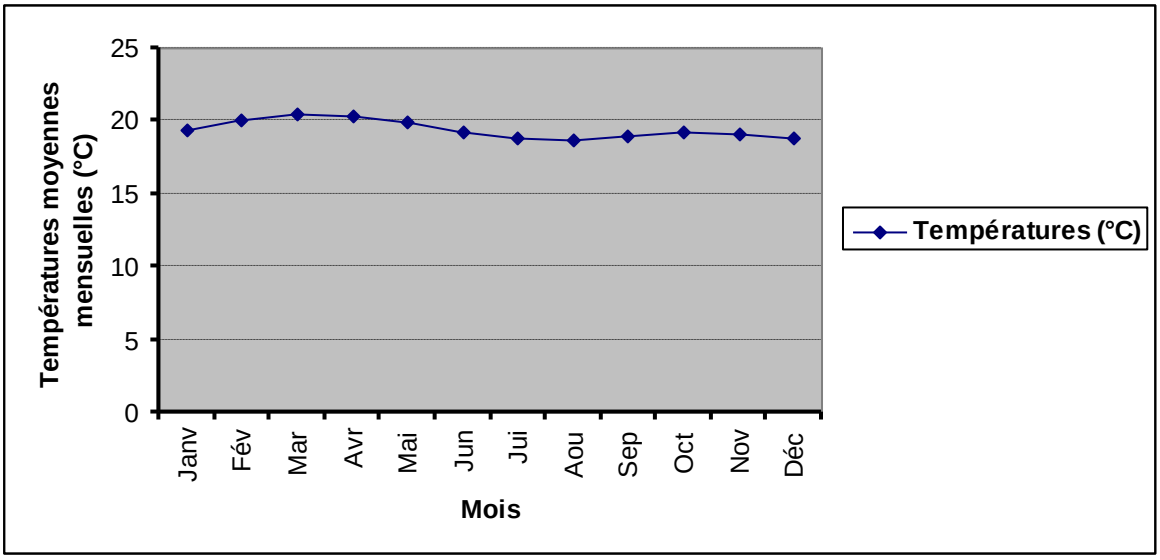


Figure 4 : Courbe de températures entre 1978 et 2008 à Dschang.

2.3 Paramètres physiographiques du bassin

2.3.1 Système hydrologique du lac

Le lac est principalement alimenté par plusieurs cours d'eau :

- La Menoua, qui prend sa source à 1551m d'altitude dans la localité de Ntsa. Le long de son parcours, elle prend successivement les noms Mbeng, Mbindoung et Menoua ;
- Le Menpé, qui prend sa source au nord de Keleng III ;
- Quelques rares filets d'eau saisonniers d'ordre 1 (Yakeu, 2002) venant du plateau de Keleng I.

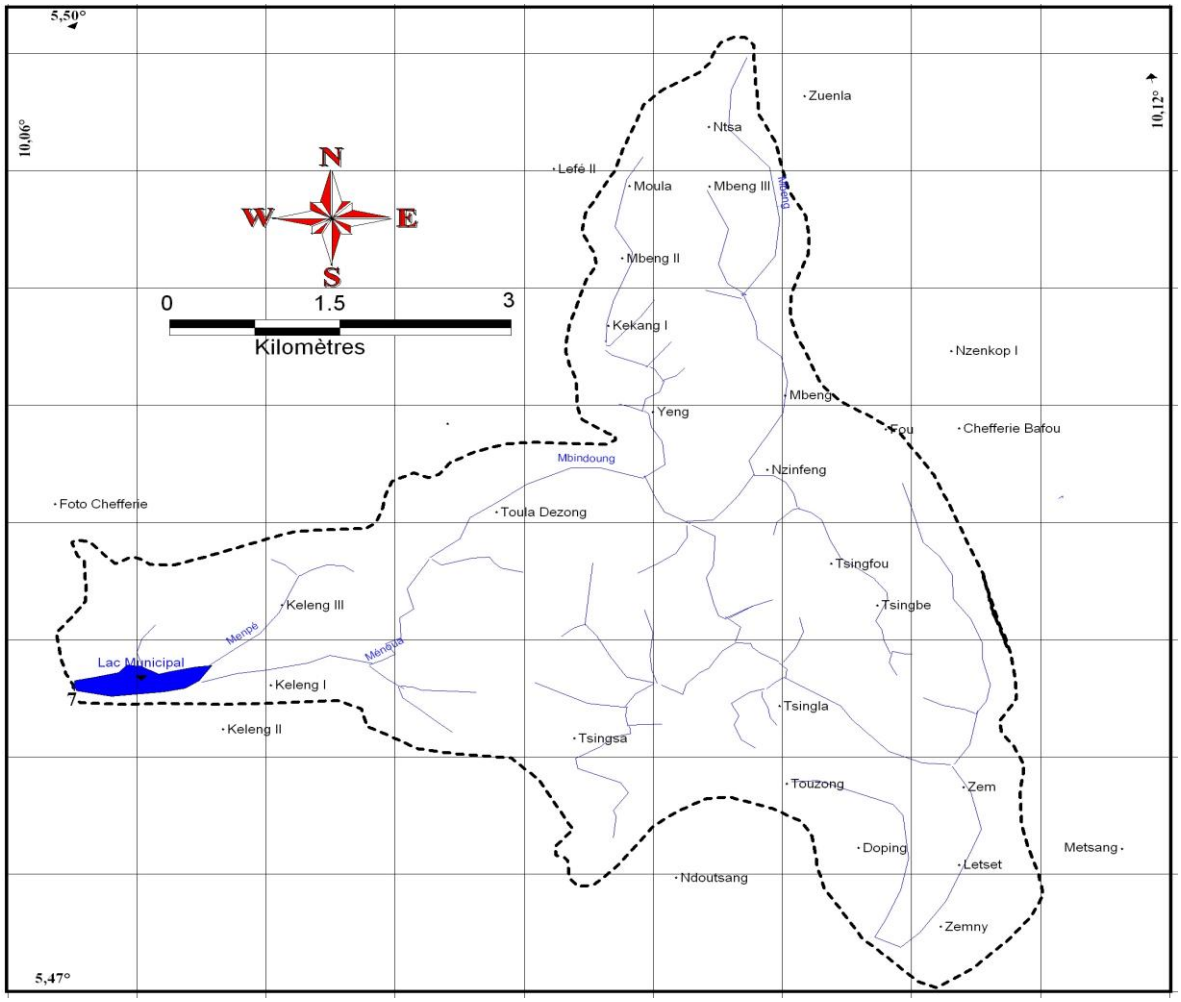


Figure 5 : Réseau hydrographique dans le bassin versant du lac municipal de Dschang.

Photo 1 : Cours d'eau alimentant le lac. A gauche, la Menoua, à droite, le Menpé.

2.3.2 Géologie

Le bassin versant du lac municipal est constitué de deux grands groupes géologiques : les roches magmatiques et les dépôts superficiels (sédiments).

- Les roches magmatiques

Il s'agit des roches effusives, essentiellement représentés par les basaltes mais aussi des cendres et les roches plutoniques qui sont des granites.

- Les dépôts superficiels

Les sédiments, essentiellement alluvionnaires, sont prélevés dans les vallées des cours d'eau à des niveaux où les dépôts sont assez stabilisés. On a des dépôts sableux, argileux et argilo-sableux.

2.3.3 Pédologie

Les sols des Monts Bambouto et des hautes terres de la région de l'ouest du Cameroun ont fait l'objet de plusieurs études dont celle de Segalen (1967). Ce dernier a pu regrouper les sols en trois types à savoir :

- Les sols ferralitiques (rouges et jaunes) qu'on trouve aussi bien sur le socle que sur la couverture basaltique ;
- Les sols peu évolués ;
- Les sols hydromorphes qui se retrouvent dans les vallées marécageuses comme celles du lac municipal de Dschang. Ce sont des sols organiques et tourbeux. Ils sont essentiellement d'apport par érosion. Les propriétés physiques et chimiques des sols sont favorables à la formation de la nappe phréatique, notamment la porosité élevée assurant une

bonne aération ; la forte teneur en argile permettant une important rétention d'eau et enfin la grande perméabilité de la surface du sol.

2.3.4 Végétation

La végétation ici est fortement anthropisée. On y observe selon les saisons les champs de culture ou les parcelles en friche sur des flancs des collines de la base jusqu'au sommet. La végétation supérieure est constituée des Eucalyptus et des arbres fruitiers tels que les avocatiers, les manguiers, les goyaviers etc. Le développement du couvert végétal est favorisé par une humidité relative constamment élevée. Au niveau du lac, les formations végétales suivantes peuvent être principalement discernées :

- Une zone où les espèces du genre raphia prédominent. Cette zone est située à l'extrémité Est du lac ;
- Une zone à hélophytes, marécageuse et massive, à la sortie de la zone à raphiales. Cet ensemble végétal tend à border les berges du lac, notamment la rive nord ;
- Les zones cultivées sur les deux berges nord et sud. Les cultures qu'on y développe sont essentiellement les cultures vivrières.

Photo 2: Formations végétales rencontrées sur les berges du lac.

2.4 Milieu humain

En ce qui concerne le milieu humain, nous nous limiterons à la description de la population et de ses activités économiques.

2.4.1 Population

Le bassin versant du lac municipal de Dschang est une zone habitée par une population d'origines géographiques variées. Cette diversité a été favorisée par la transformation en 1993 du centre universitaire en Université d'Etat. Ce facteur est d'autant plus important qu'il a favorisé l'arrivée et l'installation de personnes d'un niveau de vie aisé, constituant ipso facto un important marché de consommation pour les produits maraîchers.

La ville de Dschang et ses environs ont connu une croissance démographique exponentielle. La population est de nos jours estimée à environ 90000 habitants. Le taux d'accroissement annuel de la population de Dschang au fil des années connaît une fluctuation remarquable. En effet ce taux était d'environ 6.5% en 1987, 5.2% en 1995 et stabilise autour de 4.7% de nos jours (Fenkeu, 2008).

Tableau 1 : Période et évolution du taux d'accroissement de la population à Dschang.

Périodes	Taux d'accroissement de la population
De 1976 à 1987	6.5%
De 1988 à 1995	5.2%
De 1996 à 2010	4.7%
De 2011 à 2020	4.1%

Source : Fenkeu Jean François, 2008

La méthode d'estimation de l'effectif de la population dérive de la formule de la projection de la population suivante :

$$P_t = P_0(1+r)^t \quad \text{avec}$$

P_t = Population à la date t

P_0 = population initiale

r = taux de croissance naturelle

t = temps mis entre P_0 et P_t

Les effectifs de la population antérieure (année 1976 à 2005) et future (projection jusqu'à l'année 2020) estimés sur la base de la formule ci-dessus sont représentés dans l'annexe 3 et illustrés par la figure 6.

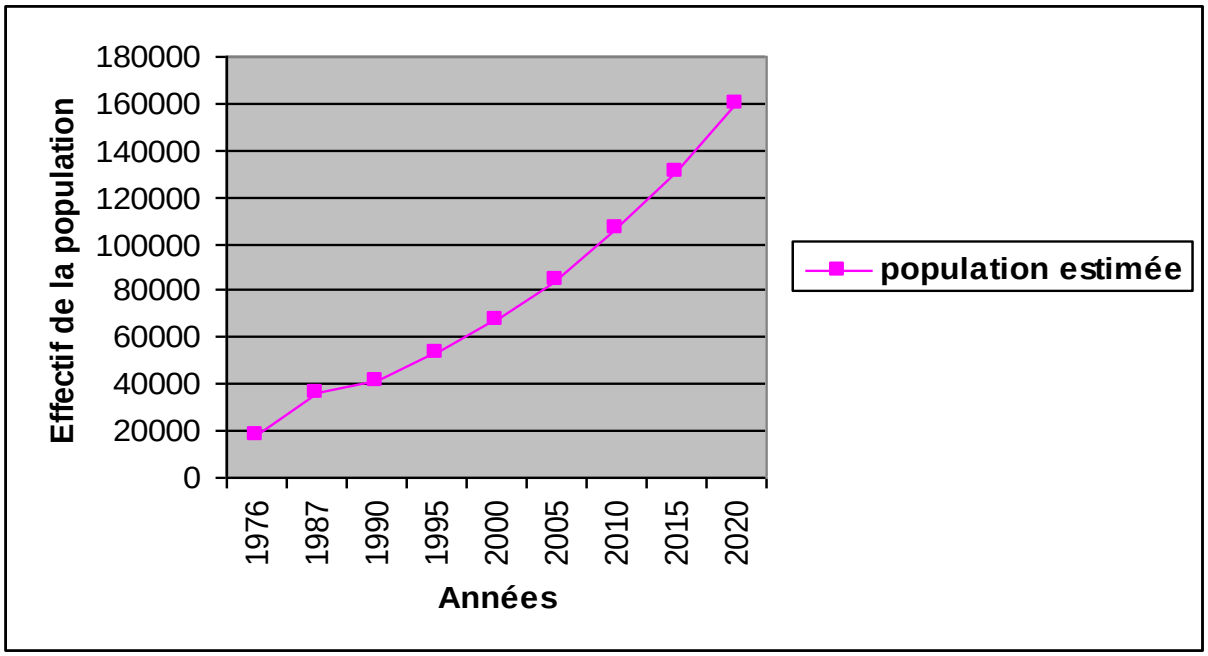


Figure 6: **Evolution de la population à Dschang de 1976 à 2005 et projection aux horizons 2010, 2015 et 2020.**

2.4.2 Activités économiques

L'activité humaine est très intense dans le bassin versant à cause du dynamisme de la population et de la longue saison des pluies qui favorisent une meilleure rotation des cultures au cours de l'année. Le sol ameubli est soumis à un processus d'érosion accéléré.

Aujourd'hui, l'économie de la zone repose essentiellement sur le vivrier marchand et l'expansion sans cesse croissant du maraîchage. L'engouement que suscite le maraîchage est d'autant plus important qu'elle accentue la pression foncière. On y pratique aussi l'élevage domestique mais qui reste à un stade embryonnaire. Le commerce pratiqué concerne le commerce de détail (produits manufacturés, vivriers, etc.). Aucune activité industrielle n'est observée dans la zone.

CHAPITRE 3 : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LA GESTION INTÉGRÉE DES RESSOURCES EN EAU : CAS DU CAMEROUN

3.1 Définitions de quelques termes clés

Etat des lieux

Un état des lieux d'après le dictionnaire Encarta (2007), fait référence à un bilan d'une situation à un moment donné. Dans le cadre de cette étude, l'état des lieux des ressources en eau est comme son nom indique un état des lieux des problèmes qui empêchent la durabilité des ressources en eau du bassin versant du lac municipal de Dschang.

Ressources en eau

Dans le glossaire international d'hydrologie (UNESCO/OMM, 1992) les ressources en eau sont définies comme "l'ensemble des eaux disponibles, ou que l'on peut mobiliser, pour satisfaire en quantité et en qualité une demande donnée en un lieu donné, pendant une période appropriée". Les ressources en eau dans le cadre de cette étude réfèrent à l'ensemble des eaux de surface dans le bassin versant du lac municipal de Dschang.

Bassin versant

Un bassin versant ou bassin hydrographique est défini en hydrologie comme un territoire sur lequel toutes les eaux de surface s'écoulent vers un même point appelé exutoire du bassin versant (Banton et Bangoy, 1997). Il est délimité physiquement par la ligne suivant la crête des montagnes, des collines et des hauteurs du territoire, appelée ligne des crêtes ou ligne de partage des eaux.

Lac

Un lac est une grande étendue d'eau, généralement douce, entourée par les terres. Dans le cadre de ce travail, le lac municipal est une retenue artificielle.

Evaluation des ressources en eau

Dans le glossaire international d'hydrologie (UNESCO/OMM, 1992) l'évaluation des ressources en eau est définie comme la "détermination des sources, de l'étendue, de la fiabilité et de la qualité des ressources en eau en vue de leur utilisation et de leur maîtrise".

Développement durable

D'après le «Rapport Brundtland » de la Commission des Nations Unies pour l'Environnement et le Développement(1987), le développement durable se définit comme : "un développement qui répond aux besoins des générations présentes sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs".

3.2 Le concept de Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE)

3.2.1 Origine et définition du concept

La rareté de la ressource en eau douce et sa contamination croissante, le manque d'accès à l'eau potable et à l'assainissement, la demande croissante des secteurs économiques comme l'énergie et l'agriculture et les risques de conflits aux échelles locale, nationale et internationale, ont conduit tous les gouvernements à essayer d'améliorer la gestion des ressources en eau. L'enjeu est de dépasser les approches sectorielles et fragmentées, descendantes et technocrates sources potentielles de conflits pour s'orienter vers une nouvelle approche qui permettra de s'attaquer aux défis de l'eau et d'optimiser la contribution de l'eau au Développement Durable (DD). C'est ainsi que l'approche '' Gestion Intégrée des Ressources en Eau'' (GIRE) a été introduite en 2000, beaucoup plus utilisé sous le sigle anglais IWRM, pour ''Integrated Water Resources Management''.

La GIRE est un processus qui favorise le développement et la gestion coordonnée de l'eau, des terres et des ressources connexes en vue de maximiser de manière équitable le bien être économique et social en résultant sans pour autant compromettre la pérennité d'écosystèmes vitaux (GWP-TEC, 2000).

3.2.2 Principes de la Gestion Intégrée des Ressources en Eau

Plusieurs événements internationaux sont venus marquer l'évolution des idées en matière de gestion des ressources en eau. En 1977, la conférence de Mar del Plata lance le débat sur les enjeux de l'eau et propose l'organisation d'une décennie de l'eau (1980-1990). Puis, lors de la conférence de Dublin en 1992, quatre principes directeurs sont adoptés par la communauté internationale en matière d'utilisation durable des ressources en eau. Ces principes s'articulent comme suit :

Principe 1 : L'eau douce est une ressource limitée et vulnérable, essentielle au maintien de la vie, au développement et à l'environnement.

Ce principe reconnaît que l'eau est nécessaire à des fins, des fonctions et des services variés; la gestion, doit donc être holistique (intégrée) et implique une prise en compte des demandes de cette ressource et les menaces qui pèsent sur elle.

Principe 2 : La mise en valeur et gestion de l'eau devrait se baser sur une approche participative, impliquant les utilisateurs, les planificateurs et les décideurs politiques à tous les niveaux.

Pour ce faire, il faut que les décideurs, comme l'ensemble de la population, soient bien conscients de l'importance des ressources en eau. Les décisions seraient donc prises à l'échelon compétent le plus bas en accord avec l'opinion publique et en associant les usagers à la planification et à l'exécution des projets relatifs à l'eau.

Principe 3 : Les femmes jouent un rôle central dans l'approvisionnement, la gestion et la sauvegarde de l'eau.

L'adoption et l'application de ce principe exigent que l'on s'intéresse aux besoins de participer, à particuliers des femmes et qu'on leur donne les moyens et le pouvoir à tous les niveaux, aux programmes conduits dans le domaine de l'eau, y compris la prise de décisions et la mise en œuvre, selon les modalités qu'elles définiront.

Principe 4 : L'eau a une valeur économique dans toutes ses utilisations concurrentes et devrait être reconnue aussi bien comme bien économique que bien social.

La valeur économique de l'eau a été longtemps méconnue, ce qui a conduit à gaspiller la ressource et à l'exploiter au mépris de l'environnement. Considérer l'eau comme un bien économique et la gérer en conséquence, c'est ouvrir la voie à une utilisation efficace et une répartition équitable de cette ressource, à sa préservation et à sa protection.

3.3 Cadres de gestion de l'eau au Cameroun

L'impérieuse nécessité d'une gestion efficace et durable des ressources en eau a amené l'Etat camerounais à mettre en place des structures et des lois devant régir le secteur de l'eau sur l'ensemble du territoire (Kouam et *Coll.,* 2006).

3.3.1 Cadre législatif et réglementaire

Le contexte législatif de la gestion de l'eau au Cameroun a évolué depuis l'indépendance en 1960 à la faveur d'une quête permanente du législateur d'améliorer cette

gestion. Les lois suivantes abordent de manière chronologique les aspects liés à la gestion de l'eau.

Loi N°84/013 du 5 décembre 1984 portant régime de l'eau au Cameroun.

Cette loi qui devait régir la protection qualitative des ressources en eau est restée, de portée très limitée et n'a donné ainsi lieu à aucun texte d'application.

Loi N°89/27 du 29 décembre 1989

Elle interdit l'introduction, la production, le stockage, la possession, le transport et le déversement de tout type de déchets toxiques et/ou dangereux au Cameroun.

Loi N°90/016 d'août 1990 portant régime des eaux minérales et sources du Cameroun.

Cette loi modifie et complète les lois N°73/16 du 7 décembre 1973 et N°88/018 du 16 décembre 1988 fixant les droits et redevances relatives à l'exploration et à l'exploitation des eaux minérales et des eaux de sources.

Loi n°96/12 du 5 août 1996 portant loi cadre relative à la gestion de l'environnement

Elle précise que les déchets doivent être traités de manière écologiquement rationnelle. En attendant les textes d'application, cette loi donne des compétences aux collectivités territoriales décentralisées pour la prise des mesures de leur élimination.

Loi N°98/005 du 14 avril 1998 portant régime de l'eau au Cameroun

Cette loi est actuellement en vigueur au Cameroun et abroge toutes les dispositions antérieures, notamment celles de la loi n°84/013 du 5 octobre 1984. Cette loi augure une ère nouvelle dans le domaine de l'eau et de l'assainissement au Cameroun. Elle implique une libéralisation du secteur de l'approvisionnement, une grande attention à la protection des ressources en eau, une gestion rigoureuse et rationnelle des ressources en eau et une coordination nationale des services de l'eau et de l'assainissement pour l'ensemble du territoire national. Sans pour autant être exhaustif, tous les autres aspects spécifiques relevés par cette loi militent en faveur de l'amélioration de la politique nationale de gestion des ressources en eau disponibles. L'application de cette loi est rendue caduque sur le terrain à cause du manque de textes d'application. En effet, les textes d'application sont publiés à compte goutte. Il est important que ces textes s'attèlent à préciser les normes et les cadres d'intervention des différents acteurs et structures.

Les lois sur l'eau ne peuvent atteindre leurs objectifs que par le biais de réglementations. Des textes d'application ont été publiés jusqu'à ce jour en vue de promouvoir l'application des différentes lois promulguées dans le cadre de la gestion des ressources en eau au Cameroun. Le tableau 2 résume les décrets relatifs au cadre réglementaire de gestion de l'eau au Cameroun.

Tableau 2 : Résumé des décrets relatifs au cadre réglementaire de gestion de l'eau au Cameroun.

Décret	Domaine
Décret N° 2001/161/PM du 08 Mai 2001	Fixe les attributions, l'organisation et le fonctionnement du Comité National de l'Eau.
Décret N° 2001/162/PM du 08 Mai 2001	Fixe les modalités de désignation des agents assermentés pour la surveillance et le contrôle de la qualité des eaux.
Décret N°2001/165/PM du 08 Mai 2001	Précise les modalités de protection des eaux de surface et des eaux souterraines contre la pollution
Décret N° 2001/216 du 02 Août 2001	Porte création d'un compte d'affectation spéciale pour le financement des projets de développement durable en matière d'eau et assainissement.
Décret N° 85/758 du 30 Mai 1985	Porte création du Comité National de l'Eau.
Décret N°74/312 du 19 Avril 1974	Fixe les conditions d'application de la loi N°73/16 du 07 Décembre 1973 portant régime des eaux minérales et des sources.

3.3.2 Cadre institutionnel

Pour de nombreuses raisons, les gouvernements de pays en développement considèrent la gestion de ressources en eau comme une partie centrale de la responsabilité du gouvernement. Au Cameroun, plusieurs structures étatiques et para-étatiques oeuvrent dans le secteur de l'eau (annexe 4). Les rôles des différents acteurs sont définis par des textes spécifiques. Toutes ces institutions sont classées suivant leurs modes d'intervention en organismes d'exécution, d'orientation et de contrôle (MINEE, MINATD, MINADER, MINDAF, MINEP etc.), organismes d'appui technique et de conseils (CNE), organismes de gestion et d'exploitation du service de l'eau (CAMWATER, MAGZI etc.), organismes de financement (MINEFI) et organismes de recherche (CRH, IRAD etc.). Ces organismes visent dans l'ensemble à promouvoir la bonne gouvernance des ressources en eau.

Malgré un cadre institutionnel, législatif et réglementaire assez bien outillé, la gestion de l'eau au Cameroun est encore balbutiante et les conséquences sur le terrain sont catastrophiques.

En vue d'une mise en œuvre efficace du programme Partnership for Africas' Water Development II (PAWD II) au Cameroun, un mémorandum a été signé en 2006 entre le GWP et le gouvernement du Cameroun représenté par le MINEE attribuant au GWP-Cmr le rôle de facilitateur dans le processus d'élaboration du PAGIRE. La mise en place du cadre institutionnel du programme PAGIRE du Cameroun (Comité de suivi et l'équipe du projet), dont le MINEE assure la tutelle, a permis la tenue d'un atelier de lancement de l'état des lieux des Ressources en Eau du Cameroun (Douala, 28-30 juin 2007). Cet atelier a permis d'harmoniser la compréhension du processus de la GIRE au Cameroun et de présenter les étapes dudit processus. Le Cameroun est dans la phase d'achèvement de l'élaboration de son plan de GIRE afin de passer à la phase de mise en oeuvre.

3.4 Evaluation des ressources en eau

L'évaluation des ressources hydriques est liée à la base de connaissance des ressources en eau et contribue fondamentalement au renforcement de la bonne gouvernance dans le cadre de la gestion stratégique de l'eau. Dans le cadre de notre étude, il s'agit d'évaluer la quantité et la qualité de l'eau disponible dans le bassin versant du lac municipal de Dschang. Plusieurs techniques telles que les méthodes traditionnelles, les bilans de gestion de l'eau et les modèles numériques permettent d'évaluer de nos jours le potentiel des ressources en eau d'un bassin.

3.4.1 Quantité des ressources en eau

Pour estimer la modification du volume d'eau d'une retenue pendant une période, on peut utiliser le principe physique basé sur la continuité de la masse. L'équation de la continuité de la masse encore appelée équation du bilan hydrique peut aussi s'appliquer à l'observation de l'évaporation de l'eau à la surface du lac. Dans ce cas, elle se pose comme suit : Σentrées - Σsorties = ΔS.

Pour les entrées nous avons : les précipitations tombées à la surface du lac pendant la période d'observation, les eaux de ruissellement et les eaux de resurgence au niveau des berges arrivant dans le lac pendant la période considérée. Pour les sorties nous avons la quantité d'eau évaporée à la surface du lac, les infiltrations souterraines, le débit sortant des

eaux de surface et des eaux souterraines et les différents usages pendant la période d'observation. ΔS étant la modification du volume d'eau dans le lac pendant ladite période.

3.4.2 Qualité de l'eau

La notion de qualité de l'eau varie en fonction de l'usage que l'on veut en faire: baignade, eau de boisson ou de cuisson, irrigation, eau de procédé industriel, etc. Quel que soit l'emploi fait de l'eau, il demeure essentiel que sa qualité soit préservée. Comme son contenu varie beaucoup, il s'agit de définir les conditions moyennes caractéristiques de la plupart des eaux naturelles et salubres. Passé un certain seuil, l'eau sera déclarée polluée. La pollution de l'eau est une modification néfaste des eaux causée par l'ajout de substances susceptibles d'en changer la qualité, l'aspect esthétique et son utilisation à des fins humaines. L'agent polluant peut être d'origine physique, chimique ou biologique, et provoquer une gêne, une nuisance ou une contamination. (OIE, 2001).

3.5 Différentes formes d'usage des ressources en eau

L'eau est nécessaire à tous les aspects de la vie. L'ensemble de la population de la planète doit en disposer en permanence tant en quantité qu'en qualité tout en préservant les fonctions hydrologiques, biologiques et chimiques des écosystèmes en adaptant les activités humaines à la capacité limite de la nature et en luttant contre les vecteurs de maladies liées à l'eau. Il existe de multiples usages de l'eau. C'est ainsi qu'on distingue :

1. **Les usages consommateurs d'eau**
    - Approvisionnement en Eau Potable et l'Assainissement (AEPA)
    - Usages agricole, pastoral, aquacole, sylvicole
    - Usages industriel, artisanal, minier
    - Travaux de génie civil (routes, ponts, bâtiments...)
    - Usages à des fins commerciales
    - Les besoins en eau de l'environnement (écosystèmes terrestre, aquatique et intermédiaire)
2. **Les usages non consommateurs d'eau**
    - Production d'Hydroélectricité
    - Sport et loisirs
    - Transport fluvial

- Pêche

3.6 Suivi des ressources en eau

Le suivi est souvent associé à la collecte des données. Bien que des données et de l'information soit importante, il est tout aussi important de comprendre comment l'information collectée va être utilisée pour influencer les prises de décision. Il existe deux principaux types de suivi à l'échelle du bassin. Le premier produit des données nécessaires à l'évaluation de l'état de la ressource et des pressions actuelles et à venir qu'elle subit du fait des prélèvements et des pollutions. Le second évalue l'efficacité de la gestion du bassin (GWP/RIOB, 2009).

3.7 Variabilité climatique sur les ressources en eau

3.7.1 Notions de variabilités climatiques

Le Groupe Intergouvernemental d'experts sur l'Evolution du Climat (GIEC, IPCC en anglais) définit la variabilité climatique comme étant une variation statistiquement significative de l'état moyen du climat à toutes les échelles temporelles et spatiales au-delà des phénomènes climatiques individuels. La variabilité peut être dû à des processus internes naturels, à des forçages externes, ou à des changements anthropiques persistants de la composition de l'atmosphère. La Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC), dans son Article 1, définit les « changements climatiques » comme étant des « changements de climat qui sont attribués directement ou indirectement à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère mondiale et qui viennent s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observée au cours de périodes comparables ». La CCNUCC fait ainsi une distinction entre les « changements climatiques » qui peuvent être attribués aux activités humaines altérant la composition de l'atmosphère, et la « variabilité climatique » due à des causes naturelles. (IPCC, 2001a).

La variabilité climatique suppose la stationnarité des variables climatiques et décrit la fluctuation des valeurs saisonnières ou annuelles par rapport aux valeurs temporelles de référence. Les causes de la variabilité climatique sont difficiles à cerner.

3.7.2 Facteurs explicatifs de la variabilité climatique et leurs manifestations sur les ressources en eau.

Les colonnes du tableau 3 contiennent les facteurs qui expliquent la variabilité et le changement climatique ainsi que les manifestations de ces derniers sur les ressources en eau.

Tableau 3 : Manifestations de la variabilité et du changement climatique sur les ressources en eau.

Facteurs explicatifs	**Manifestation sur les ressources en eau**
Pluviosité excédentaire	Risque de destruction d'ouvrages par forte crue ; Ensablement/envasement des lacs et des cours d'eau.
Baisse et variabilité de la pluviosité	Assèchement précoce des puits et puisards ; Faible remplissage des lacs ; Insuffisance d'eau pour les différents usages ; Aggravation du stress hydrique.
Hausse de la température	Tarissement précoce des plans d'eau de surface ; Augmentation des besoins en eau ; Aggravation évaporation.
Augmentation de la vitesse des vents	Augmentation de l'évaporation des plans d'eau ; Envasement des lacs ; Pollution des eaux.

CHAPITRE 4 : MATERIELS ET METHODES

4.1 Réalisation de la carte et détermination des caractéristiques géomorphologiques du bassin versant du lac municipal de Dschang.

4.1.1 Réalisation de la carte du bassin versant

Pour réaliser la carte du bassin versant le matériel suivant a été utilisé :

- Les feuillets de cartes topographiques 3a et 1c de Bafoussam à l'échelle 1/50000 ;
- Un crayon ordinaire ;
- Les papiers calques de format A3 ;
- L'outil informatique (scanner, logiciel Adobe illustrator et le logiciel MAPINFO version 7.5).

L'exutoire du bassin étant le lac municipal, à l'aide du crayon ordinaire et du papier calque, on a ressorti le contour du bassin versant (ligne de partage des eaux) en incluant dans sa surface le réseau hydrographique ainsi que la courbe de niveau maîtresse. La carte du bassin versant a été ensuite scannée, assemblée à l'aide du logiciel Adobe illustrator ; et le logiciel MAPINFO (version 7.5) a permis de la caller dans un repère géo-référenciel, et de la digitaliser (redessiner). Cet aspect du travail s'est déroulé au laboratoire de géomatique du département de géographie de la Faculté des Lettes et Sciences Humaines de l'Université de Dschang.

4.1.2 Détermination des caractéristiques géomorphologiques

Elle consiste à trouver les paramètres de forme du bassin (superficie, périmètre, indice de compacité ou coefficient de Gravelius et à hiérarchiser le réseau hydrographique. Pour y arriver, on a utilisé :

- Un papier millimétré ;
- Une ficelle ;
- La carte du bassin délimitée sur papier calqué.

A partir de la carte du bassin sur papier calque et du papier millimétré, la méthode des demi-trapèzes a permis d'estimer la superficie(S) du bassin. A l'aide de la ficelle, on a mesuré le pourtour du bassin pour estimer son périmètre (P). L'indice de compacité ou coefficient de Gravelius se détermine par la formule $Kc = 0.28xPxS^{-1/2}$.

La hiérarchisation du réseau hydrographique s'est faite suivant la classification de Strahler en 1957 et la typologie est appréciée par observation du réseau.

4.2 Evaluation de la quantité et de la qualité des ressources en eau du bassin

4.2.1 Quantité d'eau disponible

Les données utilisées pour estimer le volume d'eau sortant du bassin sont celles collectées par Tekou et *al*. (2003). La technique de flotteur a été utilisée pour déterminer les débits moyens mensuels (annexe 5) au niveau du pont à Tsinkop à quelques kilomètres de l'exutoire du bassin versant du lac municipal. Pour avoir les débits à l'exutoire du bassin versant du lac, nous avons déterminé la superficie du bassin versant dont l'exutoire se trouve au pont de Tsinkop et qui intègre le bassin versant du lac, et ensuite nous avons supposé que les aménagements et la couverture végétale sont semblables au niveau des deux bassins, ce qui nous a conduit à établir une égalité entre les débits spécifiques moyens mensuels sur les deux bassins. Le rapport ci-dessous a permis d'estimer les débits moyens mensuels à l'exutoire du bassin du lac sur la période de 2000 à 2003 (annexe 6).

$$\frac{Q}{S} = \frac{q}{s}$$

Où

Q : débit mesuré au pont de Tsinkop

q : débit à l'exutoire du bassin versant du lac

S : superficie du bassin versant dont l'exutoire est situé au pont de Tsinkop.

s : superficie du bassin versant du lac.

La relation v = q.t entre le débit (q) et le volume (v) a permis de trouver le volume moyen mensuel d'eau écoulé sur la période de 2000 à 2003.

Pour le volume prélevé pour l'AEPA, les données ont été recueillies auprès du chef de centre de Camwater et du responsable de la station de production de l'eau potable à Dschang.

Le volume de la retenue a été déterminé à partir des données recueillies auprès de l'ingénieur du projet Dschang-Nantes dans le cadre de l'aménagement du lac. Il s'agit de la surface (Smoy) et de la hauteur (Hmoy) moyennes du lac.

4.2.2 Qualité des ressources en eau

Pour l'aspect qualité de l'eau dans le bassin versant du lac, le temps imparti ne nous permettant pas de faire les analyses sur toutes les saisons, nous avons utilisé le rapport final

des analyses microbiologique, physico-chimique et biologique des eaux du lac municipal de Dschang pendant la période de juillet 2007 à juillet 2008 (Fonkou et al, 2008). Les échantillons pour analyses ont été prélevés dans trois (3) zones : la zone d'embarquement au niveau de la base nautique, à quelques mètres de l'exutoire et dans la zone amont du lac. Les prélèvements ont été effectués dans l'ensemble en matinée en utilisant les techniques standardisées de prélèvement.

Les analyses bactériologiques ont été accentuées sur deux paramètres : coliformes fécaux et streptocoques fécaux. Les échantillons prélevés sont conservés dans les bouteilles en plastiques préalablement stérilisées et conditionnées à 4°C. La méthode des membranes filtrantes a été utilisée avec les milieux de culture suivants :

- Gélose biliée à l'esculine et à l'azide de sodium pour les streptocoques ;
- Gélose lactosée au TTC et au Tergitol 7 pour les coliformes.

Les procédures d'incubation et de dénombrement des bioindicateurs de contamination fécale sont celles décrites dans Water Analysis Handbook publies par la compagnie Hach.

Les analyses physicochimiques ont été effectuées pendant les mois de juillet 2007, octobre 2007 et janvier 2008. Les teneurs en métaux lourds des eaux à l'entrée du lac municipal ont été analysés en juillet 2007 et en janvier 2008.

4.3 Analyse des différents usages de l'eau dans le bassin du lac

Les différents usages de l'eau dans le bassin versant du lac se sont identifiés par observation visuelle sur le terrain pour des usages actuels et par entretiens avec les riverains et quelques responsables de l'Université de Dschang pour les usages potentiels.

4.4 Identification des problèmes liés à la connaissance et usages des ressources en eau

Les problèmes liés à la connaissance et usages des ressources en eau dans le bassin versant du lac municipal ont été identifiés visuellement sur le terrain et auprès des différents laboratoires de recherche de l'Université de Dschang susceptibles de mener des travaux sur les ressources naturelles dans le bassin du lac et des organismes nationaux en charge des ressources en eau. L'identification de ces problèmes s'est basée le plus sur les conséquences directement visibles et potentielles d'une mauvaise connaissance des ressources en eau et de ses utilisations.

4.5 Analyse des variations climatiques

Les précipitations et les écoulements constituent des indicateurs de choix pour les études de la variabilité climatique (Sighomnou, 2004). Dans le cadre de notre étude, nous avons accentué l'analyse des données climatiques et hydrométriques sur l'étude de la variation interannuelle des précipitations et des écoulements.

Les données pluviométriques disponibles et exploitées sont celles recueillies à la station météorologique de Dschang pour la période allant de 1978 à 2008.

Les données hydrométriques utilisées pour cette étude sont représentées par les débits mesurés au niveau du pont à Tsinkop (Tekou, 2003).

Plusieurs approches permettent d'identifier les variabilités climatiques. Dans notre étude, nous avons utilisé l'approche du calcul des totaux pluviométriques pondérés et des indices pluviométriques annuels.

4.5.1 Calcul des totaux pluviométriques pondérés annuels

La méthode du filtre passe-bas de Hanning d'ordre 2 ou méthode des moyennes mobiles pondérées a été utilisée. En effet, le filtre non récursif passe-bas de Hanning d'ordre 2 permet de filtrer les variations saisonnières par le calcul des totaux pluviométriques pondérés. Le calcul des totaux pluviométriques pondérés est effectué au moyen des équations recommandées par Tyson et al. (1975), présenté par Assani (1999). Il englobe à la fois différentes formules en fonction de la position de l'année pour laquelle on veut calculer la moyenne mobile pondérée dans la série.

Les totaux pluviométriques pondérés des deux premières années (1), des années intermédiaires (2) et des deux dernières (3) années de la série sont calculés au moyen des expressions suivantes :

$$P_1 = 0.54X_1 + 0.46X_2 \quad \text{et} \quad P_2 = 0.25X_1 + 0.5X_2 + 0.25X_3 \qquad (1)$$

$$P_i = 0.06X_{i-2} + 0.25X_{i-1} + 0.38X_i + 0.25X_{i+1} + 0.06X_{i+2} \qquad (2)$$

$$P_{n-1} = 0.25X_{n-2} + 0.5X_{n-1} + 0.25X_n \text{ et } P_n = 0.54X_n + 0.46X_{n-1} \qquad (3)$$

Avec $3 \leq i \leq n-2$ et X_i le total pluviométrique observé au cours année d'ordre i.

4.5.2 Calcul des indices pluviométriques annuels

Les indices pluviométriques mesurent les écarts entre les variables étudiées par rapport à une moyenne établie sur une longue durée. Pour mieux observer la variabilité interannuelle ainsi que les périodes des déficits (années sèches ou déficitaires) et des excédents (années humides ou excédentaires) pluviométriques, les moyennes mobiles pondérées ont été centrées

et réduites pour chaque année dans la série par le calcul des indices pluviométriques annuels (annexe 8) suivant la formule proposée par Nicholson (1983), cité par Savané (2001) :

$$\mathbf{Ip_j = (P_j - P_m) / S}$$

Avec

Ip_j = indice pluviométrique pendant l'année j.

P_j = total pluviométrique pondéré de l'année j.

P_m = moyenne interannuelle des totaux pluviométriques pondérés.

S = Ecart-type de la série des totaux pluviométriques pondérés annuels.

CHAPITRE 5 : RESULTATS ET DISCUSSIONS

5.1 Paramètres de forme et analyse du réseau hydrographique du bassin versant

Les travaux effectués au laboratoire de Géomatique de l'Université de Dschang ont permis de déterminer les paramètres de forme du bassin versant. Nous avons obtenu les valeurs suivantes :

- La superficie (S) du bassin est de 27.63 km² ;
- Le périmètre (P) du bassin est de 27.5 km ;
- L'indice de compacité ou coefficient de Gravelius Kc est de 1,46.

Cette valeur du coefficient de Gravelius nous permet de dire le bassin est allongé.

D'après l'analyse cartographique, l'eau qui circule dans le bassin versant du lac municipal de Dschang prend sa source à 1460m (altitude la plus élevée du réseau) et se jette dans le lac à 1380m soit une dénivellation de 80m d'altitude. La hiérarchisation du réseau hydrographique (Fig.7) laisse apparaître les cours d'eau de plusieurs ordres dont le collecteur principal la Mbindoung d'ordre 4 devient la Menoua avant de se jeter dans le lac.

Le réseau hydrographique du bassin versant du lac sub-parallèle peu dense en amont (zone Nord), et sub-dentritique est constitué d'innombrables branches à écoulement temporaire (vallées sèches) dans les bas-fonds très tourbeux.

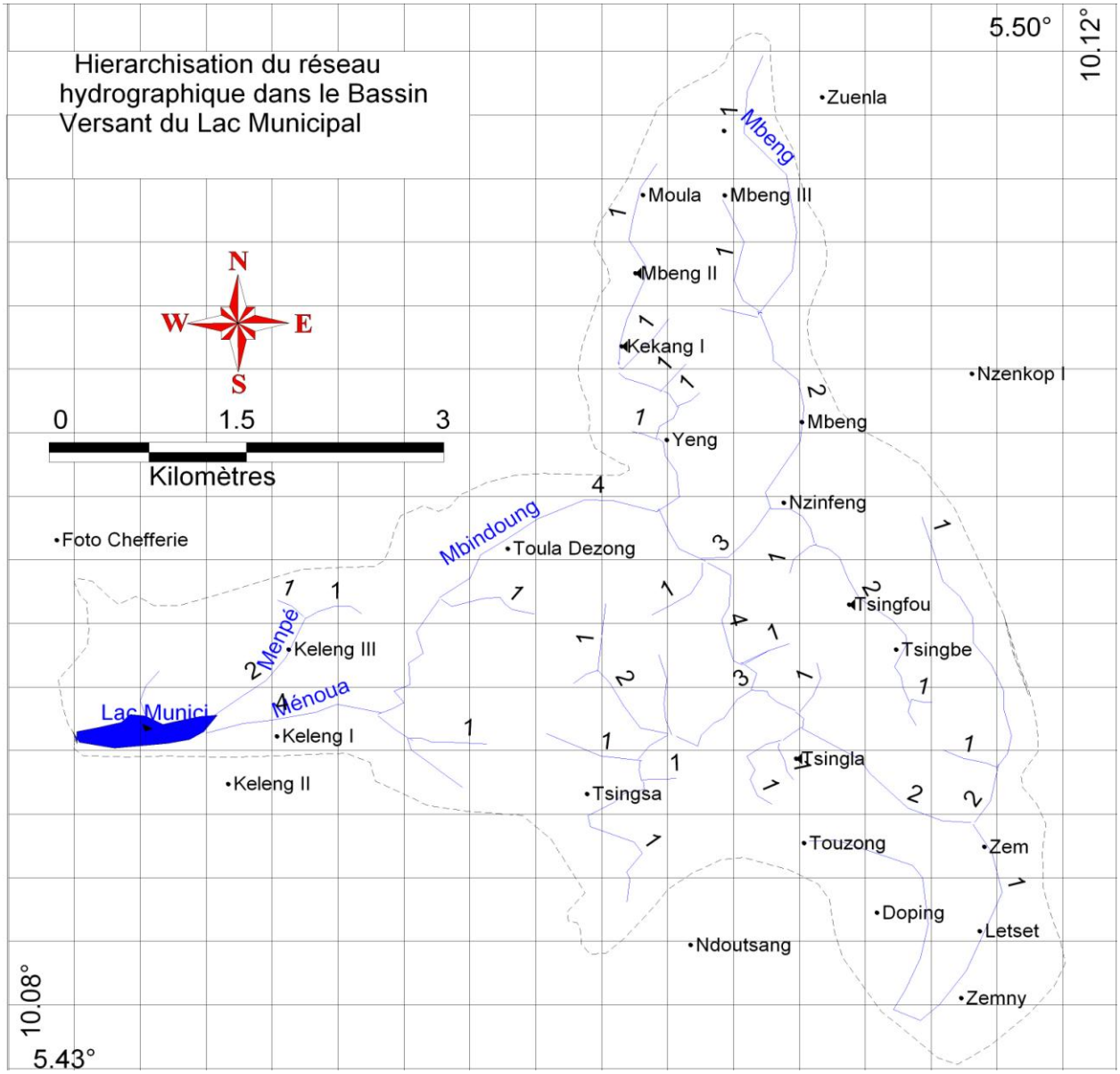


Figure 7: Carte hydrographique du bassin versant du lac municipal

5.2 Bilan quantitatif et qualitatif des ressources en eau

L'eau est indispensable à la viabilité et à la durabilité à long terme de tous les écosystèmes du monde. La santé des écosystèmes est cruciale pour la quantité et la qualité des ressources en eau.

5.2.1 Quantité des ressources en eau de surface dans le bassin du lac

A partir des volumes moyens mensuels d'eau écoulés (annexe 6), le volume sortant à l'exutoire du bassin est estimé à 24,075 millions de m^3/an. Le volume d'eau moyen prélevé annuellement pour l'AEP est estimé à 0,48 millions de m^3 avec une possibilité d'extension à 1.032.000 m^3. Pour le volume de la retenue, le lac ayant une hauteur moyenne de 2,5m et une superficie moyenne de 180.000 m^2, on estime donc son volume à 0,45 millions de m^3. Le

volume total d'eau de surface mobilisable dans le bassin est estimé à 25,005 millions de m^3. Ce résultat est très approximatif car les valeurs des débits obtenues en utilisant la technique du flotteur seront améliorées si on avait plutôt effectué un jaugeage au moulinet, le volume du lac serait amélioré si on avait établi la carte bathymétrique des différentes profondeurs du lac et déterminer la surface correspondante à chaque courbe de niveau ce qui nous permettrait de déterminer les volumes d'eau par tranche entre les courbes de niveau, les surfaces cultivées dans les bas-fonds pendant la contre-saison n'étant pas estimées nous n'avons pas pris en compte les prélèvements effectués pendant cette période pour le maraîchage.

5.2.2 Qualité des eaux de surface dans le bassin du lac municipal

Selon la réglementation française (décret n°81324 du 7 avril 1981, modifié par le décret n°91-980 du 20 septembre 1991), la qualité des eaux douces destinées aux activités nautiques requière pour chacun des paramètres indicateurs de contamination fécale diagnostiqués une valeur guide de 100 UFC/100ml et une valeur impérative de 2000 UFC/ 100ml. L'OMS recommande des valeurs < 100UFC/100ml.

Les figures 8 et 9 représentent les variations des teneurs en paramètres fécaux dans les eaux du lac municipal de Dschang pendant la période de juillet 2007 à juin 2008 dont les données sont à l'annexe 7. Pour les coliformes fécaux, on observe des faibles teneurs pendant les mois de novembre, décembre, janvier et février ; et des valeurs relativement élevées en début de saison pluvieuse avec un pic de 2900 UFC/100ml en mai. Pour les streptocoques fécaux, on constate les plus faibles teneurs aux mois de janvier, février et juin ; et des valeurs assez élevées en fin de saison pluvieuse avec un pic de 22000 UFC/100ml en septembre. On observe aussi une forte concentration de ces paramètres fécaux à la sortie du lac, ce qui peut être expliqué par le fait que cette sortie est en contact avec la grande canalisation des eaux torrentielles, et aussi à la forte accumulation des débris divers au niveau du pont de plaisir.

Les résultats obtenus sur l'aspect qualité des eaux du lac municipal sont en adéquation avec ceux attendus. Les faibles concentrations des indicateurs fécaux pendant la contre-saison se justifient par le fait que les eaux de ruissellement sont limitées et le lac est alimenté par ses affluents naturels. Les concentrations élevées en indicateurs de contamination fécale observées sont dues aux activités auxquelles certains riverains du lac se livrent pendant les grandes pluies, notamment les vidanges des fosses septiques et des latrines mal dimensionnées.

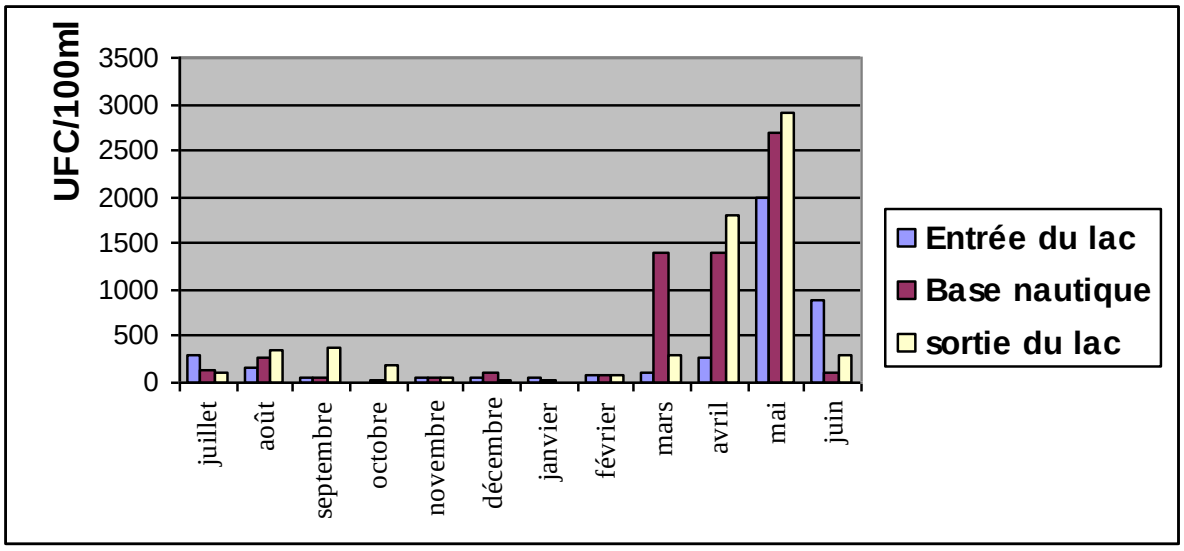
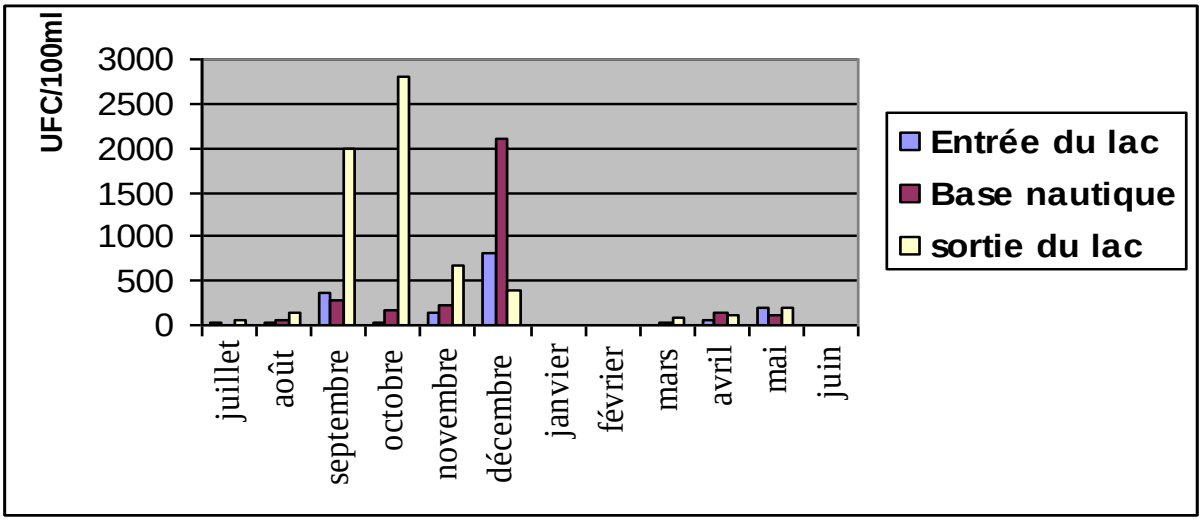


Figure 8: Variation des teneurs en coliformes fécaux dans les eaux du lac municipal de Dschang entre juillet 2007 et juin 2008.



Remarque : Pour des besoins de lisibilité la valeur des streptocoques 22000 obtenue en septembre a été ramenée à 2000.

Figure 9: Variation des teneurs en streptocoques fécaux dans les eaux du lac municipal de Dschang entre juillet 2007 et juin 2008.

Le tableau 4 présente les caractéristiques physico-chimiques des eaux du lac municipal analysées pendant cette période de suivi. On constate que les eaux du lac sont de très bonne qualité du point de vue physico-chimique surtout au mois de janvier, les apports externes étant limités pendant la contre-saison. Les faibles teneurs en azote et en phosphore témoignent de la rareté des eaux torrentielles.

Tableau 4: Caractéristiques physico-chimiques des eaux du lac municipal de Dschang pendant les mois de juillet 2007, octobre 2007 et janvier 2008.

Paramètres	Unités	Mois	Points de prélèvement		
			Entrée du lac	Base nautique	Sortie du lac
pH		Juillet 2007	7,54	6,9	6,69
		Octobre 2007	6,90	6,55	6,48
		Janvier 2008	6,33	6,29	6,20
Température	°C	Juillet 2007	20,8	21,7	21,6
		Octobre 2007	21,5	21,7	21,0
		Janvier 2008	22,7	22,5	22,0
Conductivité	µS/cm	Juillet 2007	41,7	69,0	40,0
		Octobre 2007	39	41	41
		Janvier 2008	53,6	51,4	47,2
TDS	mg/l	Juillet 2007	20,8	24,8	20,0
		Octobre 2007	19	21	20
		Janvier 2008	26,7	25,8	23,5
Turbidité	FTU	Juillet 2007	27	28	38
		Octobre 2007	09	12	11
		Janvier 2008	16	24	13
NO_3^-	mg/l	Juillet 2007	12,3	13,3	22,1
		Octobre 2007	2,0	0,9	1,2
		Janvier 2008	1,3	1,2	1,5
NH_4^+	mg/l	Juillet 2007	0,13	0,10	0,15
		Octobre 2007	0,14	2,14	0,45
		Janvier 2008	0,08	0,28	0,09
PO_3^{4-}	mg/l	Juillet 2007	0,16	0,11	0,33
		Octobre 2007	0,08	0,05	0,02
		Janvier 2008	0,06	0,04	0,11
SO_4^{2-}	mg/l	Juillet 2007	0,00	0,00	7,00
		Octobre 2007	2,0	2,0	1,0
		Janvier 2008	2,0	0,0	1,0

DBO_5	mg/l	Juillet 2007	20	17	14
		Octobre 2007	15,6	16,2	13,4
		Janvier 2008	9,3	10,4	7,6
DCO	mg/l	Juillet 2007	10,00	9,00	7,00
		Octobre 2007	9,0	12,0	10,0
		Janvier 2008	3,0	10,0	0,0

Le tableau 5 présente les teneurs en métaux lourds des eaux du lac municipal de Dschang analysés pendant les mois de juillet 2007 et janvier 2008. On constate de très faibles concentrations en métaux dans les eaux du lac.

Tableau 5 : Teneurs en métaux lourds des eaux du lac municipal de Dschang pendant les mois de juillet 2007 et janvier 2008.

Paramètres	Unités	Mois	Entrée du lac
Fe	ppm	Juillet 2007	1,15
		Janvier 2008	1,45
Cu	ppm	Juillet 2007	0,13
		Janvier 2008	0,17
Pb	ppm	Juillet 2007	0,4
		Janvier 2008	0,39
Zn	ppm	Juillet 2007	0,8
		Janvier 2008	0,9
Cd	ppm	Juillet 2007	0,04
		Janvier 2008	0,06

5.3 Analyse des usages de l'eau

Les ressources en eau du bassin versant du lac municipal sont destinées aux usages tels que :

- L'Approvisionnement en Eau Potable (AEP) dont une station de traitement de l'eau potable est installée sur le cours d'eau Mbindoung au quartier Toula Dezong avec un prélèvement de 40.000 m^3 d'eau par mois en moyen, soit un volume estimé moyen annuel de 480.000 m^3. Nous avons aussi une petite station dont le prélèvement moyen est de 16.000 m^3 d'eau par mois qui ne se trouve pas dans le bassin, mais associée à celle précédemment citée permet de relever le taux de la desserte en eau potable de la ville de Dschang à 55% ;
- Les activités récréatives et de loisirs (natation, sports nautiques) avec la création de la première base nautique du Cameroun aux abords du lac municipal de Dschang. Cet usage ne consomme pas de l'eau mais présente des risques sanitaires.
- Les usages domestiques notamment la lessive, le lavage de la vaisselle voire celui des personnes ou des voitures qui se font tout au long des cours d'eau en aval du point de captage de la station de traitement ;
- L'habitat avec la présence des espèces halieutiques (poissons) dans le lac.

Pendant la contre-saison, ces ressources en eau sont sollicitées pour des besoins agricoles (le maraîchage dans les bas-fonds) et aussi pour des activités de construction des bâtiments par la population locale. Nous n'avons pas eu une estimation de la superficie des bas-fonds pour pouvoir quantifier les besoins en eau pour l'irrigation.

De nos jours, la forte croissance démographique de la ville et les multiples coupures fréquentes d'électricité engendrent des usages potentiels des ressources en eau du lac tels que :

- L'hydroélectricité

Les services administratifs, l'hôpital départemental de Dschang et l'Université de Dschang étant concentrés dans un secteur de la ville de Dschang, on pourrait créer un réseau secondaire d'électricité en réhabilitant les turbines des années 1960-1980 pour faire face au délestage.

- L'accroissement de la desserte de la population en eau potable par l'extension des stations de traitement. Cette augmentation de la capacité des stations aura pour conséquence, l'augmentation des volumes d'eau prélevés. Pour satisfaire la demande en AEP, il faudra installer des nouvelles pompes de façon à porter les volumes prélevés au niveau de la grande station à 86.000 m^3 d'eau par mois en moyen soit un ajout de 46.000 m^3 d'eau par mois en moyen.

5.4 Fluctuations climatiques et ressources en eau

En raison de ses répercussions sur le milieu naturel et le développement socio-économique, les questions de variabilité climatique et leurs implications sur les ressources en eau sont placées depuis quelques temps au centre des préoccupations des scientifiques et des décideurs politiques dans le monde. Prévoir et caractériser l'impact de ces fluctuations sur les disponibilités en eau dans l'espace et dans le temps deviennent alors indispensables pour proposer des solutions adaptées aux projets de développement et à une gestion durable de l'environnement. L'étude de la variabilité climatique permettra de comprendre et d'élucider les relations entre le climat et les ressources en eau afin de mieux planifier et organiser les usages futurs.

5.4.1 Variation interannuelle des précipitations

Dans cette étude, l'analyse des variations des hauteurs annuelles des précipitations ainsi que des indices pluviométriques annuels nous a permis d'apprécier les variabilités climatiques sur les ressources en eau.

Il ressort de l'analyse de la variation des hauteurs annuelles de pluies de 1978 à 2008 dans le bassin versant du lac (Fig.10) qu'elles varient considérablement d'une année à une autre. La moyenne interannuelle des précipitations sur les 30 années d'observations est de 1790.5 mm ; avec comme valeurs extrêmes minimale et maximale respective 1433.4 mm observée en 1991 et 3137.1 mm observée en 2002. La tendance des précipitations dans le bassin présente une baisse de – 2,05% par rapport à la moyenne de 1828 mm obtenue pour la même région en 2001 par Yakeu pour 20 ans d'observations.

La courbe de variation des indices pluviométriques (Fig.11) présente une succession des périodes humides (1978 à 1983, 1997 à 2005) et des périodes sèches (1984 à 1996, 2006 à 2008) dans le bassin versant du lac municipal. Les périodes sèche et humide comportent respectivement des années remarquables : 1991 avec 8,26% de déficit et 2003 avec 10,70% d'excédent par rapport à la moyenne de la période de l'étude.

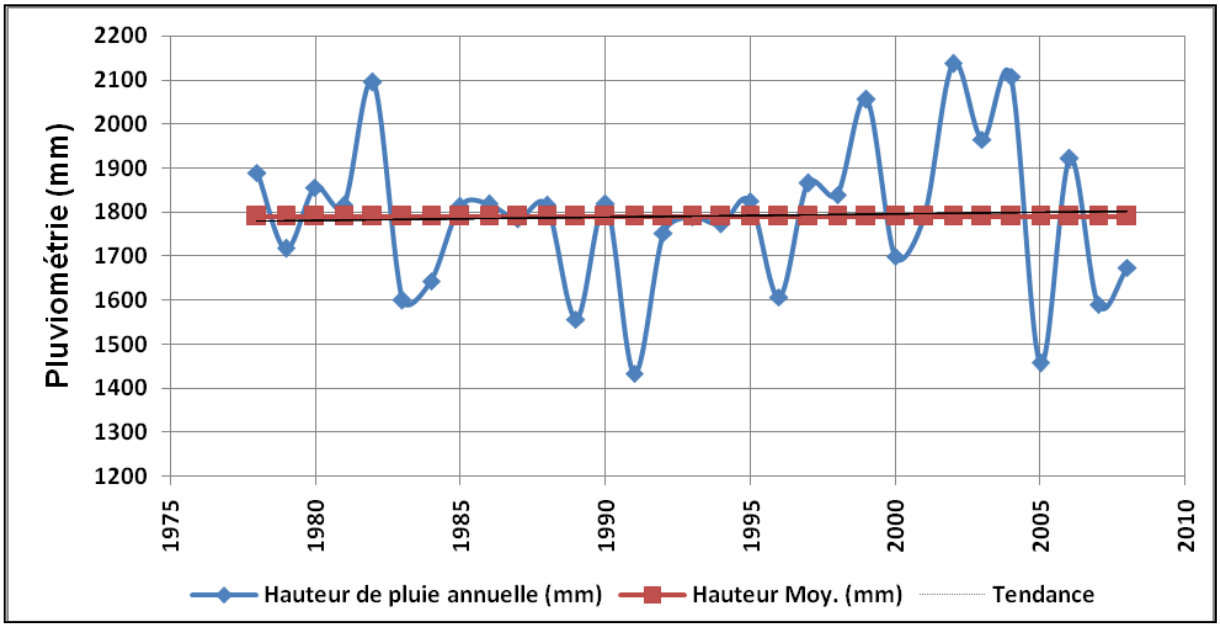


Figure 10: Variation des hauteurs de pluie dans le bassin de 1978 à 2008.

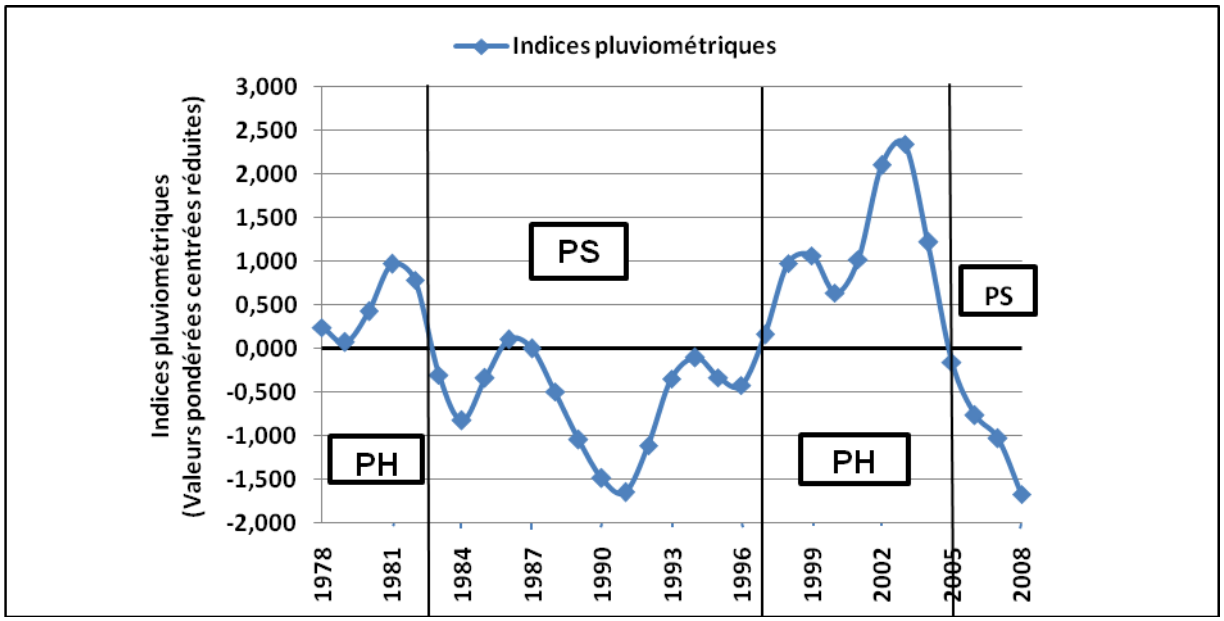


Figure11: Variation des indices pluviométriques dans le bassin de 1978 à 2008 (PH = Période Humide et PS = Période Sèche).

5.4.2 Evolution des écoulements en fonction des précipitations

Les écoulements mensuels évoluent presque de la même façon que les hauteurs de précipitations dans le temps sur la période de 2000 à 2003. Les faibles écoulements observés en février et en mars malgré des hauteurs de pluie moyennes sont dus au fait que ce sont les mois les plus chauds et le sol est très sec. Pendant cette période le taux d'infiltration de l'eau est assez élevé (Fig12). La hausse des écoulements mensuels pendant les mois de juillet et

août correspond à la hausse des précipitations et à une forte humidité du sol limitant les capacités d'infiltration du sol. Les débits mensuels varient en fonction des variations saisonnières de pluie. On observe dans l'ensemble un pic au mois d'août caractérisant le régime à deux saisons.

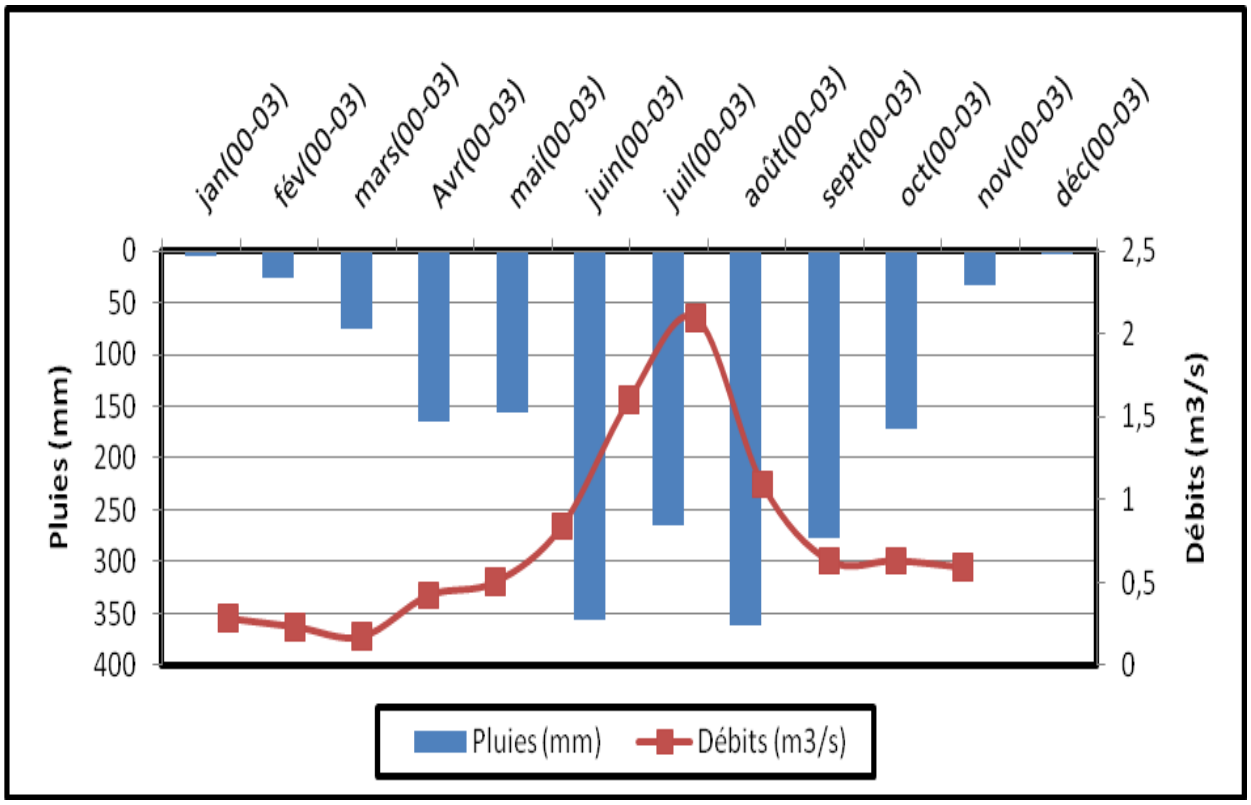


Figure 12 : Evolution des débits moyens mensuels en fonction des précipitations moyennes mensuelles de 2000 à 2003.

La figure 13 montre clairement qu'il existe une corrélation moyenne ($R^2 = 0.582$) entre les pluies et les débits. Le coefficient de corrélation entre ces deux paramètres est égal à 76,29%.

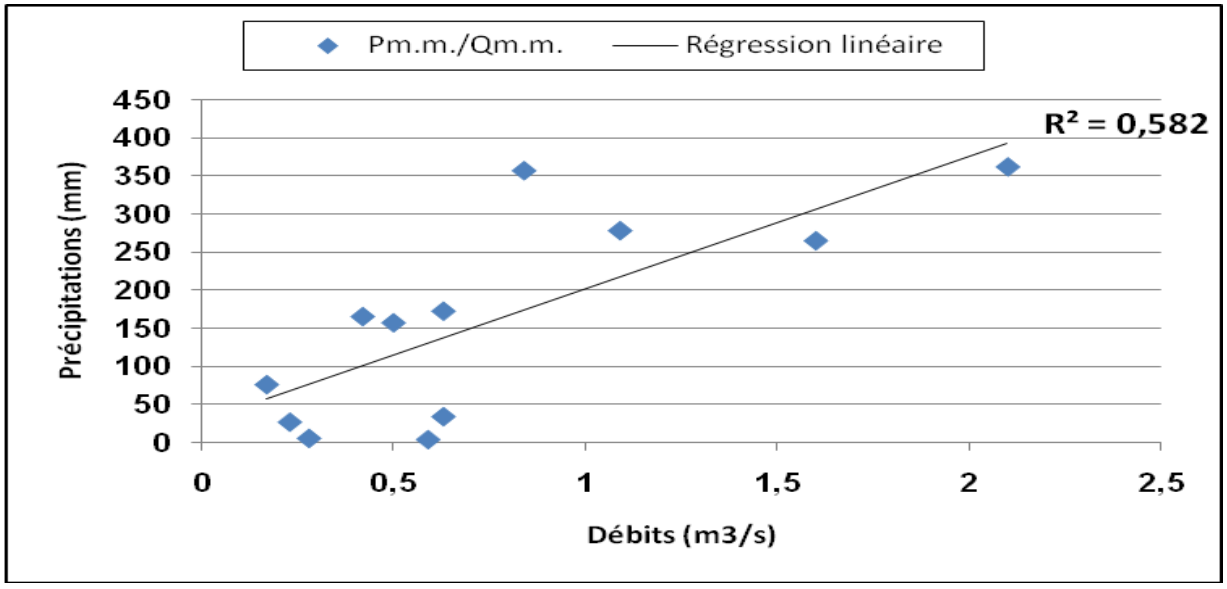


Figure 13: Corrélation pluies moyennes mensuelles et débits moyens mensuels de 2000 à 2003 dans le bassin versant du lac municipal.

Au vue des données que nous disposons, nous ne pouvons pas apprécier les variations climatiques sur les écoulements dans le bassin versant du lac municipal de Dschang.

5.5 Problèmes liés à la connaissance et usages des ressources en eau

5.5.1 Problèmes liés à la connaissance

Par connaissance, il faut entendre la compréhension et la familiarité acquises par expérience ou par association. Elle s'applique aux faits ou aux idées acquises par l'étude, la recherche, l'observation, l'évaluation, et/ou l'expérience. La connaissance inclut aussi le développement et l'emploi des méthodes et des outils pour l'acquérir. Les problèmes liés à la connaissance des ressources en eau identifiés dans le bassin versant du lac municipal sont :

- Les écoulements au niveau du bassin ne sont pas suivis ;
- L'absence des stations de mesure limnimétriques pour le contrôle des variations du niveau du plan d'eau dans le bassin ;
- L'indisponibilité des données sur les éléments du cycle hydrologique ;
- Le manque de suivi d'indicateurs pertinents favorisant la connaissance socio-économique des usages de l'eau ;
- Le non maîtrise de la quantité d'eau disponible exploitable dans le bassin ;
- La prise des décisions erronées

5.5.2 Problèmes liés à l'usage

Les problèmes liés à l'usage de l'eau sont de multivariés. On a :

- La dégradation de la qualité des ressources eau (pollution) ;
- L'occupation illicite des berges pour des fins agricoles, pour l'urbanisation ou comme dépotoirs d'ordures et de déchets divers ;
- L'envasement et l'ensablement entraînant une forte sédimentation du lac qui conduit à la modification du régime des écoulements;
- L'eutrophisation du lac ;
- Les risques sanitaires ;
- La diminution de la population halieutique en quantité et en variétés ;
- La modification des volumes de l'écoulement ;
- Les conflits d'usages de l'eau restent potentiels;
- Problèmes environnementaux.

5.6 Réseaux de suivi des ressources en eau

D'après nos investigations, les réseaux de suivi des ressources en eau dans le bassin versant du lac sont quasi-inexistants. Dans le cadre de la GIRE, il est donc impératif de concevoir et d'optimiser des réseaux de suivi pour avoir une bonne connaissance du fonctionnement des cours d'eau dans le bassin versant. C'est pourquoi nous avons pensé que pour atteindre les objectifs de la maîtrise des ressources en eau à l'échelle du bassin versant, les réseaux de suivi ci-dessous sont indispensables. On a :

- ✓ Réseau de suivi hydrométrique du bassin pour la connaissance générale du régime hydrologique ;
- ✓ Renforcement du réseau de suivi climatique ;
- ✓ Réseau de bulletin de situation hydrologique du bassin pour l'état statistique de l'évolution des ressources en eau ;
- ✓ Réseau des usages de l'eau du bassin pour identifier les multiples sollicitations des ressources en eau et estimer les besoins;
- ✓ Réseau de suivi de la qualité physico-chimique et bactériologique des ressources en eau ;

- ✓ Réseau de l'assainissement pour le contrôle des différentes sources de pollution ;
- ✓ Réseau pour la collecte de données et d'informations physiques, biologiques, sociales et économiques relatives au bassin ;
- ✓ Réseau de suivi de la faune aquatique du lac ;
- ✓ Réseau pour le traitement, le stockage et la diffusion des informations et de sensibilisation;
- ✓ Mettre sur place un système d'information géographique et autres outils à manipuler pour présenter l'état des ressources en eau du bassin du lac municipal en temps réel et suivre les changements.

CHAPITRE 6 : CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

6.1 Conclusions

A partir des données collectées, des informations reçues et des différentes méthodes utilisées, des conclusions se dégagent au terme de cette étude où il était question de faire un état de lieux des ressources en eau du lac municipal de Dschang axé sur l'aspect connaissance et usages. En effet :

Le bassin versant du lac municipal de Dschang de forme allongée possède un réseau hydrographique moins dense, parallèle en amont et dentritique dans le secteur sud.

Le volume en eau de surface mobilisable dans le bassin est estimé à 25.005.000 de m^3/an. Les ressources en eau dans le bassin du lac sont de bonne qualité du point de vue physico-chimique, la qualité bactériologique et parasitologique n'est cependant pas bonne surtout en début et en fin de saison pluvieuse avec des pics observés des indicateurs de contamination fécale, entraînant des risques importants de maladies hydriques et infectieuses. Les sources de pollution des eaux du lac sont essentiellement d'origine domestique et agricole, aucune activité industrielle n'est constatée dans le bassin.

Malgré la dégradation des eaux du lac, la qualité de ces eaux reste encore relativement bonne à des fins de loisir et des activités nautiques. Cependant, ces eaux doivent être prohibées pour toute utilisation comme eaux de baignade et de boisson sans traitement préalable.

Il ressort de nos investigations qu'il n'existe pas de réseaux de suivi continu des ressources eau dans le bassin versant du lac municipal.

Environ quinze problèmes de connaissance et d'usages liés aux ressources en eau ont été identifiés dans le bassin du lac municipal de Dschang. Ces problèmes constituent une limite à l'évaluation des ressources eau, à la planification des usages et à une bonne gestion de l'eau dans ce bassin.

Les indices pluviométriques nous ont permis de caractériser les variations climatiques. Mais, les impacts de ces variations sur les ressources en eau dans le bassin n'ont pas été mis évidence par manque de données sur l'évolution des écoulements et du niveau du plan d'eau pendant la période de 1978 à 2008.

6.2 Recommandations

6.2.1 Recommandations aux pouvoirs politiques

Pour parvenir à mettre en pratique la nouvelle vision politique de la gestion de l'eau dans le bassin versant du lac municipal de Dschang, le gouvernement à travers les institutions en charge de l'eau doit :

- Installer et veiller au bon fonctionnement des stations hydrométriques sur les cours d'eau principaux en amont et à l'exutoire du lac afin de faciliter le suivi des écoulements dans le bassin du lac ;
- Réhabiliter et renforcer les capacités au niveau de la station météorologique de Dschang afin de faciliter les enregistrements des données climatiques ;
- Créer un mini laboratoire au niveau du lac pour permettre de mesurer les paramètres in situ afin de faciliter le suivi de la qualité des ressources en eau du lac ;
- Mettre en place un mécanisme de suivi et d'évaluation des textes législatifs et réglementaires relatifs à l'eau ;
- Faire des réalisations de maîtrise des différentes sources de pollution des ressources en eau ;
- Prendre des dispositions pour créer une ceinture végétale autour du lac en vue de maximiser la part de la phytoépuration dans le processus de l'autoépuration.

6.2.2 Recommandations pour les travaux futurs

Pour les travaux ultérieurs, il serait intéressant de :

- Hiérarchiser les problèmes liés à la connaissance et aux usages des ressources en eau que la présente étude a permis de déceler par la méthode de MERQURE ;
- Faire un diagnostic du cadre de gestion de l'eau dans le bassin versant du lac municipal de Dschang ;
- Faire une analyse des aspects sociaux des ressources en eau dans le bassin ;
- Inventorier les problèmes environnementaux liés aux ressources en eau dans le bassin versant du lac.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Assani A. A., (1999).** Analyse de la variabilité temporelle des précipitations (1916-1996) à Lumbashi (Congo-Kinshasa) en relation avec certains indicateurs de la circulation atmosphérique (oscillation australe) et océanique (el niño/ la niña). *Bulletin. Sécheresse vol. 10, n°4, pp. 245-252*.
- **Banto O., et Bangoy L. M., (1997).** Hydrogéologie, *Presses de l'Université du Québec, Québec, Canada. 460p.*
- **Bi T. A. G., Issiaka S., Brou K., Vamoryba F. Gnamien B. K., (2006).** Impact de la variabilité climatique sur les ressources hydriques des bassins de n'zo et n'zien cote d'ivoire (Afrique tropicale humide). Vertigo. La revue en science de l'environnement. *Vol.7 n°1. 12p*.
- **Burton J., (2001).** La gestion intégrée des ressources en eau par bassin : *Manuel de formation 26p.*
- **Diop L., (2008).** Contribution à la mise en œuvre d'une gestion intégrée du lac de Guiers au Sénégal. *« Master spécialisé ». Projet personnel, 2iE Ouagadougou, Ouagadougou, Burkina Faso, 56p.*
- Document Stratégique de Réduction de la Pauvreté (DSRP) Cameroun, version révisée, juin 2005.
- **Enongene G., (2009).** Water resources assessment in the Mefou basin (Centre region). *«Ingénieur Agronome». Thesis, University of Dschang, Dschang Cameroon, 82p.*
- **Fenkeu J. F., (2008) :** La décentralisation et l'amenangement urbain au Cameroun : cas de l'ex-commune urbaine de Dschang. *Projet de Thèse, University of Dschang, Dschang Cameroon, 17p.*
- **Fonkou T., Noumssi B., Ndouanla J., Lekeufack M., (2008).** Analyses microbiologique, physicochimique et biologique des eaux du lac municipal de Dschang pendant la période juillet 2007-juin 2008. *Rapport final, Université de Dschang, 49p.*
- **GIEC, (2007).** Changements climatiques, Rapport d'évaluation.
- **GWP-Cmr (Global Water Partnership Cameroon), (2006).** Etude pour la sélection d'un site pilote pour la mise en oeuvre des principes de la Gestion Intégrée des Ressources en Eau au Cameroun, *Yaoundé, Cameroun, 62p.*

- **GWP/RIOB (Partenariat Mondial pour l'Eau/ Réseau International des Organismes par Bassin), (2009).** Manuel de Gestion Intégrée des Ressources en Eau par Bassin. *112p*.
- **IPCC, (2001).** Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Intergovernmental Panel on Climate Change, Working Group II Contribution to the Third Assessment Report of the IPCC. *Geneva, Switzerland*.
- **Kenfack V., (2000).** Contribution à l'étude sédimentologique des apports détritiques dans la retenue d'eau du lac municipal de Dschang : Impact sur l'exploitation touristique de la retenue. *Mém. Maîtrise, Université de Dschang, Dschang, Cameroun, 76p.*
- **Koum K. G. R., Mpakam H. G., Ndonway A. S., Bopda D., Ekodeck E., (2006).** Gestion Intégrée des Ressources en Eau et Objectifs du Millenaire pour le Développement en Afrique: Cas du Cameroun. Vertigo. La revue en science de l'environnement. *Vol.7 n°2. Cameroun. 9p*.
- **Kuaté T. I. R., (1998).** Etude hydrochimique des affluents du lac municipal de Dschang. *Mém. Maîtrise, Université de Dschang, Dschang, Cameroun, 46p*.
- **Lacour F., et Morand F., (2006).** Approche sanitaire et environnementale de la mise en valeur touristique du lac municipal de Dschang. *Mission Waterdev, Dschang, Cameroun.56p.*
- **Lieunang L. A. R., (2009).** Préoccupations environnementales affectant la gestion des ressources en eau dans le bassin versant de la Mefou(Centre-Sud, cameroun). *«Ingénieur Agronome des Eaux Forêts et Chasses», Université de Dschang, Dschang, Cameroun, 113p.*
- **Savané I., (2001).** Variabilités climatiques et ressources en eaux souterraines dans la région semi-montagneuse de Man. *Bull. Sécheresse ; 12(4) : 231-237.*
- **Segalen D., (1967).** Les sols et la géomorphologie du Cameroun. *Cah. ORSTOM. Série pédol. 5,2 pp.137-187.*
- **Sharma U.C., (2003).** Impact of population growth and climate change on the quantity and quality of water resources in the northeast of India. *IAHS Pub. n°281, pp. 349-357.*
- **Sighomnou D., Sigha N. L., Lienou G., Dezetter A., Mahé G., Olivry J-C., Paturel, E., Tchoua, F. Ekodeck, E. (2007).** Impacts des fluctuations climatiques sur le regime des écoulements du fleuve Sanaga au Cameroun, prospectives pour le XX^{ème} siècle.*IHP-VI n°80, pp.173-181*.
- **Office international de l'eau (2001).** L'état de l'eau (en ligne).

- **Olivry J-C., (1986).** Fleuves et rivières au Cameroun, *733p*.
- **OMM et UNESCO, (1997).** Evaluation des ressources en eau - *Manuel pour un examen des capacités nationales. 177p.*
- **Ouedraogo M., (2001).** Contribution à l'étude de l'impact de la variabilité climatique sur les ressources en eau en Afrique de l'Ouest. Analyse des conséquences d'une sécheresse persistante: normeshydrologiques et modélisation régionale. *Thèse de doctorat, Université de montpellier II, France, 257p.*
- **Partenariat Mondial pour l'Eau/Comité Technique Consultatif (GWP-TEC), (2000).** La gestion intégrée des ressources en eau, *document n° 4.*
- **Perry J., Vanderklien E., (1996).** Water quality, management of natural resource. *Cambridge, Massachusetts USA, Blackwell Science, Inc. 697p.*
- **Yakeu S., (2002).** Influence des caractéristiques morphostructurales et lithologiques des formations du bassin versant du lac municipal de Dschang sur l'action des systèmes d'érosion. *Mém. Maîtrise, Université de Dschang, Dschang, Cameroun, 54p.*

Sur Internet :

http://www.oieau.org/refea/module2d.html

http://www.mountainpeople.org/actions/documents/EauCameroun.pdf

ANNEXES

Annexe I : Pluviométrie mensuelle de Dschang (en mm et dixièmes) sur la période 1978-2008.

Année	Jan	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Jui	Juil.	Aou	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Total
1978	11.6	12.5	111.2	262.7	136.1	300.9	173.3	386.1	296.0	171.1	28.2	0.0	**1889.7**
1979	2.8	98.5	67.9	176.0	155.3	260.4	242.1	261.3	223.7	190.6	38.4	0.0	**1717.0**
1980	18.2	24.7	96.4	78.1	243.3	198.2	202.5	275.3	331.5	324.6	60.5	2.2	**1855.5**
1981	0.6	3.5	171.8	148.2	174.5	177.6	268.5	396.7	331.1	120.6	22.1	0.0	**1815.2**
1982	42.7	62.3	137.3	184.1	251.3	277.4	327.2	319.3	291.3	165.9	36.8	0.0	**2095.6**
1983	0.0	15.3	16.5	136.0	192.6	176.9	317.3	348.4	243.6	110.8	12.4	30.2	**1600.0**
1984	0.0	18.0	145.2	116.6	132.3	258.7	161.3	303.8	314.5	169.2	23.7	0.0	**1643.3**
1985	27.9	31.5	164.1	207.7	143.6	259.0	203.4	320.5	303.6	79.5	63.6	8.8	**1813.2**
1986	23.9	24.0	174.5	174.3	170.7	147.1	228.1	343.0	307.4	168.6	55.9	0.0	**1817.5**
1987	0.0	35.4	107.9	126.9	108.5	365.5	213.0	290.1	367.4	164.8	4.7	0.0	**1784.2**
1988	3.1	55.2	114.5	115.6	206.4	152.2	301.4	231.5	294.3	259.9	46.0	35.7	**1815.8**
1989	6.6	0.0	120.8	131.4	148.6	299.2	146.1	274.0	256.4	128.9	22.0	22.4	**1556.4**
1990	4.7	5.6	90.2	150.1	185.3	189.6	257.9	318.5	289.7	232.2	59.2	34.7	**1817.7**
1991	0.0	13.7	64.4	166.3	345.6	157.0	178.2	208.5	120.2	164.8	14.7	0.0	**1433.4**
1992	13.8	0.0	69.1	140.0	250.1	200.2	302.7	216.8	399.2	160.3	0.0	0.0	**1752.2**
1993	15.2	0.0	123.3	120.9	139.6	268.8	260.1	314.6	357.8	188.3	0.0	0.0	**1788.6**
1994	0.0	0.0	49.4	199.0	133.3	274.8	195.8	316.9	274.4	288.7	13.8	27.7	**1773.8**
1995	33.8	0.0	31.3	178.8	233.5	230.4	319.1	144.5	354.8	274.4	17.5	6.7	**1824.8**
1996	41.0	15.7	87.2	92.1	149.2	265.7	170.9	130.7	274.4	288.7	79.7	11.2	**1606.5**
1997	6.1	127.4	151.2	206.9	168.6	234.0	219.2	221.0	274.7	224.3	19.7	12.4	**1865.5**
1998	45.7	59.7	35.3	185.2	136.6	253.8	223.4	358.2	286.3	198.0	55.7	1.0	**1838.9**
1999	52.9	45.3	165.9	184.0	312.1	192.4	151.5	306.0	312.7	282.9	50.4	0.0	**2056.1**
2000	0.0	13.7	45.2	181.8	142.8	312.8	245.9	288.6	334.3	110.1	24.2	0.0	**1699.4**
2001	0.0	18.8	71.4	204.8	104.0	354.5	180.1	405.0	258.9	149.2	40.3	6.4	**1793.4**
2002	11.1	9.0	103.9	140.5	140.5	478.8	304.7	430.7	258.8	219.2	33.3	6.6	**2137.1**
2003	8.8	63.3	81.8	133.0	240.2	281.2	328.1	322.8	259.8	210.0	36.0	0.0	**1965.0**
2004	18.8	363.0	85.7	263.9	123.8	196.1	238.4	292.1	249.4	213.2	61.4	1.4	**2107.2**
2005	27.9	14.8	115.4	178.3	109.1	131.6	254.1	365.2	229.6	19.5	10.3	0.9	**1456.7**
2006	25.8	113.1	184.5	118.7	242.1	270.3	245.5	306.8	250.1	149.9	14.2	0.0	**1921.0**
2007	0.0	17.5	45.6	245.6	162.4	211.0	203.2	247.3	249.3	153.3	54.9	0.0	**1590.1**
2008	12.6	0.0	154.0	243.0	138.3	210.0	204.5	224.2	277.0	157.0	28.2	25.5	**1674.3**
Moy mens	**14.7**	**40.7**	**102.7**	**167.4**	**178.1**	**244.7**	**234.4**	**295.8**	**286.2**	**185.1**	**33.2**	**7.5**	**1790.5**

Source : Station météorologique de Dschang.

Annexe II : Températures moyennes mensuelles de Dschang (°C et dixièmes) de 1978 à 2008.

Année	Jan	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Moy an
1978	20,7	21,7	21,0	21,4	20,9	19,5	18,4	18,7	18,9	20,2	21,2	21,4	**20,3**
1979	22,5	21,7	21,8	21,4	21,4	20,1	19,4	19,4	19,7	20,7	21,5	21,6	**20,9**
1980	21,3	22,2	22,0	21,8	20,6	19,9	19,5	19,4	19,9	20,3	20,6	20,8	**20,7**
1981	21,2	22,0	21,9	26,9	20,7	20,3	19,1	19,5	19,7	20,9	20,4	20,7	**21,1**
1982	21,4	21,8	21,5	21,7	20,4	19,8	19,2	19,0	19,7	20,3	20,3	20,6	**20,5**
1983	21,3	21,7	21,4	23,0	21,7	20,6	19,7	20,8	20,0	20,7	21,0	20,6	**21,0**
1984	20,7	22,2	22,0	21,6	20,9	20,2	19,5	19,7	19,8	20,6	20,6	20,7	**20,7**
1985	21,2	22,1	21,8	22,9	20,9	20,2	19,3	19,6	19,8	20,5	21,2	20,6	**20,8**
1986	20,8	22,1	21,3	22,0	21,5	20,5	19,0	19,8	19,7	20,3	20,5	20,7	**20,7**
1987	21,4	22,6	22,0	22,6	21,8	20,7	20,6	20,1	20,5	20,8	21,3	21,0	**21,3**
1988	21,7	22,6	22,0	22,5	21,3	20,3	19,2	19,5	19,7	20,7	20,9	21,0	**20,9**
1989	20,2	22,0	22,0	21,6	20,8	20,0	19,4	19,2	20,0	20,5	21,2	21,0	**20,6**
1990	21,3	22,0	22,0	21,7	20,9	20,5	19,4	19,4	19,6	20,4	20,7	20,9	**20,7**
1991	21,3	22,8	22,5	21,2	20,9	20,7	19,4	19,3	19,6	20,2	21,3	20,9	**20,8**
1992	21,6	22,5	22,3	21,3	20,9	20,1	18,8	19,0	19,6	19,9	20,8	20,6	**20,6**
1993	20,8	22,3	22,0	21,8	21,7	20,8	20,0	19,9	20,2	21,2	20,8	20,8	**21,0**
1994	20,9	21,5	22,8	21,6	21,4	20,7	19,0	19,5	19,8	20,1	20,8	20,8	**20,7**
1995	22,2	21,9	22,7	21,3	21,1	21,1	19,4	19,5	19,9	19,9	21,2	20,4	**20,9**
1996	21,7	22,8	22,1	22,6	21,5	20,7	19,4	19,7	19,8	20,8	21,6	20,2	**21,1**
1997	21,5	22,7	22,5	22,7	21,9	21,0	20,8	20,1	20,6	20,8	21,6	21,1	**21,4**
1998	21,0	22,1	21,6	22,2	21,4	20,1	19,2	19,8	19,7	20,2	20,0	21,0	**20,7**
1999	21,9	22,2	22,4	21,9	21,1	20,0	19,4	19,3	20,1	20,5	21,8	21,0	**21,0**
2000	21,5	22,0	22,5	21,6	21,9	20,6	19,6	19,5	20,5	20,8	21,7	21,7	**21,1**
2001	20,8	22,0	21,3	21,8	21,9	20,2	20,3	19,4	19,1	20,8	21,6	20,2	**20,8**
2002	21,1	22,1	22,4	22,5	21,6	20,8	20,3	19,9	20,4	20,6	21,0	21,5	**21,2**
2003	21,7	22,7	22,6	21,9	21,9	20,3	19,8	19,8	20,3	21,1	21,8	21,2	**21,3**
2004	21,8	23,0	23,9	22,2	21,2	21,4	20,6	21,0	19,7	21,0	21,4	22,2	**21,6**
2005	22,0	23,6	21,5	22,4	21,2	20,6	19,5	19,4	19,9	20,4	21,6	21,5	**21,1**
2006	22,0	22,1	23,8	21,4	20,5	20,0	19,2	19,6	20,1	20,6	20,9	21,3	**21,0**
2007	21,4	23,2	21,2	21,3	21,1	20,4	19,9	19,5	19,2	20,8	21,4	22,0	**21,0**
2008	21,6	22,4	21,7	22,1	20,6	20,0	19,3	19,2	20,1	20,8	21,6	21,5	**20,9**

Source : station météorologique de l' IRAD.

Annexe III: Effectifs de la population antérieure (1976 à 2005) et future (projection jusqu'à l'année 2020) de Dschang.

Années	Taux d'accroissement (%)	Population
1976	6,5	17814
1987	6,5	35717
1990	5,2	41584
1995	5,2	53580
2000	4,7	67412
2005	4,7	84814
2010	4,7	106709
2015	4,1	130453
2020	4,1	159481

Source : Fenkeu Jean François, 2008

Annexe IV: Organismes oeuvrant dans la gestion de l'eau au Cameroun.

Organismes	Ministères et structures	Actions
Organismes d'exécution	Ministère de l'Eau et de l'Energie	Elabore, met en oeuvre et évalue la politique de l'Etat en matière de production, de transport et de distribution de l'eau ; rôle central en matière de gestion et de protection des ressources en eau au niveau institutionnel.
	Ministère de l'Administration Territoriale et de la Décentralisation	Intervient dans le domaine de l'eau et de l'assainissement à travers les collectivités décentralisées (mairies, communes), élabore les stratégies d'interventions en cas des catastrophes à travers la direction de la protection civile.
	Ministère de la Santé Publique	surveillance sanitaire des collectivités, promotion de l'hygiène et de la salubrité de l'environnement, normalisation et réglementation des déversements en rapport avec les organismes concernés.
	Ministère de l'Environnement et de la Protection de la Nature	élabore et développe le plan de gestion de l'environnement, lutte contre la pollution et propose des mesures de gestion durable des ressources naturelles.
	Le Ministère du Développement Urbain et de l'Habitat	Intervient dans l'assainissement dans le cadre de la mise en oeuvre de la politique nationale en matière de développement urbain et de l'habitat.
	Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural	Maître d'oeuvre de la politique d'hydraulique agricole en relation avec d'autres organismes concernés.
	Ministère de la Planification, de la Programmation, du Développement et de l'Aménagement du Territoire	S'occupe de l'élaboration des orientations générales et des stratégies de développement et coordonne la réalisation des études d'aménagement du territoire.
	Ministère des Domaines et des Affaires Foncières	Gère les domaines publics et privés de l'Etat ainsi que tout le domaine national ; il prépare, met en oeuvre et évalue la politique foncière et cadastrale du pays.
	Ministère de l'Elevage, des Pêches et des Industries Animales	Intervient dans la gestion des ressources en eau à travers son service d'hydraulique pastorale.
	Ministère de l'Industrie, des Mines et du Développement Technologique	Intervient dans les problèmes environnementaux en ce qui concerne la pollution et l'assainissement inhérents aux industries.
Organismes d'appui technique et des conseils	Comité National de l'Eau	Ce comité est un organe consultatif chargé d'assister le gouvernement dans l'élaboration de sa politique de l'eau et des problèmes y afférents, ainsi que dans la recherche des voies et moyens de sa mise en oeuvre.
	Comité National de l'Environnement	Cette structure est chargée de l'étude d'impact des actions de développement sur les ressources naturelles et de sensibiliser les populations pour une gestion saine de l'environnement.

Organismes de gestion et d'exploitation du service de l'eau	Cameroon Water Utilities Corporation et Camerounaise des eaux	Gestion du patrimoine hydraulique de l'Etat, exploitation et distribution publique de l'eau potable.
	Mission d'Aménagement et de Gestion des Zones Industrielles (MAGZI)	Chargée de la création des zones industrielles. Ces missions en matière d'eau et d'assainissement sont limitées à la conception, la réalisation et la gestion des ouvrages secondaires dans les zones industrielles.
	Mission d'Aménagement et d'Equipement des Terrains Urbains et Ruraux (MAETUR)	S'occupe des travaux d'assainissement et de drainage des terrains urbains et ruraux dans la viabilisation des espaces.
	Société Immobilière du Cameroun (SIC)	Les prérogatives de la SIC en matière d'assainissement sont limités aux zones d'habitations dont elle assure la gestion.
Organismes de financement	Ministère de l'Economie et des Finances	A travers la direction du trésor, il intervient comme le banquier de l'Etat pour le financement des projets inscrits dans le Budget d'Investissement Public (BIP).
	Crédit Foncier du Cameroun	Assure de façon indirecte les opérations d'adduction d'eau et de drainage des eaux pluviales dans les lotissements de la Mission d'Aménagement des Terrains Urbains et Ruraux (MAETUR) et dans les habitations de la Société Immobilière du Cameroun (SIC).
Organismes de recherche	Universités d'Etat et les grandes écoles avec leurs laboratoires spécialisés, les institutions nationales de recherche scientifique (CRH, IRAD, etc.), institutions internationales (IRD)	Ces organismes qui sont généralement sous la tutelle du Ministère de la Recherche Scientifique et de l'Innovation ou du Ministère de l'Enseignement Supérieur permettent aux structures citées plus haut de mener à bien leurs missions dans le secteur de l'eau et de l'assainissement.
Acteurs non institutionnels	Associations de base, Organisations Non Gouvernementales (ONG), les Bureaux d'Etudes (BE), les acteurs confessionnels et les pouvoirs traditionnels	Ils oeuvrent dans le domaine de l'eau et de l'assainissement sur le territoire Camerounais et trouvent leur légitimité dans les projets qu'ils réalisent sur le terrain.

Source : Kouam et Coll., 2006 modifié

Annexe V: Débits moyens mensuels obtenus au niveau du pont de Tsinkop sur la période de 2000 à 2003.

Mois	Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Débits (m^3/s)	0,3	0,28	0,2	0,5	0,6	1	1,9	2,5	1,3	0,8	0,8	0,7

Source : ***Tekou et coll., 2003***

Annexe VI: Débits et volumes écoulés moyens mensuels estimés à l'exutoire du bassin versant du lac municipal de Dschang sur la période de 2000 à 2003.

Mois	Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Débits (m^3/s)	0,252	0,235	0,168	0,420	0,505	0,841	1,598	2,102	1,093	0,673	0,631	0,589
volume écoulé (10^6 m^3)	0,676	0,570	0,450	1,090	1,351	2,180	4,280	5,631	2,834	1,802	1,635	1,577

Annexe VII: Teneurs en indicateurs de contamination fécale des eaux du lac municipal de Dschang pendant la période de juillet 2007 à juin 2008.

Mois	Paramètres	Unités	Points de prélèvements		
			Entrée du lac	Base nautique	Sortie du lac
Juillet 2007	Streptocoques fécaux	UFC/100ml	21	2	53
	Coliformes fécaux		300	130	100
Août 2007	Streptocoques fécaux	UFC/100ml	22	53	147
	Coliformes fécaux		159	281	356
Septembre 2007	Streptocoques fécaux	UFC/100ml	370	290	22000
	Coliformes fécaux		60	50	380
Octobre 2007	Streptocoques fécaux	UFC/100ml	40	180	2800
	Coliformes fécaux		7	22	188
Novembre 2007	Streptocoques fécaux	UFC/100ml	150	230	680
	Coliformes fécaux		42	47	54
Décembre 2007	Streptocoques fécaux	UFC/100ml	800	2100	380
	Coliformes fécaux		60	100	30
Janvier 2008	Streptocoques fécaux	UFC/100ml	11	04	08
	Coliformes fécaux		41	14	05
Février 2008	Streptocoques fécaux	UFC/100ml	04	07	05
	Coliformes fécaux		70	88	70
Mars 2008	Streptocoques fécaux	UFC/100ml	01	40	80
	Coliformes fécaux		120	1400	300
Avril 2008	Streptocoques fécaux	UFC/100ml	70	140	120
	Coliformes fécaux		260	1400	1800
Mai 2008	Streptocoques fécaux	UFC/100ml	200	100	200
	Coliformes fécaux		2000	2700	2900
Juin 2008	Streptocoques fécaux	UFC/100ml	12	06	12
	Coliformes fécaux		900	100	300

Source : Fonkou et Coll., 2008.

Annexe VIII: Indices pluviométriques (valeurs pondérées centrées réduites des totaux pluviométriques) sur les 30 années d'observations.

Année	Total pluviométrique pondérée (mm)	Indice pluviométrique
1978	1810,3	-0,400
1979	1794,8	-0,569
1980	1797,5	-0,539
1981	1879,2	0,350
1982	1870,3	0,253
1983	1760,7	-0,940
1984	1710,5	-1,487
1985	1759,2	-0,957
1986	1782,0	-0,708
1987	1804,2	-0,467
1988	1720,2	-1,381
1989	1712,0	-1,471
1990	1654,4	-2,098
1991	1637,0	-2,288
1992	1689,9	-1,712
1993	1743,6	-1,127
1994	1794,5	-0,573
1995	1756,1	-0,990
1996	1762,8	-0,917
1997	1781,7	-0,712
1998	1883,2	0,394
1999	1906,0	0,643
2000	1836,4	-0,116
2001	1890,4	0,473
2002	1941,1	1,024
2003	2030,6	2,000
2004	1879,8	0,357
2005	1779,0	-0,741
2006	1725,5	-1,323
2007	1682,3	-1,794
2008	1635,6	-2,303