

# **Rapport Provisoire d'Audit des Eaux du Bassin de la Volta, Afrique de l'Ouest**

**Rapport conceptuel pour commentaires uniquement  
Bart J.M. Goes pour le Projet PAGEV et l'IUCN-BRAO  
Ouagadougou, Burkina Faso, juillet 2005**

## Table des matières

1	Introduction.....	1
1.1	Le Bassin du Fleuve de la Volta.....	1
1.2	Le Projet PAGEV.....	2
1.3	Objectifs et termes de référence.....	3
1.4	Plan du rapport.....	3
2	Les eaux de surface.....	4
2.1	Les débits du fleuve.....	4
2.1.1	Les données hydrométriques du fleuve.....	4
2.1.2	Débits actuels du fleuve.....	6
2.1.3	Prévisions de débits du fleuve.....	8
2.2	Utilisations des eaux de surface.....	9
2.2.1	Données sur l'utilisation des eaux de surface.....	9
2.2.2	Analyse des utilisations des eaux de surface.....	10
2.3	Qualité des eaux de surface.....	16
2.3.1	Données sur la qualité des eaux de surface.....	16
2.3.2	Etude pratique du contrôle de la qualité des eaux de surface.....	16
2.3.3	Analyse de la qualité des eaux de surface.....	17
3	Les eaux souterraines.....	19
3.1	Données sur les eaux souterraines.....	19
3.2	Analyse la nappe aquifère dans le Bassin de la Volta.....	19
3.3	Utilisation des eaux souterraines.....	19
4	Précipitations.....	21
4.1	Données sur les précipitations.....	21
4.2	Analyse des données relatives aux précipitations.....	21
5	Audit des eaux de Surface.....	22
5.1	Introduction.....	22
5.2	Candidats pour l'audit des eaux de surface.....	23
5.3	Termes de Références Proposées pour l'audit des eaux.....	24
5.3.1	Pertinence des activités entreprises actuellement dans le Bassin.....	24
5.3.2	Expériences et études pertinentes pour l'audit des eaux.....	24
5.3.3	Stratégie de réduction les délais pendant l'audit des eaux.....	24
5.3.4	Composantes de l'audit des eaux de surface.....	24
	Etude de qualité des eaux de surface.....	26
6	Résumé, conclusions et recommandations.....	28
6.1	Résumé.....	28
6.2	Conclusions.....	28
6.3	Recommandations.....	29
6.3.1	Recommandations techniques.....	29
6.3.2	Collaboration et recommandations sur le réseautage (réseautique ?).....	30

## Figure

Figure 1 Carte SIG du Bassin du Fleuve de la Volta (cf. Annexe 1c pour les stations hydrométriques) ..... 2

## Liste des tableaux

Tableau 1	Aperçu des ressources annuelles en eaux de surface du Bassin du Fleuve de la Volta.....	7
Tableau 2	Aperçu des principales utilisations des eaux de surface dans le Sous – bassin de la Volta Blanche. .....	10
Tableau 3	Aperçu des principales utilisations des eaux de surface dans le sous – bassin de la Volta Noire.	11
Tableau 4	Aperçu des principales utilisations des eaux de surface du Sous – bassin d’Oti.....	11
Tableau 5	Aperçu des principales utilisations des eaux de surface dans le bassin inférieur de la Volta.....	12
Tableau 6	Aperçu de l’accroissement des utilisations actuelles et utilisations futures possibles de l’eau .....	15
Tableau 7	Paramètres de qualité des eaux pris en compte pour cette étude.....	17
Tableau 8	Résumé de la quantité des eaux souterraines extraites par les puits et forages du Bassin de la Volta au Ghana et au Burkina Faso.....	20

## Liste des annexes

Annexe 1a	Données des stations hydrométriques du Burkina Faso (Kam, 2002)
Annexe 1b	Données des stations hydrométriques du Ghana (HSD)
Annexe 1c	Données des stations hydrométriques obtenues du GRDC
Annexe 2	Résultats des tests pratiques de contrôle de qualité de l'eau
Annexe 3	Chronogramme/programme

## Abréviations

AGRYMET	Institut spécialisé du Comité permanent Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse au Sahel (CILSS). C'est un centre régional installé au Niger dont est membre le Burkina Faso mais pas le Ghana
CERSGIS	Centre de Télédétection et de Services d'Informations Géographiques, Université du Ghana, Legon
ACDI	Agence Canadienne de Développement International
CSIR	Conseil pour la Recherche Scientifique et Industrielle (Accra, idem pour WRI)
CGIAR	Groupe Consultatif sur la Recherche Agricole Internationale (Washington)
CWSA	Agence Communautaire d'Approvisionnement en Eau Potable et Assainissement en charge de l'AEP en milieu rural au Ghana (Accra, membre de WRC)
DGIRH	Direction Générale de l'Inventaire des Ressources Hydrauliques du Burkina Faso (département du MAHR ; institution clé bénéficiaire et partenaire du Projet PAGEV )
DRAHRH-HB	Direction Régionale de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques des Hauts Bassin, Bobo Dioulasso (les données hydrologiques collectées par cette agence gouvernementale sont transmises à la DGIRH)
SAD	Systèmes d'Appui à la Prise de Décisions (DSS)
EC	Conductivité Electrique de l'eau
EIER	Ecole Inter-Etats des Ingénieurs de l'Hydraulique et de l'Equipement Rural, Ouagadougou, Burkina Faso
FFEM	Le Fonds Français pour l'Environnement Mondial (France)
GCM	Modèle de Climat Global
GeEau	Un projet focalisé sur l'irrigation en amont de la Vallée du Kou, de la Volta Noire (Bobo Dioulasso, financé par la Belgique)
GEF-Volta	Projet du Fond Mondial pour l'Environnement (fait partie de l'UNEP, et doit démarrer en 2005)
SIG	Système d'Informations Géographique
GLOWA-Volta	Changement Global et le Projet du Cycle de l'Eau pour le Bassin de la Volta (financé par le Ministère de la recherche et de l'Education de l'Allemagne et conduit par ZEF)
GWCL	Société Ghanéenne de l'Eau, Société Anonyme a Responsabilité Limitée (S.A.R.L) chargée de l'approvisionnement en eau domestique et industrielle (Accra, membre du WRC)
GWP-WAWP	Partenariat Mondial de l'Eau – Partenariat West Africain de l'Eau, Accra
GRDC	Centre Global des données de Ruissellement (Koblenz, Germany)
HSD	Département des Services Hydrologiques, Accra (membre de WRC), Ministère du Travail et de l'Habitat
IDA	Autorité du Développement de l'Irrigation, chargée de l'agriculture, Accra (membre de WRC)
IRD	Institut de Recherche pour le Développement, Ouagadougou, Burkina Faso et Montpellier, France
IUCN-BRAO	Bureau Régional de l'Union Mondiale pour la Nature (IUCN), Ouagadougou, Burkina Faso
IWMI	Institut International de Gestion de l'Eau
MAHRH	Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques, Ouagadougou, Burkina Faso
MMCE	Ministère des Mines, des Carrières et de l'Energie, Ouagadougou, Burkina Faso
MOB	Maîtrise d'Ouvrage de Bagré, chargé de la gestion du Barrage de Bagré, Ouagadougou, Burkina Faso
MSD	Département des Services Météorologiques, Accra, Ghana (membre du WRC)
OCP	Projet de Lutte contre la Cécité des Rivières (Onchocercose), Ghana (un ancien projet de l'OMS)
ONEA	Office National de l'Eau et de l'Assainissement, en charge de l'Approvisionnement en Eau Potable en milieu urbain, Ouagadougou, Burkina Faso
PAGEN	Projet de Partenariat pour l'Amélioration de la Gestion des Ecosystèmes Naturels (Burkina Faso)
PAGEV	Projet d'Amélioration de la Gouvernance de l'Eau du Bassin de la Volta, Ouagadougou (l'IUCN-BRAO et le GWP-WAWP sont des facilitateurs du projet)
RESO	Programme Ressources en Eau du Sud-Ouest
SONABEL	Société Nationale d'Electricité du Burkina, Ouagadougou, Burkina Faso

TOR	Termes de Références
UE	Union Européenne
UNEP	Programme des Nations Unies pour l'Environnement
Volta-HYCOS	Système d'Observation du Cycle Hydrologique (projet lancé par l'OMM et l'EIER)
VRA	Autorité du Fleuve Volta, Accra (chargé de l'approvisionnement en énergie hydroélectrique au Ghana , membre du WRC)
VRBA	Autorité du Bassin du Fleuve Volta (n'existe pas encore mais constitue un objectif du Projet prévu par le FEM)
VREO	Programme de Valorisation des Ressources en Eau de l'Ouest, (Projet financé par l'Union Européenne et basé sur la gestion des eaux dans le sous-bassin de la Volta Noire)
WEAP	Evaluation et Planification des Eaux (Logiciel de gestion des eaux, conçu par l'Institut International de l'Environnement à Stockholm)
WHYCOS	Système d'Observation du Cycle Hydrologique Mondial (Projet lancé par l'OMM)
OMS	Organisation Mondiale de la Santé, OMS
OMM	Organisation Mondiale de la Météorologie
WRC	Commission des Ressources d'Eau, institution (parapluie) responsable de la politique nationale de l'eau, Accra, Ghana ( bénéficiaire clé et partenaire du Projet PAGEV)
WRCU	Unité de Coordination de la Recherche en Eau de la CEDEAO, mise en place en 2004 pour coordonner les initiatives en matière de gestion des eaux en Afrique de l'Ouest (Ouagadougou)
WRI	Institut des Ressources en Eau, (Accra, membre du WRC)
ZEF	Centre de Recherche pour le Développement (Bonn, Allemagne)

# 1 Introduction

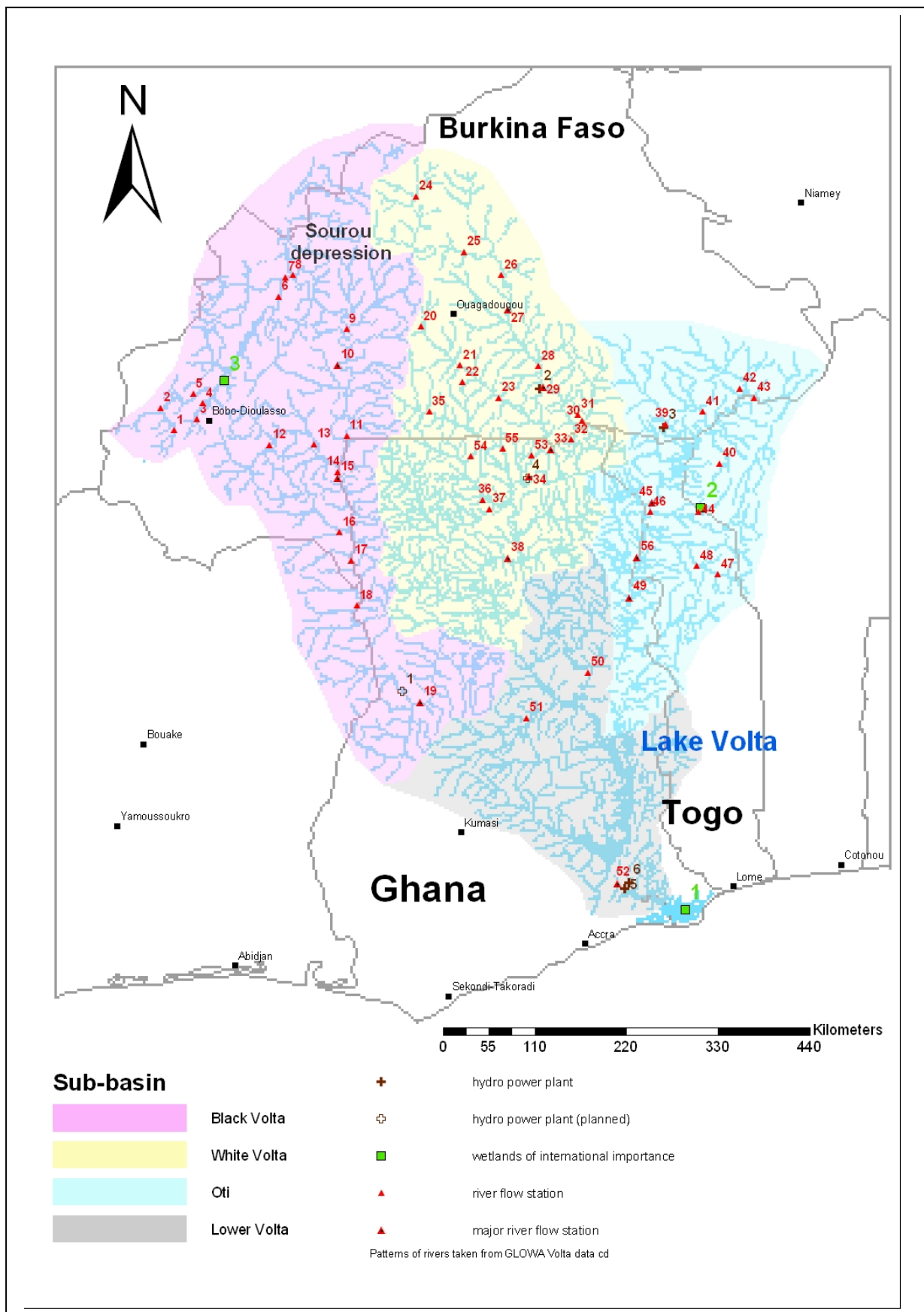
## 1.1 Le Bassin du Fleuve de la Volta

Le Bassin du Fleuve de la Volta a une surface approximative de 400,000 Km<sup>2</sup> et couvre cinq pays, notamment le Burkina Faso, le Ghana, le Togo, la Côte d'Ivoire, le Bénin et le Mali. La plus grande partie du bassin est partagée par le Burkina Faso et Ghana. Le bassin est divisé en quatre sous bassins : la Volta Noire, la Volta Blanche, l'Oti et la Volta Inférieure. Les sous bassins et les usines hydroélectriques (Figure 1), ainsi que les stations hydrométriques du fleuve (Annexe 1) sont représentés sur une carte SIG préparée par le Consultant pour le présent rapport. Le climat dans le bassin varie du climat aride à l'extrême nord du Burkina Faso (précipitations moyenne <500 mm/an), au climat semi-aride dans la partie centrale du Burkina Faso (~700 mm/an) au climat sub-humide dans la région sud du Ghana (jusqu'à 2000 mm/an).

Au cours des dix dernières années, la pression sur les ressources en eaux de surface du bassin s'est accrue. Deux facteurs principaux expliquent cette situation – le premier étant l'accroissement des utilisations des eaux. En 1964, la fermeture du Barrage d'Akosombo dans la région sud du Ghana (usine hydroélectrique 6, Figure 1) a créée l'un des plus grands barrages réalisés par les hommes, le Lac Volta. Le barrage a été construit pour générer l'énergie hydroélectrique. Un second barrage, le Barrage Kpong (usine hydroélectrique 5), a été achevé en 1982 juste en aval du Barrage d'Akosombo. Toutefois, il y a toujours des plans de construction de barrages hydroélectriques au Ghana; par exemple à Bui et Pwalagu (propositions d'usines hydroélectriques 1 et 4). De même, au Burkina Faso, deux barrages plus petits ont été construits (2% à la capacité du Barrage d'Akosombo) ainsi que des barrages à vocation hydroélectrique/irrigation en amont du bassin à la fin des années 1980 et 1990 (usines hydroélectrique 2 et 3). De plus, Giesen, et al. (2002) affirme que le nombre de petits barrages construits au nord du Ghana et particulièrement au Burkina Faso pour l'irrigation, pour l'usage domestique et les besoins de l'élevage ont augmenté depuis 1980. En 1998, le niveau d'eau du fleuve de la Volta a décliné en deçà du niveau nécessaire à la production de l'énergie hydroélectrique, engendrant des coupures électriques intempestives (IUCN-BRAO, 2004). Par conséquent, il se pose au Ghana des inquiétudes par rapport à l'utilisation accrue des eaux en amont du Lac Volta qui menace le fonctionnement des unités hydroélectriques en aval du lac. Le second facteur conduisant à une forte pression sur les ressources hydriques du bassin est la diminution des précipitations annuelles, particulièrement dans les années 1970 et 1980, qui ont provoquées une baisse du débit du fleuve dans la partie centrale et basse du bassin (Gyau-Boakye et Tumbulto, 2000). Une diminution des précipitations et une irrégularité dans le temps des pluies annuelles rendent les cultures sèches beaucoup plus difficiles (en particulier dans la partie nord au climat semi-aride du bassin), entraînant ainsi une forte demande de nouvelles retenues agricoles.

D'autres sources de préoccupations hydrologiques du Bassin du Fleuve de la Volta sont (IUCN-BRAO, 2004) :

- Une suspicion sur la qualité de l'eau du fleuve.
- Un accroissement de la prolifération des herbes aquatiques, particulièrement dans les parties inférieures du bassin.
- Les inondations au nord du Ghana sont quelques fois liées au lâcher des crues par l'ouverture des vannes des barrages du Burkina Faso. Elles ont causé la perte de vies humaines dans les années 1994/5. Actuellement, l'ouverture des vannes du plus grand barrage du Burkina Faso (Bagré) affecte seulement les terres cultivables car il existe un système d'alerte sur les crues mis en place entre le Burkina Faso et le Ghana.



Faso sont respectivement, le WRC (Commission des Ressources en Eau) du Ghana et la DGRH (Direction Générale de l'Inventaire des Ressources Hydrauliques du Burkina Faso). Une composante majeure du Projet PAGEV est l'établissement d'une Base de Données d'Aide à la Décision. Les principaux objectifs de cette composante sont :

- Mettre en commun et partager les connaissances scientifiques disponibles sur le statut et les dynamiques de la quantité et la qualité de l'eau dans les Systèmes du Bassin du Fleuve Volta;
- Développer des options de gestion des eaux selon des scénarios de la disponibilité et de la demande d'eau dans le Bassin de la Volta.

### 1.3 Objectifs et termes de référence

Un Audit est une évaluation de la disponibilité et de la demande actuelles et anticipées en eau. Le présent rapport est une étude préliminaire pour la préparation d'un audit hydraulique en déterminant les données disponibles et manquantes nécessaires à la réalisation du travail et une proposition de programme de travail étape par étape de comment conduire l'audit. Le Projet PAGEV a commandité l'étude avec les objectifs suivants: conduire un audit préliminaire des ressources en eau du Bassin de la Volta, en établissant une base pour l'identification et la définition des TDR pour un audit des eaux du bassin et évaluer les impacts des plans d'eau existants et prévus, de la variabilité climatique, etc., et également compléter les informations manquantes identifiées. En termes pratiques, cet exercice (évaluation préliminaire de l'audit de l'eau) fournira un cadre pour compiler et améliorer les informations/connaissances existantes sur la disponibilité, la qualité et la demande en eau en mettant l'accent sur les ressources en eau du Bassin que partagent le Ghana et le Burkina Faso. Le chronogramme figure en Annexe 3. Les termes de références sont modestes en termes de temps. (10 jours ouvrables) et de budget, et l'étude sera menée essentiellement sur la base des sources de données existantes, des articles et discussions avec les experts intervenant dans le Bassin.

L'accent est mis sur les eaux de surface et les activités pour cette évaluation consisteront à :

1. Effectuer un premier inventaire des données existantes sur les eaux de surface (quantité et qualité) et les réseaux de prélèvements existants dans les sous bassins cibles de la Volta à partir de la littérature/documentation existante.
2. Compiler (sur la base des rapports et publications disponibles), les informations hydrologiques sur la disponibilité et la demande actuelles en eau en rapport avec les sous bassins.
3. Visiter le bassin et évaluer l'état du système de réseau hydrométrique du bassin dans sa totalité et spécifiquement la portion du bassin que partagent le Burkina Faso et le Ghana.
4. Evaluer l'adéquation des données existantes et le réseau de collecte de données pour un audit des eaux, et pour le développement de scénarios de gestion des eaux pour faire face aux tendances de la demande et de la disponibilité en eau ainsi que de la planification en générale des ressources en eau.
5. Mener des interviews de personnes et institutions clés appropriées du Burkina-Faso et du Ghana, dont les agences chargées de la gestion des ressources en eau et de l'environnement en vue d'identifier les institutions de recherche, les bureaux de consultations et d'experts en particulier au Ghana et au Burkina Faso ou dans la sous région Ouest Africaine qui pourront être intéressés par une étude sur les eaux
6. Préparer le mandat (termes de référence) de l'étude et les TDR de consultation pour conduire l'audit sur l'eau.
7. Proposer un budget estimatif de l'audit des ressources en eau du Bassin
8. Apporter un appui-conseil si nécessaire sur les conditions en termes d'investissements supplémentaires visant à améliorer la qualité des données hydrométriques et l'harmonisation des systèmes de collecte de données dans les pays riverains.

### 1.4 Plan du rapport

Le Chapitre 2 présente des informations sur la disponibilité de l'eau, sur les données hydrométriques actuelles et futures du fleuve. Les caractéristiques hydrologiques du fleuve du bassin et le réseau hydrométrique y sont également abordés. Le Chapitre 2 poursuit avec l'aspect de la demande en eau de l'audit; il présente les utilisations actuelles et futures de l'eau. La section finale du chapitre traite de la qualité des eaux de surface. Les chapitres 3 et 4 offrent une brève description des eaux souterraines et des précipitations dans le bassin de la Volta. Le chapitre 5 propose une méthodologie de travail pour l'étude des eaux de surface. En outre, les consultants qui seront retenus pour prendre part à l'audit y sont présentés. La dernière section du chapitre 5 propose une méthode de travail d'étude de la qualité des eaux de surface dans le Bassin. Le Chapitre 6 comprend les conclusions et les recommandations. Un CD-ROM est également soumis avec le présent rapport et contient les données suivantes : la carte SIG préparée dans le cadre de la présente étude (Figure 1), les rapports et documents obtenus en version électronique (digital format) et toutes les informations électroniques obtenues du Projet GLOWA Volta, les données hydrométriques du fleuve du GRDC ainsi que les fichiers sur les données hydrométriques du fleuve, les précipitations et l'évaporation dans le Bassin.



## 2 Les eaux de surface

### 2.1 Les débits du fleuve

#### 2.1.1 Les données hydrométriques du fleuve

Un aperçu des stations hydrométriques du fleuve dans le Bassin du Fleuve Volta et les informations relatives à la disponibilité des données sont présentées en Annexe 1; tandis que la Figure 1 représente une carte des organisations gouvernementales. Toutefois, un certain nombre d'ONG ont effectué un suivi des données hydrométriques du fleuve (ou ont prévu de le faire) tandis que d'autres disposent d'une base de données hydrométriques. En outre, il convient de mentionner que le Projet GLOWAN-Volta dispose d'une carte SIG des cours d'eau et affluents (inclus dans le CD).

Les organisations gouvernementales suivantes sont chargées du suivi des données hydrométriques du bassin fluvial :

- La Direction Générale de l'Inventaire des Ressources Hydrauliques ou Le Service Hydrologique National du Burkina Faso (DGIRH) a collecté en 2004 des données hydrométriques quotidiennes de 43 stations. (MAHRH, 2004). Les données hydrométriques du fleuve sont disponibles dans la base de données numérique (HYDROM 3.2, sous DOS). Dans le cadre de ce rapport d'étude nous avons reçu un fichier des données disponibles dans la base de données HYDROM (ci-inclus dans le CD). Malheureusement, toutes les données antérieures n'y sont pas répertoriées (<1995) (par exemple, celles de Wayen). Ce constat a également été fait par Kam (2002). Le tableau des données hydrométriques (Annexe 1a) des différentes stations hydrométriques du Burkina Faso est par conséquent basé sur celles de Kam (2002). La banque de données, HYDROM peut être mise sous format ASCII et est par conséquent facilement accessible pour l'usage d'Excel. Les données peuvent être obtenues à prix forfaitaire (par exemple les données mensuelles sur un an coûtent ~500 CFA). Il n'existe pas d'accord spécifique entre la DGIRH et le WRC ou la HSD (Ghana) pour l'échange de ces données, cependant la DGIRH est très ouverte à une telle possibilité (probablement pour un certain coût). Les données peuvent également être mises à la disposition du PAGEV pour son Audit des eaux (sans frais, la DGIRH étant un partenaire du projet). La DGIRH a indiqué que les courbes de tarage sur certains sites ne sont pas stables. Seules les hauteurs d'eau sont disponibles pour ces sites.
- La Division des Services Hydrologiques (DSH), du Ministère des Travaux Publics et de l'Habitat et membre du WRC au Ghana, collecte les données hydrométriques journalières de près de 60 stations (cf. Annexe 1b). Toutes les données hydrométriques du fleuve sont numériques. Un contrôle de qualité de ces données est en cours. Près de 60% de ces données ont été vérifiées ; il pourrait être difficile d'obtenir les autres 40% dont la qualité n'a pas encore été vérifiée. Le WRC a obtenu une partie des données hydrométriques de la Volta Blanche avec la DSH. Les données sont disponibles sous Access et les données hydrométriques du fleuve sont elles-mêmes stockées dans une base de données numérique. (HYDATA 4.2, 2001). Les données sont accessibles sous format ASCII. Généralement, les données sont obtenues contre paiement d'une certaine somme non fixée. La DSH a également déclaré ne pas partager présentement ses données avec la DGIRH mais a exprimé son désir de le faire (probablement à un certain coût).
- SONABEL (Société Nationale d'électricité du Burkina) enregistre les données pour les barrages de Bagré et de Kompienga : débits entrants et sortants, l'évaporation et les prélèvements pour le projet d'irrigation de Bagré. Depuis la construction de ces barrages, les données mensuelles ont été publiées dans les différents rapports annuels. Les données peuvent être obtenues facilement à la SONABEL (pour la présente étude, ce sont les données de 2003 et 2004 qui ont été considérées, ci-incluses dans le CD). SONABEL dispose d'un système satellitaire (Immarsat-C) de prévention mis en place le long des 5 sites du sous-bassin de la Volta Blanche en amont du barrage de Bagré (Wayen, Komtoega, Sanogo, Niaggo, Kaibo Sud). Le système transmet une alerte aux opérateurs du barrage de Bagré lorsque le niveau de l'eau dépasse un seuil pouvant conduire à des inondations. Le système est très coûteux et n'est pas utilisé par conséquent pour la surveillance régulière du niveau de l'eau.
- L'autorité du Bassin du Fleuve de la Volta (VRA, Ghana) dispose d'informations sur l'ouverture des vannes (périodes d'irrigation) du barrage d'Akosombo .
- Le Projet de Lutte contre l'Onchocercose (OCP, Ghana) mis en oeuvre par l'OMS, a collecté plusieurs données relatives aux débits du fleuve au Ghana de 1975 à 1995 (Giesen et al, 2001). Les données hydrométriques ont été compilées par le Projet OCP et sont contenues dans la base de données de la DSH (DSH).

- Le Projet Volta-HYCOS (OMM) planifie une collecte de données hydrologiques en temps presque réel (telles que les débits du fleuve) du Bassin du Fleuve de la Volta. Le projet sera exécuté par l'EIER (L'Ecole Inter-Etats des Ingénieurs de l'Hydraulique et de l'Equipement Rural) et l'Institut de Développement Rural (IRD) au Burkina Faso (contacts: Michel Gautier, [gautier@hydro.ird.bf](mailto:gautier@hydro.ird.bf), Emmanuel Patruel). Des tests de mesures sont actuellement en cours d'exécution et les premières stations seront (re) installées en 2005. Les sites de suivi des données hydrométriques ne sont pas encore identifiés. Selon ZEF (2002) le nombre total des stations hydrométriques de Volta-HYCOS dans tout le bassin seront 25.

Les ONG disposant d'une base de données hydrométriques du fleuve sont :

- Le Centre de Données Globales de Ruissellement (Global Runoff Data Centre, GRDC) possède des données mensuelles et quelquefois journalières des débits pour 52 stations du Bassin de la Volta. Pour la plupart des stations, la période pour laquelle les données sont disponibles ne va pas au-delà des années 1980. Un résumé des données du GRDC est présenté en Annexe 1c. La banque de données complète est disponible sur le CD (veuillez suivre les conditions d'utilisation du GRDC, figurant sur le CD).
- Le Centre régional AGRYMET (Niamey, Niger) dispose d'une base régionale de données hydrologiques pour l'Afrique de l'Ouest. Elle contient des données hydrométriques de 522 stations. Cependant, il n'est pas tout à fait clair si le centre dispose ou pas de données sur les débits du Bassin de la Volta (Ma requête par e-mail est restée sans réponse).
- L'institut de Recherche pour le Développement (IRD) dispose d'une base de données sur les données hydrométriques quotidiennes pour le Burkina Faso. Le contenu de cette base n'est pas très bien connu mais comprend néanmoins les données hydrométriques journalières (1965-1998) de Wayen sur la Volta Blanche (station 27, Figure 1) pour la période couvrant 1965 à 1998 (Mahe et al., 2005). On peut trouver une grande partie des données anciennes de l'IRD sur les données hydrométriques et les courbes de tarage de plusieurs stations de tout le bassin à l'Orstom (1977, document disponible dans la bibliothèque de l'IUCN-BRAO).

### 2.1.2 Observations sur les données hydrométriques du fleuve et le réseau hydrométrique

Les observations suivantes ont été faites sur les stations hydrométriques et leurs données sur le bassin:

- Il existe un très grand nombre de stations dans le bassin (plus de 200) stations: ne fonctionnent plus, sont situées sur des affluents relativement petits, disposent de données des côtes de l'eau (sans courbe de tarage fiable), ont uniquement des données pour une période de deux ans avec pleins de données manquantes. C'est une forêt dans laquelle on se perd facilement. Pour cet audit des eaux, il est par conséquent recommandé de mettre l'accent sur un nombre limité de stations hydrométriques clés (20 à 30) dans le bassin.
- Pour le moment, la majeure partie des données d'écoulement directement accessibles sont mensuelles (GRDC, Ostrom, 1977).
- La DGIRH a fait de grands efforts et mis du temps pour réorganiser et prendre en compte la révision des courbes de tarage dans leurs bases de données (Kam, 2002). Les bases de données pour le Burkina Faso (Annexe 1a), provenant de ce rapport, sont très élaborées (incluent les coordonnées, les années de validité de ces données, etc.). Les informations disponibles dans les fichiers du Ghana (Annexe 1c) sont limitées.
- Le réseau hydrométrique du Burkina Faso comporte deux faiblesses (MAHRH, 2004): 1) bon nombre de stations ne disposent que de données de hauteur d'eau, les courbes de tarage fiables n'étant pas disponibles ; 2) un nombre croissant de stations est menacé par les modifications intervenant dans le fleuve (par exemple, les barrages) qui perturbent les mesures.
- Aucun ou très peu de stations dans la partie ghanéenne de la Volta Blanche disposent de données de débits mises à jour. Toutefois, les hauteurs d'eau ont été relevées et collectées. Le processus d'application de nouvelles prises de mesure des débits, d'établissement de tarage et de calcul des débits est actuellement mis en œuvre (NIRAS, 2004).
- Lors d'une visite de terrain, 14 stations hydrométriques du Bassin de la Volta Blanche ont été visitées. Plusieurs de ces stations reçoivent des visites fréquentes et bénéficient d'une maintenance et d'une réparation appropriées et régulières. Par exemple, la majeure partie des limnigraphes automatiques ne fonctionnaient pas au moment de la visite (NIRAS, 2004).
- C'est encourageant que malgré le fait que la plupart des stations limnigraphiques automatiques fonctionnent mal, il existe des lecteurs d'échelle pour palier à cette difficulté. Il est cependant recommandé que des organisations appropriées renforcent les capacités des lecteurs d'échelles de sorte à motiver et améliorer l'exécution de leurs tâches en les payant par exemple à temps ou en les dotant de bicyclettes s'ils habitent loin de leurs échelles limnimétriques et en leur communiquant leurs résultats sur le site (limnigramme annuel).

- Récemment, plusieurs activités bénéficiant de l'appui des bailleurs (FFEM à travers Volta-Hycos dans tout le bassin, DANIDA au Ghana, la France à travers l'IRD au Burkina Faso) ont été entreprises pour redynamiser le réseau hydrométrique. Par conséquent, l'Audit préliminaire des eaux recommande de ne pas entreprendre des mesures de débits du fleuve mais d'utiliser les bases de données existantes.
- En vue d'une utilisation optimale des ressources limitées allouées à la maintenance du réseau hydrométrique, il est recommandé que les principales stations du bassin (tout au plus 20) qui nécessitent un suivi soient identifiées afin d'avoir un aperçu global des ressources en eaux de surface disponibles du bassin. Ceci peut être effectué en comparant les données de diverses stations hydrométriques le long du bassin. Par exemple, s'il existe une étroite corrélation entre des stations en amont et en aval, du fait des ressources limitées, les mesures de (débits) d'une des stations peuvent être temporisées. Ce procédé est appelé optimisation du réseau hydrométrique. Ceci n'implique pas que les prises de débits aux stations "secondaires" soient complètement arrêtées car les débits peuvent varier à tout moment du fait, par exemple, du changement de l'occupation des sols ou de la construction d'un barrage. Le Burkina Faso a déjà proposé une classification des stations par ordre de priorité dans sa partie du Bassin de la Volta (MAHRH, 2004; Tableaux 4 et 5). En ce qui concerne la Volta Blanche au Ghana, une liste de postes prioritaires a également été établie (NIRAS, 2004).
- Le partage des données hydrométriques n'est pas effectif entre le Burkina Faso (DGIRH) et le Ghana (HSD). Les bases de données des deux institutions peuvent être accessibles sous format ASCII, qui peut être manipulé dans Ms-Excel en un autre format désiré. En outre, les personnes interviewées des deux organisations ont montré une attitude positive quant au partage des données (des négociations en ce qui concerne les finances requises). Par conséquent, le Projet PAGEV a de bonnes opportunités pour jouer le rôle de facilitateur dans le partage des données.

## **2.1.2 Débits actuels du fleuve**

### **2.1.2.1 Caractéristiques du fleuve**

Un aperçu des ressources en eaux de surface du bassin est présenté dans le tableau 1. Le tableau est basé sur les données obtenues du GRDC (Annexe 1c) et montre de fortes variations des débits annuels de ruissellement (disponibilité de l'eau) dans le Bassin de la Volta. Le ruissellement moyen des précipitations annuelles (Andreini et al., 2002) est de 9% (données 1936-96). Le débit du Lac Volta dans le Bassin supérieur de la Volta donne deux saisons distinctes, l'une humide (mi-mai à début novembre) et l'autre sèche (mi-novembre à début mai). Les valeurs moyennes de l'historique des écoulements (1937-63, avant la fermeture du barrage d'Akosombo) à Senchi, juste avant que le Fleuve Volta ne se déverse dans l'Océan Atlantique, était de  $\sim 40 \cdot 10^9 \text{ m}^3/\text{an}$ .

**Tableau 1 : Aperçu des ressources annuelles en eaux de surface du Bassin du Fleuve de la Volta**

Sous bassin	Station hydrométrique	No.#	Superficie du bassin versant 10 <sup>3</sup> km <sup>2</sup>	Période	No. années	Débit moyen Annuel		Ecart type [10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ]	Débit Minimum (an) [10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ]	Débit Maximum (an) [10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ]	Période de débit prédominant
						[10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ]	[mm]				
Volta Noire	Nwokuy (BF)	6	15	1957-88	31	814	55	358	157 (1984)	1,616 (1970)	Permanent : période de crête sept/oct
	Boromo (BF)	10	48	1956-90	32	1,036	22	413	145 (1984)	1,727 (1958)	
	Dapola (BF)	15	67	1952-90	36	3,133	47	1,375	854 (1984)	6,307 (1952)	
	Bamboi (Gh)	19	134	1951-73	23	8,402	63	3,686	3,361 (1972)	16,853 (1963)	
Volta Rouge	Nangodi (Gh)	33	12	1958-73	16	727	63	320	205 (1972)	1,348 (1964)	Saisonnier: juin- oct.
Volta Blanche	Wayen (BF)	27	21	1955-87	24	230	11	151	66 (1966)	602 (1974)	Saisonnier : mai - nov. Saisonnier: période crête, sept.
	Bagré (BF)	31	33	1974-90	13	995	30	573	279 (1984)	2,087 (1974)	
	Pwalagu (Gh)	34	63	1951-73	23	3,948	62	1,472	1,495 (1972)	6,481 (1957)	
	Nawuni (Gh)	38	93	1954-73	20	7,694	83	2,269	2,200 (1972)	11,881 (1963)	
Oti	Tagou/Kompienga (BF)	39	6	1980-87	8	290	51	131	108 (1984)	523 (1985)	Saisonnier: juin - sept.
	Mango (Tg)	45	36	1954-73	19	4,330	121	1,805	1,790 (1953)	7,776 (1956)	Saisonnier: juin – déc.
	Sabari (Gh)	49	59	1960-73	14	11,247	192	4,229	5,934 (1972)	18,115 (1963)	Saisonnier: période crête, sept.
Lower Volta	Senchi (Gh)	52	394	1937-63*	24	40,010	102	18,965	11,308 (1958)	94,453 (1963)	Saisonnier: période crête, oct.

\* période antérieure à la fermeture du Barrage d'Akosombo

# localisation des stations hydrométriques sur la Figure 1

\*\* Moyenne à Boromo de GRDC (37 10<sup>3</sup>km<sup>2</sup>) et Shanin, 2002 (58 10<sup>3</sup>km<sup>2</sup>)

Selon les données sur les débits du fleuve de GRDC

Les quatre sous-bassins sont décrits ci-dessous (Figure 1).

La Volta Blanche ou le Fleuve Nakanbé. La contribution du sous-bassin de la Volta Blanche représente environ 23% du débit annuel du Lac de la Volta (Andreini et al., 2000). Le relief dans la plus grande partie de la Volta Blanche est relativement plat avec quelques collines à pente douce (<100 m) en amont et une très grande plaine inondable encerclée de collines (jusqu'à 500 m) en aval du sous bassin. En amont, le fleuve coule uniquement en saison humide (juillet à mi-octobre). En aval de Bagré, l'ouverture des vannes du Barrage de Bagré (ouvrage hydroélectrique 2, Figure 1) au Burkina Faso influence le débit du fleuve

La Volta Noire ou le Fleuve Mouhoun. Le sous-bassin de la Volta Noire contribue à environ 23% du débit annuel du Lac de la Volta (Andreini et al., 2000; Shanin, 2002). La Volta Noire est le seul sous bassin qui n'abrite même pas de petits barrages à plus forte raison de grands barrages. Le fleuve est pérenne tout le long de l'année. Dans la partie comportant des petites collines en aval de la Volta Noire, près de Bobo Dioulasso (Burkina Faso, Figure 1), le fleuve coule vers le nord, par opposition à la direction générale du cours du bassin. Le fleuve a (fait) une courbe de 180° où il rencontre le fleuve Sourou dans la dépression située au nord-sud. Cette dépression fait couler les vagues du fleuve et retient la plupart de ses sédiments (Shanin, 2002). Le faible débit de ruissellement à Boromo (22 mm, station 10, Figure 1) comparé à celui de la station en amont (Nwokuy, 55 mm) peut être attribué au parcours des eaux dans la dépression et la faible pente dans la zone (Shanin, 2002). A la frontière du Ghana et de la Côte d'Ivoire, le fleuve coule du nord au sud à travers une vallée entourée de collines (jusqu'à 500 m de hauteur). A Buiou, Ghana, la Volta Noire passe par une gorge. La construction d'un barrage (Barrage de Bui) a démarré sur ce site et a atteint un stade assez avancé. (ouvrage hydroélectrique prévu 1, Figure 1) mais la construction est actuellement arrêtée (IUCN-BRAO, 2004).

L'Oti. La contribution du sous-bassin d'Oti (seulement 18% de la superficie totale du bassin), représente entre 35 et 40% du débit annuel du Lac de la Volta (Gyau-Boakye et Tumbulto, 2000; Andreini et al., 2000). Ceci est dû au bassin versant du Fleuve Oti qui est la zone la plus montagneuse avec beaucoup de collines (>900 m) dans toute la zone du Bassin Volta. Le Fleuve Oti coule toute l'année en résultat des débits réguliers du Barrage de la Kompienga au Burkina Faso (ouvrage hydroélectrique 3, Figure 1).

La basse Volta. La Basse Volta est composée de petits affluents du Lac de la Volta et du Fleuve de la Volta en aval du lac. Les petits affluents contribuent pour 17% du débit annuel du Lac de la Volta (Andreini et al., 2000). Certains des collines entourant le lac d'où les affluents prennent leur source dépassent 800 m de haut. Le Fleuve passe par une gorge étroite à environ 100 km avant de se déverser dans l'Océan Atlantique. Le Barrage d'Akosombo a été construit sur le site en 1964. Le barrage a réduit la variation saisonnière et interannuelle du débit à l'aval du Fleuve de la Volta (Senchi, station n. 52) et la charge en sédiments.

### 2.1.2.2 Influences sur le débit du fleuve

Il existe trois principaux facteurs influençant le débit du fleuve dans le bassin à savoir: les précipitations, les changements dans l'occupation des terres et l'utilisation des eaux.

Précipitations. Les études du bilan d'eau du Bassin du Fleuve de la Volta indique une réponse non linéaire du débit du fleuve aux précipitations annuelles. La réponse non linéaire signifie que jusqu'à ce que la moyenne pluviométrique atteigne un certain seuil (~343 mm) la grande partie des eaux de pluie mouillent le sol et rechargent la nappe d'eau souterraine. Au-delà de ce seuil, plus de la moitié des eaux de pluie ruisselle et constitue les écoulements (Andreini, 2000; Giesen et al. 2001; Friesen et al. 2005). La relation non – linéaire veut dire également que le débit du fleuve est très sensible aux variations climatiques. Entre les années 1950-70 et 1971-90, par exemple, en raison de la diminution des précipitations, le ruissellement moyen annuel de la Volta Blanche et de l'Oti a baissé respectivement de 23.1% et 32.5%, (Gyau-Boakye et Tumlutu, 2000).

Changements dans l'utilisation des terres. Entre les années 1955/65-70 et 1972-98, en amont de la Volta Blanche au Burkina Faso, (Nakambé) à Wayen (station 27), le débit moyen du fleuve a augmenté de 108 % en dépit d'une baisse des précipitations et une augmentation du nombre des barrages. Cette augmentation était la plus élevée au cours de la première partie de la saison pluvieuse (juillet et août) et était due à une réduction de la Capacité de Rétention d'Eau du sol suite aux changements de l'occupation des sols. Ces changements concernaient : l'augmentation des terres cultivables, l'augmentation des zones de terrains nus et une diminution des zones de végétation naturelle (Mahe et al., 2003 et 2005a). Dans la partie Sahélienne de l'Afrique de l'Ouest, le débit de ruissellement s'accroît malgré une diminution des précipitations dans la zone au nord de l'isohyète 700 mm. Au sud de l'isohyète 700, le débit du fleuve varie en fonction des précipitations (Mahe et al., 2003 and 2005b). Hors du Bassin de la Volta, aux environs du Niger, des changements similaires dans l'occupation des sols sont liés à une élévation à long terme du niveau statique des eaux souterraines du fait de l'accroissement de la recharge de la nappe souterraine. (Luduc et al., 2001).

Utilisations de l'eau. Il est prévu une augmentation du nombre des barrages et le stockage en eaux de surface va engendrer l'accroissement de l'évaporation et une baisse du débit du fleuve. Toutefois, entre les périodes de 1966-80 et 1981-95 le débit moyen du fleuve globalement n'a pas subi de modification hydrologique (exceptées les variations pluviométriques). Cela est partiellement dû au fait que les changements dans l'occupation des sols et l'augmentation des surfaces d'eaux utilisées sont d'impacts humains avec des effets contraires sur le débit du bassin (Friesen et al, 2005).

Il convient de mener des investigations sur deux aspects que sont :

- Comment le débit du fleuve dans la partie en amont de la Volta Noire (nord de l'isohyète 700 ) réagit aux changements dans l'occupation des sols?
- Comment les inondations dans la partie nord du Ghana (IUCN-BRAO, 2004) sont –elles liées aux débits élevés que reçoit en amont le Barrage de Bagré au Burkina Faso (station hydroélectrique 2, Figure 1) suite aux changements dans l'occupation des terres dans la partie amont de la Volta Blanche (Nakambé) ?

### 2.1.3 Prévisions de débits du fleuve

Kunstmann et Jung (2005) ont étudié l'impact des scénarios de changement global du climat sur les ressources en eau du Bassin de la Volta. Les principaux scénarios théoriques dans l'article supposent une augmentation annuelle de 1% du gaz atmosphérique (quantité de CO<sub>2</sub> à partir de 1990 CO<sub>2</sub>-content commencing in 1990). L'impact prévu de ce scénario est une augmentation de 5% des précipitations annuelles mais également une baisse significative des précipitations lors de la transition de la saison sèche à la saison pluvieuse. En conséquence, la saison pluvieuse sera plus courte et on prévoit un accroissement du débit annuel moyen de ruissellement de 18%. Un tel accroissement suite à une augmentation légère des précipitations est dû à la réaction non linéaire du débit du fleuve aux variations pluviométriques ci-dessus décrites (Section 2.1.2.2). De plus, une augmentation de la température est prévue, en particulier dans la partie nord du bassin. Une augmentation de la température provoquerait une grande évaporation des retenues. De même, Andah et al. (2003) ont prévu quatre différents scénarios de changement climatique global sur le débit du fleuve. Pour chacun de ces scénarios climatiques, un accroissement du débit annuel moyen du fleuve est prévu (allant de 13 à 34%). La variabilité du débit du fleuve augmentera également. Selon le rapport, l'accroissement du débit de ruissellement compense l'excédent d'eau utilisée pour la pratique de l'irrigation.

Comme conclusion, le rapport déconseille de se fier entièrement sur l'hydroélectricité (énergie hydrologique) du fait qu'il existera toujours des périodes régulières au cours desquelles le niveau de l'eau dans les retenues sera trop bas pour produire l'énergie hydroélectrique. Il suggère que les prévisions ci-dessus mentionnées ne soient pas considérées dans leurs valeurs absolues étant donné que des calculs antérieurs (Opoku-Ankomah, 2000 cité en GEF 2002) prévoient une réduction de 16% et 37% du débit de ruissellement dans le Bassin de la Volta (sur la base d'un Modèle Global Climatique) d'ici 2020 et 2050 respectivement.

Le Projet GLOWA Volta (Phase 2, Sous Projet A1) essaie d'estimer comment les variations climatiques vont évoluer dans le Bassin de la Volta du fait des changements climatiques à l'échelle mondiale et de l'occupation des terres à l'échelle régionale. Des prévisions font également état du changement possible de l'équilibre entre les ressources en eaux de surface et souterraines (ZEF, 2002). L'EIER travaille actuellement sur l'impact des changements climatiques sur le débit de la Volta Blanche au Burkina Faso (contacts: Hamma Yacouba et Harouna Karambiri).

## **2.2 Utilisations des eaux de surface**

### **2.2.1 Données sur l'utilisation des eaux de surface**

Les organisations gouvernementales suivantes ont la charge d'estimer les différents usages des eaux de surface :

- Le WRC pour le Ghana (VRA pour l'hydroélectricité, IDA pour l'irrigation, GWCL pour l'approvisionnement en eau urbaine à usage domestique et industriel, le CWSA pour l'approvisionnement en milieu rural).
- Ministère de l'Agriculture au Burkina Faso pour l'irrigation.
- Maîtrise d'Ouvrage de Bagré (MOB) pour l'utilisation des eaux pour l'agriculture par le Barrage au Burkina Faso.
- Société Nationale d'électricité du Burkina (SONABEL) pour l'approvisionnement en énergie hydroélectrique au Burkina Faso.
- Office National de l'Eau et de l'Assainissement (ONEA) pour l'approvisionnement en eau à usages domestiques et industriels au Burkina Faso.
- Ministère de l'Agriculture au Ghana et le Ministère de l'Élevage au Burkina Faso disposent de données sur l'élevage.
- DGIRH dispose d'informations sur les eaux de surface de toutes les principales retenues au Burkina Faso.

Les ONG ci-après disposent d'informations sur les différentes utilisations des eaux de surface :

- Le Projet GLOWA-Volta (Liebe, 2002) a localisé les réservoirs au nord du Ghana et au sud du Burkina Faso. Le projet a également des données sur les surfaces de ces retenues d'eaux.
- L'EIER possède un inventaire des petits barrages et leurs spécificités (volume, niveau d'eau et quelques fois les débits et les prélèvements au Burkina Faso. Les données peuvent être exploitées pour l'audit sur les eaux (l'EIER et le Projet GLOWA-Volta sont en interaction à travers M. Bruno Barbier basé à l'EIER). Cette base de données doit probablement être la même que celle de la DGIRH.
- Le rapport du GEF (2002) donne des tableaux (pages 41-42) sur les demandes en eau actuelles et futures dans le bassin, par pays riverain et par secteur d'utilisation de l'eau.
- L'institut de Recherche pour le Développement (IRD) a calculé l'évapotranspiration d'une grande partie du Burkina Faso sur la période couvrant 1950-97 pour une grille de 0.5° x 0.5° (Ouedraogo et al., 2001). Ces données sont très utiles pour l'estimation de l'évaporation des retenues d'eau dans la région.
- Le Projet "Volta Challenge Project" pourrait contribuer en mettant à disposition les estimations des quantités d'eau utilisées pour chaque type de culture dans le bassin.

## 2.2.2 Analyse des utilisations des eaux de surface

### 2.2.2.1 Utilisations actuelles des eaux de surface

Les Tableau 2, Tableau 3, Tableau 4 et Tableau 5 présentent un aperçu des principales utilisations des eaux de surface dans le Bassin du Fleuve de la Volta Blanche, de l'Oti et dans la Basse Volta. Les usages anthropogéniques prédominants des eaux du Bassin de la Volta Basin sont : les eaux destinées aux petits réservoirs en amont du Bassin et la production de l'hydroélectricité en aval du Bassin.

**Tableau 2 : Aperçu des principales utilisations des eaux de surface dans le Sous – bassin de la Volta Blanche.**

Sites	Pays	Type d'utilisation	Références avec informations sur les quantités
Petits barrages et réservoirs	BF, GH	agriculture, élevage, usage domestique	Vescovi et al. (2002); Giesen et al. (2002); Mahe et al. (2005); GLOWA-Volta, IRD
Barrage de Goinré	BF	Approvisionnement en eau potable en milieu urbain à Ouahigouya, 0.07 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /an (2002)	ONEA
Barrages de Ouagadougou 1,2 & 3 (affluents de la Volta Blanche)	BF	Approvisionnement en eau potable (Ouagadougou), 5.2 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /an (2004)	ONEA
Barrage de Ziga	BF	Approvisionnement en eau potable (Ouagadougou), achevé en novembre 2004, surface de 72 km <sup>2</sup>	ONEA
Barrage de Loumbila (Fleuve Massilli, un affluent)	BF	Approvisionnement en eau potable (Ouagadougou), 13.9 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /an (2004)	ONEA
Barrage d'Itengué (affluent de la Volta Blanche)	BF	Approvisionnement en eau potable (Koupela & Pouytenga), 0.59 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /an (2004)	ONEA
Barrage de Bagré	BF	Production d'énergie hydroélectrique : 16 MW, surface de 255 km <sup>2</sup> ; irrigation: 600 ha (1999) et expansion à 2,100 ha (juin 2006, principalement le riz)	Berger et al. (2001); MOB (irrigation); SONABEL & DANIDA (2001) (hydroélectricité)
Barrage de Veia (affluent de la Volta Blanche)	GH	Irrigation, 1000 ha; approvisionnement en eau potable **; pénuries d'eau fréquentes (CSIR, 2000)	IDA
Tono dam (tributary to White Volta)	GH	irrigation 2,500 ha; pénurie d'eau régulière (CSIR, 2000)	IDA
Tiogo Yarugu	GH	Irrigation, 138 ha, 2.4 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /an	IDA
Dinga (Diare)	GH	Irrigation, 115 ha, 1.5 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /an	IDA
Sogo	GH	Irrigation, 151 ha, 1.5 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /an	IDA
Dipali	GH	Irrigation, 148 ha, 1.5 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /an	IDA
Yapei	GH	Irrigation, 194 ha, 1.8 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /an	IDA
Barrage de Yendi (Fleuve Daka, un affluent)	GH	Prélèvement pour l'approvisionnement en eau potable, 0.40 (WRC) à 0.95 (GWCL) 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /an; pas d'eau en saison sèche (CSIR, 2000)	GWCL, WRC
Barrage de Saboba	GH	Prélèvement pour approvisionnement des petites zones urbaines	GWCL
Barrage de Bolgatanga (Fleuve Yaregantanga, un affluent)	GH	Prélèvement pour approvisionnement en eau potable en milieu urbain, 1.8 à 2.7 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /an et irrigation 450 ha (riz et légumes)	GWCL, WRC, IDA
Barrage de Tamala dam	GH	Prélèvement pour approvisionnement en eau potable en milieu urbain 7.1 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /an	GWCL, WRC

\* Capacités hydroélectriques basées sur les données de GLOWA-Volta sur CD et GEF (2002)

zones humides d'importance internationale, de Wetlands International, autres zones humides de GEF (2002)

\*\* Il existe un accord selon lequel les prélèvements d'eau pour l'irrigation cessent lorsque le niveau d'eau baisse jusqu'à un certain seuil (IDA).

**Tableau 3 : Aperçu des principales utilisations des eaux de surface dans le sous – bassin de la Volta Noire.**

Sites	Pays	Type d'utilisations*	Références avec informations sur les quantités
Petits barrages et réservoirs (nombre très inférieur à ceux de la Volta Blanche)	Mali, BF, CI, GH	agriculture, élevage, usage domestique	Vescovi et. al. (2002); Giesen at al. (2002); GLOWA-Volta, IRD
Bobo Dioulasso (eau provenant de sources)	BF	Approvisionnement en eau potable Bobo Dioulasso, $\sim 0.8 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$ (2004)	ONEA
Zone Bobo Dioulasso	BF	Petite irrigation avec les eaux de surface des fleuves et sources naturelles (pratiquement pas de réservoirs), Vallée du Kou: 1,260 ha (potentiel 2,300 ha)	GeEau, VREO
La Mare aux Hippopotames	BF	Ecologique, zone humide d'importance internationale ( $\sim 19 \text{ km}^2$ )	PAGEN?
Le Barrage de Sourou	BF	Irrigation, 5,000 ha (riz, maïs, légumes)	DGHA
Barrage de Salbisbogo	BF	Approvisionnement en eau potable en milieu urbain (Koudougou, $\sim 0.5 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{an}$ (2004)	ONEA
Tiogo (Ténado, eau provenant directement du fleuve)	BF	Approvisionnement en eau potable à Koudougou, $\sim 0.8 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{an}$ (2004)	ONEA
Poura (Eau pompée directement du fleuve)	BF	Approvisionnement en eau potable à Poura, $\sim 0.07 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{an}$ (2004)	ONEA
Parc National de Bui	GH	Ecologique	
Bagri	GH	Irrigation, 100 ha	IDA

\* 'zone humide d'importance internationale' de Wetlands International

**Tableau 4 : Aperçu des principales utilisations des eaux de surface du Sous – bassin d'Oti.**

Sites	Pays	Type d'utilisations*	Références avec informations les quantité
Petits barrages et réservoirs (nombre très inférieur à ceux de la Volta Blanche)	BF, GH Togo, Bénin	Agriculture, élevage, usage domestique	Vescovi et. al. (2002); Giesen at al. (2002); GLOWA-Volta, IRD
Barrage de la Kompienga	BF	Hydroélectricité : 14 MW; approvisionnement en eau potable à o Kompienga $0.06 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{an}$ (2004)	SONABEL; ONEA; DANIDA (2001)
? (nom inconnu)	Bénin	Energie Hydroélectrique : 15 MW	GEF (2002)
Parc National de la Keran	Togo	Ecologique, zone humide d'importance internationale, ( $\sim 163 \text{ km}^2$ )	

\* Capacités hydroélectriques basées sur les données de GLOWA-Volta disponibles sur CD et GEF (2002)  
 'zone humide d'importance internationale' de Wetlands International



**Tableau 5 : Aperçu des principales utilisations des eaux de surface dans le bassin inférieur de la Volta.**

Sites	Pays	Type d'utilisations*	Références contenant les informations sur les quantités
Hohoe (fleuve Dayi)	GH	Prélèvement d'eau pour l'approvisionnement en eau potable en milieu urbain, $0.8 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{an}$	GWCL, WRC
Kpeve (Lac Volta)	GH	pour l'approvisionnement en eau potable en milieu urbain, $3.3 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{an}$	GWCL, WRC
Tsito (Fleuve Wuve)	GH	Prélèvement pour l'approvisionnement en eau potable en milieu urbain, $0.08 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{an}$	GWCL, WRC
Lac Volta	GH	net-évaporation $7.7 \text{ km}^3/\text{an}^*$ , surface à un niveau d'approvisionnement à temps plein : $8,500 \text{ km}^2$	Andreini et al. (2000); Friesen et al. (2005); WRI, GLOWA-Volta, VRA
Barrage de Akosombo	GH	Hydroélectrique : 912 MW	Obeng-Asiedo (2004); VRA
Kpong	GH	Prélèvement d'eau pour l'approvisionnement en eau potable en milieu urbain (Est d'Accra), 62 (GWCL) à 77.5 (WRC) $10^6 \text{ m}^3/\text{an}$	GWCL, WRC
Barrage de Kpong	GH	Hydroélectricité (160 MW), irrigation sur rive droite, 4,000 ha, $\sim 44 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{an}$	Obeng-Asiedo (2004); IDA; VRA
Anum Boso	GH	Prélèvement d'eau Extraction pour l'approvisionnement en eau potable en milieu urbain, $0.08 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{an}$	GWCL, WRC
Busosat	GH	Prélèvement d'eau pour l'approvisionnement en eau potable en milieu urbain, $0.08 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{an}$	GWCL, WRC
Sege	GH	Prélèvement d'eau pour l'approvisionnement en eau potable en milieu urbain, $0.58 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{an}$	GWCL, WRC
Ada	GH	Faible prélèvement d'eau pour l'approvisionnement en eau potable en zone urbaine	GWCL, WRC
Complexe lagunaire d'Anlo-Keta lagoon	GH	Ecologie, zone humide d'importance internationale ( $\sim 128 \text{ km}^2$ )	

\* Evapotranspiration du Lac – partie des eaux de pluie recueillies dans le Lac et qui retournent dans l'atmosphère (Friesen et al. 2005)

La production de l'hydroélectricité exige une retenue pleine derrière le barrage. La création de tels plans d'eau cause une perte d'eau due à l'évapo(transpi)ration. Jusqu'ici, le plus grand barrage hydroélectrique du bassin (Barrage de Kpong sous le Lac Volta), est utilisé à des coûts exorbitants. La pression sur la production d'électricité est telle que l'Autorité du Fleuve Volta laisse beaucoup trop d'eau dans le barrage dans l'espoir que les pluies suivantes remplissent les réservoirs. Lorsque la pluviométrie n'est pas suffisamment bonne au cours d'une année comme ce fut le cas en 1997/98, il n'existe pas de solution secours et la production d'énergie hydroélectrique s'arrête (Andah, et al. 2003).

La majeure partie de l'irrigation dépendant des réservoirs ont lieu dans le sous – bassin de la Volta Blanche (Andah et al., 2003). Le Projet GLOWA-Volta (contacts: Mark Andreini et Jens Liebe, [www.smallreservoirs.org](http://www.smallreservoirs.org)) entreprend une évaluation des utilisations de l'eau des petits barrages au nord du Ghana et au sud du Burkina Faso. Grâce aux images satellitaires, ils identifient les réservoirs et les superficies qu'ils occupent dans la zone (Vescovi et al. (2002). A partir d'une étude de terrain étendue de 61 réservoirs, un rapport a été établi entre la superficie, la profondeur et le volume des réservoirs. Les pertes totales par évaporation sur les surfaces des réservoirs ont également été calculées (Liebe, 2002). Les utilisations des eaux de ces réservoirs (irrigation essentiellement) n'ont pas encore été estimées. Cependant, le Projet GLOWA Volta Phase 2 (sous projet W1) a juste entamé des travaux dans ce sens (ZEF 2002) et l'interprétation des images satellitaires est étendue à l'ensemble du Bassin de la Volta. Il conviendrait toutefois de confirmer la prise en compte de l'utilisation des eaux pour l'élevage dans la présente étude sur les Prélèvements d'eau dans les réservoirs (barrages).

L'utilisation des eaux de surface pour l'élevage est relativement faible. Néanmoins, elle doit être quantifiée du moment qu'il s'agit d'un usage important pratiqué par un nombre considérable de personnes en amont du bassin. DANIDA (2002) dans son rapport, fournit des estimations de l'utilisation par tête d'animal et l'utilisation de l'eau pour tout l'élevage au Burkina Faso (eaux souterraines et de surface cumulées). Le rapport offre également des estimations des quantités d'eau utilisées par hectare d'irrigation pour le Burkina Faso.

L'utilisation de l'eau par les projets d'irrigation (évaporation des barrages et irrigation) n'est surtout pas étudiée au Ghana. Il existe pourtant des données chiffrées (quantitatives) sur les superficies de terres irriguées et les types de cultures. Ces données, en plus de celles sur les surfaces des barrages et les taux d'évaporation peuvent être utilisées pour estimer la quantité d'eau utilisée par les projets de grande irrigation.

Dans la zone en amont de la Volta Noire (vers Bobo Dioulasso) l'irrigation intensive y est pratiquée à partir des eaux souterraines et de surface. Il n'y a pratiquement pas de barrages dans la zone dû au fait qu'il y a toujours de l'eau dans la Volta Noire toute l'année. Le Projet GeEau possède des informations sur la superficie des terres cultivées dans une petite partie du sous bassin de la Volta Noire (Kou). Le Projet VREO envisage conduire une évaluation sur l'utilisation de l'eau dans le sous bassin de la Volta Noire dans la partie du Burkina Faso, mais cette phase du projet ne débutera qu'en mai 2006.

Les plus grandes surfaces sur lesquelles l'eau est prélevée pour l'approvisionnement en eau potable en zone urbaine sont : Ouagadougou et la partie Est d'Accra. L'approvisionnement en eau potable de la ville de Ouagadougou dépend de plusieurs barrages sur trois sites: Ouagadougou (3 petits barrages), Loumbilla et Ziga. Du fait de la construction du Barrage de Ziga (novembre 2004), le prélèvement d'eau des trois petits barrages de Ouagadougou pour l'approvisionnement en eau prendra fin les deux ou trois prochaines années (ONEA).

Il n'existe pas d'importants prélèvements directs d'eau par les industries aussi bien au Ghana (GWCL) qu'au Burkina Faso (ONEA).

Les principales surfaces sur lesquelles l'eau est utilisée à usage écologique sont les zones humides. La superficie totale des surfaces destinées aux zones humides dans le bassin est estimée à 20,000 km<sup>2</sup> (Andah et al., 2003). Les zones humides les plus importantes sont énumérées au Tableau 8. La localisation des zones humides d'importance internationale est donnée au schéma 1. Les conditions de débits sanitaires des zones humides sont généralement définies sous formes d'hydrographes conformes autant que possible à la situation naturelle avant toute intervention humaine. Les conditions écologiques (inondations saisonnières) sont presque permanemment en conflit avec les débits turbinés des barrages hydroélectriques. La majorité des zones humides se trouvent dans la zone en amont du Bassin de la Volta et ne sont pas par conséquent affectées par l'ouverture des vannes sur les barrages hydroélectriques en aval du Fleuve (Barrages d'Akosombo et de Kpong). Néanmoins, dans le complexe de la lagune de Anlo-Keta lagoon (marécage 1, Schéma 1) en aval des deux grands barrages les inondations saisonnières sont devenues imprévisibles en raison des lâchers hydroélectriques des barrages. Et, la longueur de l'estuaire saumâtre a rétréci de 30 à moins de 5 km (Andah et al. 2003). Combinés à l'apport de sédiment, ces facteurs ont créé des conditions favorables à la prolifération des herbes aquatiques (Grove, 1985; Andah et al., 2003). Il convient de noter que dans la revue de littérature, les débits sanitaires requis les besoins écologique y sont rarement mentionnés. Même l'existence des zones humides et des sites Ramsar sont aisément passés sous silence dans les documents sur le Bassin de la Volta. Aucune donnée chiffrée n'est ressortie sur les exigences des débits environnementaux du fleuve (quantité et timing) dans le bassin. Il n'existe pas non plus d'études sur l'équilibre des eaux (de surface et souterraines) pour les zones humides.

### **2.2.2.2 Utilisations potentielles futures de l'eau**

Les zones potentiellement irrigables au Ghana sont multiples, plus d'un million d'hectares (FAO 1997 cité par Obeng-Asiedo, 2004). Cependant, le développement de l'irrigation au nord du Ghana, même s'il est cité fréquemment comme référence, n'a pas connu une grande priorité. Au Ghana, l'eau est plus généralement considérée comme source d'hydroénergie (Andreini, et al. 2002). Toutefois, l'Autorité du Développement de l'Irrigation (IDA) considère les barrages bénéfiques pour l'énergie qu'ils fournissent ainsi qu'une partie des infrastructures nécessaires aux projets d'irrigation. De plus, l'opinion générale au Ghana (selon les discussions avec IDA, WRC et WRI) considère que l'expansion des grands projets d'irrigation est plutôt limitée beaucoup plus par le manque de ressources financières et des infrastructures que par la volonté politique. Si le gouvernement Ghanéen décide de réduire les importations de riz, alors le développement des projets d'irrigation en nombre et en taille pourrait devenir un point très important au plan politique.

Ainsi, les extensions prévues des projets d'irrigations existants et nouveaux au Ghana seront inclus dans les scénarios d'exécution de l'audit des eaux du bassin (Tableau 6). La nécessité de développer les projets de

grande irrigation au sud Ghana (Volta inférieur) n'apparaît pas évidente du fait que les précipitations sont abondantes dans cette zone du bassin.

Concernant les projets de grande irrigation au Burkina Faso, l'accent est porté sur l'extension du projet d'irrigation de Bagré. La superficie totale potentiellement irrigable au Burkina Faso est estimée à 160.000 ha. Giesen et al. (2002), indiquant ainsi que si ce domaine devait être complètement développé et si l'on suppose que l'évaporation dans les zones irriguées s'effectue à plein potentiel au cours de deux saisons agricoles, l'évapotranspiration totale des barrages et des zones irriguées sera de 2.6 km<sup>3</sup> ou inférieur à 7% du débit annuel du fleuve.

Les projets d'irrigation à grande échelle dans le bassin ne sont pas rentables tandis que ceux de la petite irrigation réussissent bien tout le long du bassin (Obeng-Asiedu, 2004). L'extension des projets de petite irrigation dans la partie relativement sèche (aride) du bassin (nord du Ghana et du Burkina Faso) est plus probable que celle des projets de grande irrigation.

Comparée à l'ampleur de la crise d'énergie qu'a subi le Ghana vers la fin des années 1990, la pression exercée sur les barrages hydroélectriques du Lac Volta a temporairement baissé. L'usine d'Aluminium de Valco, qui utilise la plus grande partie de l'énergie hydroélectrique a de nouveaux acquéreurs qui ont des exigences énergétiques moindres. Par ailleurs, le gazoduc du Nigeria fournira l'énergie supplémentaire au Ghana. A long terme, en fonction de la croissance démographique, de la croissance économique et du prix du carburant (gaz) le besoin de construire un plus grand nombre de barrages hydroélectriques pourrait augmenter. Au Burkina Faso un seul site d'implantation d'une nouvelle unité de production d'énergie hydroélectrique a été identifiée.

La demande en eau à Ouagadougou est actuellement plus élevée que la quantité d'eau disponible. Après la réalisation du Barrage de Ziga (Novembre 2004, capacité de 200 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>) l'approvisionnement des zones urbaines en eau potable était limité par la capacité des usines de traitement des eaux. Pour le moment, il est estimé que la quantité d'eau desservie dans les zones urbaines augmentera de 30 à 50% d'ici les deux prochaines années. Lorsque les fonds pour l'augmentation des capacités de traitement des eaux seront disponibles, il est attendu une augmentation des quantités d'eau pour la zone de Ouagadougou. L'extraction des eaux de surface au Ghana continuera également à s'accroître si la Ghana's Vision 2020 est réalisée (approvisionnement en eau pour tous).

Les différences de capacités, d'exigences et de centres d'intérêts entre le Ghana et le Burkina Faso ci-dessus mentionnées, révèlent la nécessité d'une gestion intégrée de tout le bassin.

Pour élaborer des scénarios de gestion des eaux du bassin, les utilisations futures des eaux doivent être identifiées et quantifiées. Les utilisations suivantes possibles ont été identifiées et quantifiées dans certains cas (Tableau 6):

- Accroissement du nombre des petits barrages et réservoirs dans le bassin sur la base des images satellitaires ; le Projet GLOWA-Volta a suivi l'augmentation du nombre et de la superficie des barrages dans la partie sud du Burkina Faso et nord du Ghana (Vescovi et al., 2002; Giesen et al. 2002). Ces données pourraient servir à déterminer les tendances.
- Extension significative des zones d'irrigation en aval du Barrage de Bagré (Burkina Faso, Tableau 6). Le nombre de pêcheries dans la zone (pêche artisanale pour le moment) pourrait également augmenter. Un projet d'irrigation du Barrage à partir du barrage de la Komienga (Burkina Faso) est peu probable du fait des conditions des sols locaux pas si bonnes, de l'espace limité et de la proximité du barrage avec la frontière du Togo.
- Extension des projets de grande irrigation sur les sites identifiés au Ghana et au Burkina Faso.
- La construction de barrages hydroélectriques sur plusieurs sites au Ghana (l'état des travaux du Barrage de Bui prévu est le plus avancé) sur un site au Burkina Faso et sur un site au Bénin.
- Augmentation de l'approvisionnement en eau en zone urbaine (notamment Ouagadougou et Accra).
- Données chiffrées sur la croissance démographique dans le bassin (environ 2.5 à 3% par an), le niveau de développement et les moyennes d'eau à usage domestique sont nécessaires pour estimer les quantités futures des eaux à usage domestique. Ces chiffres sont généralement disponibles pour les deux pays (par exemple, Gleick, 2002, rapports des NU sur la Population, Ministère des Travaux Publics et de l'Habitat, Accra, etc.).
- Evapo(transpi)ration accrue des barrages si les augmentations de températures dans le bassin selon les prévisions (Section 2.1.3) se réalisent.

**Tableau 6 : Aperçu de l'accroissement des utilisations actuelles et utilisations futures possibles de l'eau**

Sites	Pays	Sous – bassin	Type d'utilisation	Références avec informations sur les quantités
Aménagement de petits barrages et réservoirs dans la partie nord du Bassin de la Volta	BF, GH	Volta Blanche, Volta Noire, Oti	agriculture, élevage, usage domestique	Vescovi et. al. (2002); Giesen et al. (2002); Mahe et al. (2005); GLOWA-Volta, IRD
Pouya (Natitingou), site proposé pour barrage	Bénin	Oti	Hydroélectricité	
Juale, site proposé pour barrage	GH	Oti	Hydroélectricité	VRA
Ouahigouya dam, site proposé pour barrage	BF	Volta Blanche	Approvisionnement en eau à Ouahigouya	ONEA
Barrage de Ziga	BF	Volta Blanche	~5 (en remplacement des barrages de Ouagadougou) + ~8 (extra d'ici 3 ans) 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /an ; accroissement lors de l'extension des usines de traitements	ONEA
Barrage de Bagré	BF	Volta Blanche	Extension des terres irriguées de 2100 ha (2006) à 4200 ha (riz et légumes) et à long terme 30,000 ha ; approvisionnement en eau potable à Tenkodogo, Koupéla & Fada	MOB; ONEA; Obeng-Asiedo (2004)
Tamili (zone de Bawku, affluent de la Volta Blanche)	GH	Volta Blanche	Irrigation, 1,500 ha (riz et oignons), 80 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /an	IDA
Pwalagu, site proposé de barrage	GH	Volta Blanche	Hydroélectricité (36 MW) et irrigation 110,000 ha (riz et légumes)	VRA, IDA
Daboya Attendre un email de Isaac en phase 1	GH	Volta Blanche	Hydroélectricité et irrigation 10,000 ha, 180 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /an (phase 1: canne à sucre) extension à 25,000 ha	VRA, IDA
Tamale (expansion)	GH	Volta Blanche	Approvisionnement en eau potable, expansion en deux phases de 7 à 16.1 et 25.2 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /an	GWCL
Samendeni, site proposé de barrage site (stade assez avancé)	BF	Volta Noire	Hydroélectricité et petite irrigation 20,000 ha	DGHA
Barrage du Sourou	BF	Volta Noire	Expansion de la zone irriguée de 5,000 à 30,000 ha	DGHA
Ouessa, site proposé de barrage	BF	Volta Noire	irrigation ~20,000 ha	DGHA
Noumbiel, site proposé	BF	Volta Noire	Hydroélectricité 48 MW (initialement 62 MW) et irrigation >20,000 ha; volume: 11.3 km <sup>3</sup> (total), 8.3 km <sup>3</sup> (actif), surface: 1430 km <sup>2</sup>	MMCE (2001); SONABEL; DGHA; Obeng-Asiedo (2004)
Koulbi, site proposé de barrage	GH	Volta Noire	Hydroélectricité	VRA
Ntereso, site proposé de barrage	GH	Volta Noire	Hydroélectricité	VRA
Lanka, site proposé de barrage	GH	Volta Noire	Hydroélectricité	VRA
Kamba, site proposé de barrage	GH	Volta Noire	irrigation 29,400 ha (riz) 35 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /y	IDA
Bui, site proposé de barrage (relativement avancé)	GH	Volta Noire	hydroélectrique (260 MW) et irrigation 64,000 ha	VRA; IDA; Obeng-Asiedo (2004)
Buipé, site proposé de barrage	GH	Volta Noire	95 ha	IDA

Mpaha, site proposé de barrage	GH	Volta Noire	5,400 ha	IDA
Jambito, site proposé de barrage	GH	Volta Noire	Hydroélectricité	VRA
Barrage de Yendi	GH	Basse Volta, affluent du Lac Volta	Approvisionnement eau potable en zone urbaine expansion de ~0.7 à ~2.4 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /an	GWCL
Plaines d'Afram	GH	Volta Basse	110,000 ha	IDA
Plaines d'Accra	GH	Volta Basse	200,000 ha, 2,700 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /an	IDA
Kpong	GH	Volta Basse	Approvisionnement en eau potable à Accra, extension de ~70 à 183 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /an ; irrigation sur rive gauche 10,000 ha ; rive droite extension de 4,000 à 10,000 ha (superficie totale d'irrigation ~220 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /an)	GWCL, IDA
Aveyime	GH	Volta Basse	6,000 ha	IDA
Sogakope	GH	Volta Basse	Approvisionnement en eau potable à Lomé, 116 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /an	GWCL

## 2.3 Qualité des eaux de surface

### 2.3.1 Données sur la qualité des eaux de surface

Les organisations gouvernementales suivantes sont chargées du contrôle de la qualité des eaux de surface dans le Bassin :

- L'Agence de Protection de l'Environnement contrôle la qualité des eaux déversées par les industries dans les Fleuves (EPA, Ghana),
- La Société nationale de l'eau au Ghana (Ghana Water Company Limited, GWCL) contrôle la qualité de l'eau aux points d'approvisionnements pour les zones urbaines.
- L'Institut de Recherche en Eau (Water Research Institute, WRI, Accra) dispose des données d'études ad-hoc sur la qualité de l'eau .
- L'Office National de l'eau et de l'Habitat contrôle la qualité des eaux de surface sur les sites de prélèvements (ONEA, Burkina Faso). Le réseau de contrôle de la qualité des eaux de surface dans le bassin est composé de 9 sites (MAHRH, 2004: cartes 3 & 4, Table 8; Kam, 2002). L'ONEA effectue également des tests ponctuels de qualité pour des clients privés.
- La DGIRH dirige un réseau de contrôle de la qualité des eaux de surface et souterraines au Burkina Faso. Ce réseau de contrôle de la qualité des eaux de surface est composé de 18 sites (MAHRH, 2004: cartes 3 & 4, Table 8; Kam 2002). Un échantillonnage régulier est effectué par le réseau et dépend des ressources disponibles. Par exemple, les échantillonnages les plus récents pour la Volta Noire ont été pris en 2000 (Annexe 2).

Les ONG suivantes ont conduit une analyse de la qualité des eaux de surface du bassin :

- Le Projet de Lutte contre l'Onchocercose (OCP, mis en oeuvre par l'OMS) au cours de la période de 1980 à 1995 (Ghana),
- L'EIER a effectué un suivi de la qualité des eaux de surface de 10 petits barrages au Burkina Faso dans le cadre d'un projet intitulé 'Eutrophisation et sédimentation dans les petits barrages' (contact: Prof. Amadou Maïga).
- Le Programme RESO dispose également d'un réseau de contrôle de la qualité des eaux qui regroupe 6 sites le long de la Volta Noire. Malheureusement, le réseau ne fonctionne plus depuis 2004 (MAHRH, 2004).

### 2.3.2 Etude pratique du contrôle de la qualité des eaux de surface

Pour cette évaluation, un certain nombre de visites de terrain pour pratiquer des tests de qualité de l'eau ont été effectuées (Annexe 2) sur 15 échantillons d'eaux de surface de plusieurs localités dans les sous – bassins de la Volta Blanche et Noire. Un ensemble de ces tests de contrôle de la qualité est présenté au Tableau 7.

**Tableau 7 Paramètres de qualité des eaux pris en compte pour cette étude.**

Paramètre de qualité***	Explication	Résultats des tests pratiques	Limites acceptées
Conductivité électrique (CE)**	Indication du nombre d'ions contenus dans l'eau	21 à 114 µS/cm	750 à 1500 µS/cm*
pH	Acidité de l'eau, 7 étant neutre	6.4 à 6.6	6.5-8.5 (OMS)
Nitrite (NO <sub>2</sub> )	Indique la présence de déchets biologiques tels que l'engrais ; le nitrate est transformé en nitrate par les bactéries	<0.5 mg/l	0 mg/l (OMS) 0.5 mg/l (EU)
Nitrate (NO <sub>3</sub> )	Indique la présence déchets biologiques tels que le fumier	<5 mg/l	10 mg/l (OMS) 50 mg/l (EU)
Dureté totale	Somme des ions qui peuvent se précipiter en particules solides; calcium, magnésium et quelques fois le fer	<107 mg/l	
Carbonate (CaCO <sub>3</sub> ) Solidité	Somme des ions de calcium qui peuvent se précipiter en particules solides; et influence le pH et CO <sub>2</sub>	<53 à 107 mg/l	500 mg/l (OMS)

\* ou environ 500 à 1000 mg/l du total de solides dissous

\*\* mesurés avec un conductimètre de Hanna Instruments (USA)

\*\*\* mesurés avec des testeurs de eSHA (Pays Pas)

Tous les résultats des tests de contrôle de la qualité des eaux (dont quelques données non publiées par la DGIRH) figurent en Annexe 2. Quelques prélèvements présentent un PH assez faible (légèrement acide). Par ailleurs, tous les prélèvements d'eau présentent, pour ce qui est des paramètres testés, des valeurs indiquant une teneur faible en minéraux. En outre, il n'y a pas d'indication de la présence de déchets biologiques (nitrite, nitrate). Une attention particulière a été faite sur le projet d'irrigation de Bagré dans le Bassin du Fleuve de la Volta au Burkina Faso étant donné qu'il se pose des préoccupations au Ghana sur le fait que le drainage des eaux du projet d'irrigation pourrait polluer le Fleuve de la Volta Blanche. La CE juste en aval du projet d'irrigation était légèrement plus élevée (90 µS/cm, échantillon 11) qu'en amont du projet d'irrigation (77 µS/cm, échantillon 12). Cependant, tous les deux échantillons indiquent une faible teneur en sels minéraux et de telles variations sont courantes entre les sites d'un même fleuve.

### 2.3.3 Analyse de la qualité des eaux de surface

Il existe très peu d'informations dans la littérature disponible concernant la qualité des eaux de surface pour le bassin. L'unique base de données assez fournie est présentée dans un tableau récapitulatif et couvre chacun des quatre sous bassins de la période de 1976-78 (GEF 2002; Andah et al., 2003) ; GEF (2002) a fourni un tableau récapitulatif plus récent (1995) pour un site de la Basse Volta . Le rapport a identifié des sources (potentielles) de pollution des eaux de surface dans tous les pays riverains du Bassin de la Volta. Selon ce rapport, la dégradation de la qualité des eaux de surface est due au développement croissant et à une pression démographique galopante. Le fer et le phosphate sont les composantes ayant les valeurs les plus élevées. Toutefois, en dehors des zones développées, l'eau est généralement de bonne qualité de sorte que la teneur en sels minéraux permet d'en faire une eau convenable pour la boisson et l'agriculture (Andah et al., 2003). Un paramètre important est le fait que la Demande moyenne en Oxygène Biologique (DOB)<sup>1</sup> est relativement élevé dans le bassin la Volta Blanche (105 mg/l) en comparaison avec les autres fleuves (<5 mg/l). Une forte DOB résulte en une réduction de l'oxygène disponible dans l'eau pour la faune et la flore. La plupart des données sur la base desquelles ces conclusions ont été faites datent de près de 30 ans, par conséquent, il est urgent d'entreprendre des prises de mesures plus récentes de la qualité des eaux. Une autre préoccupation concerne les contaminations microbiologiques, (Coliformes fécales) Faecal Coliforms (16-18 / 100 ml) que l'on a constatées dans la Volta Blanche (Dalon) et les fleuves de la Basse Volta (Sogakope; Amoah, 1999; GEF, 2002).

En ce qui concerne l'étude de la qualité de l'eau au Burkina Faso (2001) neuf échantillons d'eaux de surface et souterraines des différents sites suspectés de pollution agricole ont été prélevés pour des analyses des nutriments et des pesticides. La conclusion fut que d'une façon générale, l'eau ne contenait pas de pesticides (une pollution

<sup>1</sup> La DOB se définit comme la quantité d'oxygène nécessaire pour la décomposition bactérienne des matières organiques en pourriture pour atteindre un stade stable.

légère a été détectée sur deux sites) mais un certain nombre de sites contenaient une forte teneur en nutriments (MAHRH, 2004).

Théoriquement, les sources potentielles de dégradation de la qualité des eaux de surface sont :

- Le déversement des déchets industriels (par exemple, les usines de textile, de tannage, les abattoirs, etc.).
- Les compagnies minières (mines d'or) peuvent introduire des produits chimiques tel que le cyanure dans le fleuve.
- Les déchets humains dans les zones à forte densité.
- L'Agriculture introduit des fertilisants et des pesticides (relativement en faible quantité au Burkina Faso en raison des systèmes traditionnels de production agricole).

Les conséquences possibles de l'accroissement de la pollution des eaux de surface dans le bassin sont essentiellement :

- L'introduction des phosphates et des nitrates crée des conditions favorables (eutrophisation) à la prolifération des herbes aquatiques telles que la jacinthe d'eau. Une carte de la localisation des herbes aquatiques peut être consultée dans GEF (2002, Annexe D-11).
- Les polluants d'eau ont un impact négatif sur toutes les activités et utilisations (écologiques, domestiques, etc.) le long du fleuve.

La qualité des eaux de surface peut être améliorée en réduisant le dépôt d'ordures dans les eaux de surfaces et aussi par la réalisation de zones humides artificiels en aval des zones développées

## 3 Les eaux souterraines

### 3.1 Données sur les eaux souterraines

Les organisations disposant des données sur les eaux souterraines sont :

- La DGIRH dirige un réseau d'observation des puits et forages au Burkina Faso. Près de 38 puits de ce réseau sont situés dans le Bassin de la Volta. La surveillance de la plupart de ces puits a commencé depuis les années 1980. Les bases de données de tous les puits du réseau dont les niveaux de qualité sont disponibles au MAHRH (2004; Tableau 1). Les piézomètres sont également listés dans KAM (2002).
- Il n'existe pas de système d'observation des puits au Ghana. Quelques mesures ad hoc du niveau d'eau ont été effectuées. Le WRC/WRI est en train de mettre actuellement en place un programme de suivi des puits et forages avec l'assistance de l'ACDI (Agence Canadienne de Développement International) dans le sous bassin de la Volta (~20 puits, contact: Enock B. Asare).
- Le Projet GLOWA-Volta dispose d'une base de données sur les forages existant au Burkina Faso et au Ghana.

### 3.2 Analyse la nappe aquifère dans le Bassin de la Volta

Les roches sous-jacentes du bassin (complexe de base) et les formations sédimentaires consolidées n'ont pas de porosité inhérente. La nappe aquifère peut être décomposée en deux éléments : la couverture d'altération et la roche mère fracturée. La couverture d'altération consiste en une couche plus ou moins homogène variant de l'argile au sable argileux avec une porosité élevée et une faible perméabilité. La roche de base fracturée a une faible porosité et une perméabilité élevée. Le degré d'altération et l'intensité de la fracturation dépendent de la nature de la roche mère. Un contact hydraulique existe entre les deux composantes. La profondeur du niveau statique diminue de 13 - 14 m dans la région centrale du Burkina Faso à environ 6 m dans la partie nord au Ghana (Sommen et Geirnaert, 1988). Selon les rapports locaux, le niveau d'eau dans les forages le long de la Volta Blanche au nord du Ghana est actuellement en déclin. Il n'existe pas de prises de mesure du niveau d'eau pour prouver la véracité de ces données (PAGEV, 2005). L'épaisseur de la nappe aquifère varie de plusieurs mètres jusqu'à 100 mètres, tandis que l'épaisseur moyenne est approximativement de 20 mètres. Le débit moyen des forages dans le bassin est relativement faible, entre 2 et 9 m<sup>3</sup>/h (Sommen et Geirnaert, 1988; Dapaah-Siakwan et Gyau-Boakye, 2002; GEF, 2002; données sur CD de Glowa-Volta). Généralement, on retrouve un débit élevé dans les endroits où toutes les deux composantes du système aquifère (couverture d'altération et roche mère fracturée) sont bien développées (Sommen et Geirnaert, 1988). L'étude sur le renouvellement des eaux souterraines près du Lac Volta sur la base des isotopes a conclu que la recharge moderne est en train de s'opérer et que le système des eaux souterraines étudié ne puise pas une quantité considérable du Lac Volta pour se recharger (Acheampong et Hess, 2000). En se basant sur les bilans d'eau des eaux, les fluctuations du niveau statique et de l'analyse des isotopes, Sommen et Geirnaert (1988) ont estimé la recharge annuelle de l'ordre de 2 à 16% des précipitations annuelles (i.e. 17 to 136 mm/an).

Le Projet GLOWA-Volta entreprend actuellement une étude de la contribution des eaux souterraines dans le temps au débit dans des bassins versants représentatifs du bassin fluvial.

### 3.3 Utilisation des eaux souterraines

Pour évaluer le développement des utilisations des eaux souterraines, un inventaire des puits et forages et des données sur les systèmes de canalisation à partir des eaux souterraines ont été compilées par le Projet GLOWA-Volta pour la partie du Bassin de la Volta située au Ghana et au Burkina Faso. Depuis 1970 le nombre de puits aménagés et équipés de pompes manuelles a augmenté passant de quelques centaines à 20,000. Un résumé de l'apport des eaux souterraines dans les puits forés dans le bassin de la Volta (Burkina Faso et Ghana) estimé par le Projet GLOWA-Volta est présenté au Tableau 8. La majeure partie des eaux souterraines extraites des puits (2001) dans la partie du Bassin située au Ghana et au Burkina Faso, est très inférieure (<1 mm) au taux de recharge annuel estimé ( $\geq 17$  mm, voir ci-dessus). La quantité estimée des eaux souterraines puisées par les forages en 2001 est moins de 1% de la quantité des eaux de surface.



**Tableau 8 : Résumé de la quantité des eaux souterraines extraites par les puits et forages du Bassin de la Volta au Ghana et au Burkina Faso**

Utilisations en 2001	Quantité [ $10^6 \text{ m}^3/\text{an}$ ]*	Quantité en [mm/an]**
Approvisionnement en milieu rural par les puits et forages	60	0.17
Approvisionnement en milieu urbain par les puits et forages	14	0.04
Total	74	0.21

\* Données du CD du Projet GLOWA-Volta

\*\* Superficie du Bassin de la Volta partagée par le Burkina Faso et le Ghana  $\sim 346,000 \text{ km}^2$  (GEF, 2002)

## 4 Précipitations

### 4.1 Données sur les précipitations

Les organisations gouvernementales suivantes sont chargées de la collecte et du suivi des données météorologiques du bassin :

- La Direction de la Météorologie collecte les quantités de pluies tombées (~180 stations, les premières ont démarré en vers 1900) et les données relatives à l'évaporation (~20 stations, les premières ont démarré vers 1970). Les données sont disponibles sous version électronique et peuvent être acquises à un prix fixé. Une carte représentant toute les stations est également disponible (ci-incluse sur le CD).
- Le Département des Services des Météorologiques (MSD), collecte les données sur les précipitations au Ghana (~100 pour tout le Ghana, version électronique) et les données relatives à l'évaporation (~15 pour tout le Ghana, numérique et analogique). Les données peuvent également être payées à un certain coût. Une carte des stations est également disponible (ci-incluse sur CD) Il n'existe pas de coopération bilatérale avec le Burkina Faso. Le MSD reçoit les données des stations synoptiques par l' OMM. Le MSD sait l'importance qu'accorde le VRA aux données sur les précipitations qu'il reçoit du Burkina Faso.

Les ONGs suivantes ont effectué un suivi des précipitations dans le bassin ou planifie de le faire :

- Le Projet WHYCOS collecte les données sur les quantités d'eau de pluies de différents sites au Burkina Faso.

Les organisations suivantes disposent d'une base de données météorologiques :

- Le Projet GLOWA Volta dispose d'une base de données météorologiques pour le Burkina Faso et le Ghana pour la période couvrant 1960-2002, les données proviennent des départements chargés de la météorologie des deux pays.
- L'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) possède une banque de données météorologiques (évapotranspiration et précipitations potentielles) pour le sous bassin de la Volta Blanche au Burkina pour la période de 1950-1995 (Mahe et al, 2005a).
- Le Centre régional AGRYMET dispose de données sur les précipitations (valables sur le long terme) d'au moins cinq stations au Burkina Faso (Hubert, 1989; Hôte et al. 2002; Mahe et al., 2002).

### 4.2 Analyse des données relatives aux précipitations

Comme décrit plus haut, la relation non linéaire entre les précipitations et le débit du fleuve rend le ruissellement des eaux dans le Bassin de la Volta très sensible aux variations climatiques. Plusieurs publications ont été faites sur l'analyse des précipitations dans le Sahel (Hôte et al., 2002; Ozer et al., 2003; Dai et al., 2004) et en Afrique de l'Ouest à partir du Sahel jusqu'à la côte de l'Atlantique (Mahe et al. 2002; Ardoin et al., 2003). Toutes ces publications s'accordent sur le déficit pluviométrique dans le Sahel et les régions côtières Ouest Africaines (ouest de la frontière Togo- Bénin) pendant la période de 1970, 1980 et la dans la première moitié de 1990. Dans la littérature disponible, le débat sur la question à savoir si le déficit pluviométrique s'est poursuivi au cours et après la deuxième partie des années 1990 s'est posé. En résumé, on peut dire qu'il y a une hausse des précipitations depuis la fin des années 1990 toutefois, il faudra encore de plus longues séries temporelles pour confirmer statistiquement cet état de faits. Une autre observation intéressante est le fait que l'apparition d'oscillations multi annuelles dévient de plus en plus fréquente et extrême après la fin des années 1980 (Dai et al., 2004). Ceci pourrait engendrer des variations interannuelles du débit du fleuve.

## 5 Audit des eaux de Surface

### 5.1 Introduction

Un audit d'eau consiste en une évaluation de la disponibilité et la de demande actuelles et anticipées en eau. Il y a deux choix importants à faire pour conduire un audit d'eau :

- Le temps réparti pour l'audit (annuel, mensuel, hebdomadaire ou quotidien),
- L'espace ou la taille des sections du fleuve sur lesquelles l'audit doit être exécuté (tout le bassin, quatre sous bassins, chacun de ces quatre sous bassins subdivisé en 3 à 4 sections, tous les affluents par ordre d'importance, primaire, secondaires, affluents d'autres affluents, etc.)

Les facteurs influençant les choix de l'espace et du temps sont :

1) Le but de l'évaluation des eaux, en d'autres termes, qu'est ce que le PAGEV planifie de faire avec les informations qui seront collectées. Par exemple, un programme spatial et temporel détaillé est requis si les informations résultant de cet audit seront utilisées pour la gestion des barrages et réservoirs du bassin. Sur la base des discussions avec le Projet PAGEV et de la proposition de projet (IUCN-BRAO, 2004) on peut dire que les résultats seront utilisés pour aider les décideurs politiques du bassin à prendre des décisions informées pour la planification de la gestion des ressources en eau. Généralement, appuyer les décideurs exige un programme moins détaillé qu'un appui pour une gestion quotidienne des barrages

2) Les données disponibles pour l'audit des eaux . Une importante caractéristique de ces données est qu'il existe plus de données mensuelles que journalières sur les débits du fleuve.

3) La période de l'audit des eaux . Par exemple, il faudrait noter que la présente étude sur les usages des eaux de tous les petits barrages du bassin (GLOWA-Volta) sera complètement disponible après la fin de l'étude liée à la fin de l'étude d'un PhD (voir date probable avec Jens Liebe). Le PAGEV prévoit l'exécution de la plus grande partie de l'audit des eaux en 2005 et 2006.

4) Le budget financier alloué pour l'évaluation des eaux. Plus le budget est petit, moins détaillées les informations sur l'audit des eaux seront. Par exemple, un audit des eaux sur la base d'une échelle de temps annuelle pour tout le bassin nécessite un budget relativement petit tandis qu'un audit sur à une échelle temporelle journalière et sur un espace plus détaillé exigerait un budget plus important.

Des audits sur la base d'une échelle annuelle de tout le Bassin entier masquent les variations locales intra annuelles des utilisations et la disponibilité de l'eau. Un audit sur une période détaillée dans le temps (jours ou semaines) et dans l'espace (affluents secondaires) exige probablement un budget plus important que celui alloué et requiert beaucoup plus de données détaillées pour produire des résultats fiables. En plus, ce programme est plus important pour une gestion quotidienne que pour apporter un appui aux décideurs. Il est alors recommandé de conduire un audit des eaux sur la base d'une échelle de temps mensuelle au cours de laquelle les quatre sous bassins seront subdivisés en trois ou quatre grandes sections.

Un audit des eaux met généralement l'accent sur les quantités d'eau. Toutefois, il est important de déterminer la qualité de l'eau si l'eau disponible est suffisamment bonne pour toutes sortes d'utilisations. Ceci est particulièrement vrai étant donné que les seules données détaillées relatives à la qualité de l'eau mentionnées dans la littérature disponible datent de près de 30 ans et couvrent seulement quatre sites. Plusieurs raisons expliquent cette situation : 1) Conduire une étude qualitative de l'eau exige une expertise différente que pour une étude quantitative ; 2) Il y a très peu d'informations disponibles sur la qualité de l'eau et ; 3) L'étude focalisant sur la qualité de l'eau sera menée dans un endroit plus spécifique (principalement en aval des activités potentiellement polluantes) que pour une étude quantitative de l'eau (tout le bassin); il est recommandé de séparer l'étude qualitative de l'audit des eaux.

## 5.2 Candidats pour l'audit des eaux de surface

En vue d'assurer l'acceptation des résultats de l'audit quantitatif des eaux par toutes les parties prenantes (acteurs) du bassin, il est recommandé que l'étude soit exécutée en collaboration avec toutes les parties des deux pays riverains, la plus grande superficie du bassin de la Volta se trouvant dans au (Burkina Faso et Ghana). Un consultant indépendant en dehors du Bassin peut également apporter un appui qui sera accepté, étant neutre et non biaisé, par tous les acteurs ; mais pour une gestion à long terme du bassin, il serait mieux que le gros du travail d'audit soit conduit par des jeunes experts locaux. IL serait également utile que les candidats aient de bons contacts avec les deux organisations du bassin disposant des informations pertinentes et ayant plus de publications dans les journaux hydrologiques internationaux sur les eaux de surface du bassin (Projet GLOWA-Volta et IRD). Dans les Termes De Référence (TDR) pour les consultants, une attention particulière devra être accordée à la facilitation d'une collaboration étroite entre les deux experts. Un autre aspect doit également être mis en exergue, surtout si de nouveaux PhD' sont recrutés, c'est que le travail soit pratique et ne contiennent pas trop de détails académiques qui n'auront pas un grand impact sur les résultats de scénarios qui seront développés dans le cadre de l'audit des eaux.

Personnes/organisations identifiées pouvant participer à l'audit des eaux de surface :

(Anciens) PhD. Etudiants en doctorat du Projet GLOWA-Volta :

- Barnabas Amisigo ([barnvy2002@yahoo.co.uk](mailto:barnvy2002@yahoo.co.uk) ; Ghanéen, Phd. Etudiant en Interaction eaux souterraines – eaux de surface avec le Prof. N. van de Giesen in Delft qui finira son Doctorat PhD. en 2005).
- Dr Patrick Obeng-Asiedu ([pobenga@uni-bonn.de](mailto:pobenga@uni-bonn.de) ; Ghanéen, Université de Bonn, PhD. en 2004 sur un modèle hydrologique -agronomique -économique pour le bassin).

Il est recommandé que les informations soient données par Prof. van de Giesen (Université Technique de Delft, ancien chef d'équipe du Projet GLOWA-Volta, e-mail: [n.c.vandegiesen@citg.tudelft.nl](mailto:n.c.vandegiesen@citg.tudelft.nl)) avec qui (anciens) étudiants Ghanéens PhD. du Projet GLOWA-Volta peuvent mieux travailler.

L'IRD a en son sein, à ma connaissance, uniquement des hydrologues français travaillant dans leur bureau à Ouagadougou. Ils ne sont donc pas des candidats appropriées pour réaliser les grosses oeuvres de l'audit des eaux considérant le fait que le renforcement des capacités locales soit un but important pour le PAGEV.

Experts à l'EIER:

- Dr Harouna Karambi (Chercheur Assistant, Burkinabé).
- Dr. Bacabar Dieng (Professeur en hydrologie, Sénégalais).
- Dr. Christophe Laroche (Professeur en hydrologie des eaux de surface, Français).

Il faut noter que plusieurs experts de l'EIER viennent de pays hors du bassin de la Volta et qu'ils pourraient ne pas être disponibles à temps plein sur de longues périodes en raison de leur travail à l'EIER.

Consultants ayant travaillé au compte de la DGRIH (par ordre de recommandation de la DGIRH):

- Kam Sié Ludovic (expert en eaux de surface, grande expérience en réseau hydrométrique du Burkina Faso (pas besoin de renforcement des capacités si choisi).
- Savadogo Kandaogo (expert en réseaux hydrométriques).
- Abel Tigassé.

M . Innocent Ouédraogo (Burkinabé, ancien Directeur de la DGRIH, a travaillé pour IWACO et le Projet FEM-Volta, travaille actuellement pour le WRCU comme consultant hydrologique indépendant ).

Personnes travaillant ou ayant travaillé pour WRI (le nombre de personnes travaillant dans le domaine des eaux de surface dans le département a diminué au cours des dernières années) sont :

- Dr Philip Gyau-Boyake (expert en eaux de surface au WRI, publications scientifiques pour compléter les données manquantes sur les débits du Bassin de la Volta),
- Nii Boi Ayibotele (Ghanaen, Ancien directeur de WRI, grande expérience mais très occupé, [ayibotele@niiconsult.com.gh](mailto:ayibotele@niiconsult.com.gh)),
- Dr Yaw Opoku-Ankouah (Chef du département des eaux de surface à WRI, publication scientifique sur les ressources en eaux de surface au sud – ouest du Ghana
- Dr Kwabena Obeng Nyarko (Ghanaen, consultant hydrologique, travaille actuellement au Botswana).

Prof. Chris Gordon de l'Université du Ghana est un expert en zones humides dans le Bassin de la Volta. Pourrait aider à compléter les informations manquant sur les débits environnementaux dans le bassin.

(cgordon@ug.edu.gh). En plus, l'IUCN possède des experts internes en débits environnementaux (par exemple Dr G. Bergkamp).

Il faut également noter que le Projet PAGEV emploie deux hydrologues expérimentés qui peuvent, s'ils sont disponibles, exécuter quelques parties de l'audit des eaux.

### **5.3 Termes de Références Proposées pour l'audit des eaux**

#### **5.3.1 Pertinence des activités entreprises actuellement dans le Bassin**

Comme vu précédemment (Chapitre 2), une bonne partie du travail sur les ressources d'eaux de surface est déjà en cours d'exécution. C'est un grand avantage car ce travail peut servir de base et permet de canaliser les énergies pour compléter informations manquantes. Nous espérons pouvoir produire ainsi de meilleurs résultats. Une étroite collaboration avec d'autres organisations est également importante pour éviter d'offrir aux décideurs plusieurs Systèmes d'Appui à la Prise de Décisions (SAD) qui peuvent être contradictoires pour la gestion des ressources en eaux de surface. Les ONG qui entreprennent des activités pertinentes pour l'audit des eaux sont le Projet GEF-Volta et GLOWA-Volta. Le Projet VREO prévoit également entreprendre des activités pour l'amélioration de la gestion dans une partie du bassin (Volta noire au Burkina Faso) d'ici mai 2006. L'objectif général du Projet GLOWA-Volta : 'La mise en oeuvre d'un Système d'Appui à la Prise de Décision pour l'évaluation, le développement et une gestion durables des ressources en eau dans le Bassin de la Volta' est compatible avec les objectifs de l'audit des eaux. Une étroite coopération avec ces organisations est alors recommandée (contact de GLOWA pour le SAD au niveau du bassin : m.andreini@cgiar.org). Il est tout aussi important d'avoir une bonne collaboration avec les organisations gouvernementales au Burkina Faso (DGIRH) et au Ghana (WRC) en vue de faciliter l'acceptation des résultats des travaux.

#### **5.3.2 Expériences et études pertinentes pour l'audit des eaux**

Un facteur capital pour l'acceptation de l'audit est que les résultats ne doivent pas consister en un "plan" de gestion des eaux mais plutôt des « options » pour la gestion des eaux du bassin. Ces options et leurs conséquences sur la disponibilité de l'eau et ses utilisations dans le bassin aideront les décideurs politiques à prendre des décisions basées sur des connaissances scientifiques fiables.

Quelques études qui pourraient aider dans la réalisation de l'audit des eaux sont : l'impact de cinq scénarios de gestion du Bassin du Fleuve de la Volta développés par le Projet GLOWA-Volta (Amisigo et al. 2003) et un modèle hydro agro économique sur les ressources en eau et leurs utilisations dans le Bassin élaboré par Obeng-Asiedu (2004). DANIDA (2001: Tableau 23) a estimé la demande en eau (eaux de surface souterraines cumulées) pour l'année 2000 par sous bassin au Burkina Faso et par groupe d'utilisateurs. Bien qu'assez vieille, la base de données Ostrom (1977, disponible à la bibliothèque de l'IUCN-BRAO) peut être très utile pour l'analyse des données sur les débits du fleuve car elle fournit plusieurs courbes de tarage et les débits mensuels pour tout le bassin. Les expériences de gestion des eaux au Botswana peuvent également constituer une source d'inspiration technique pour l'audit des eaux. A l'est du Botswana, la demande croissante en eau des petits barrages en aval a effectivement eu un impact sur la disponibilité de l'eau dans les grands barrages. Un modèle journalier a été élaboré pour quantifier les effets des petits barrages existants et les impacts possibles futures des barrages prévus sur les ressources en eau des principaux barrages situés en aval (Meigh, 1995). Les choix de gestion des eaux préparés pour le Bassin de Komadugu-Yobe au Nigeria pourrait servir d'exemple utile (IUCN-HNWCP, 1999; Goes 2002).

#### **5.3.3 Stratégie de réduction des délais de l'audit des eaux**

L'obtention des données sur les débits du fleuve, particulièrement au Ghana, peut prendre du temps. Pour éviter de grands retards dans les délais de l'audit des eaux, il est par conséquent recommandé d'obtenir toutes les données disponibles sur les débits du fleuve (dont les systèmes de mesures ainsi que les jaugeages et les courbes de tarage) bien avant le démarrage officiel de l'audit. Au cas où il serait décidé de recruter deux consultants, un du Burkina Faso et un du Ghana, il est recommandé que les TDR le fasse ressortir clairement et facilitent le partage d'un bureau physique au moins pendant deux tiers du temps alloué pour l'étude.

#### **5.3.4 Composantes de l'audit des eaux de surface**

L'audit des eaux proposées devrait comporter les deux éléments suivants :

1) Collecter et compiler les données mensuelles sur les utilisations actuelles et futures des eaux de surface (cf. Section 2.2) de toutes les sources identifiées.

2) Sélectionner les stations hydrométriques pouvant être qualifiées comme stations clés pour l'audit des eaux sur la base de la localisation, la durée de la validité des données. Exécuter des tests de qualité des données relatives aux débits du fleuve sur ces stations (en incluant les courbes de tarage) et déterminer les données pour l'audit des eaux. Faire une sélection finale des stations clés pour l'audit des eaux (20 à 30 au total; les stations présentées au **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** doivent être incluses). Si des stations disposent uniquement des données sur les hauteurs pour une certaine période, pour les stations clés, au lieu de données de débits, alors le débit du cours d'eau doit être estimé en utilisant les données de jaugeages et de courbes de tarages des cours disponibles. Lorsque les écarts des séries de données supplémentaires des stations hydrométriques sont limitées et/ou d'autres données (par exemple, les données de pluie ou débits dans les stations environnantes) sont disponibles, les données manquantes doivent être estimées. Par exemple, ceci peut être fait en utilisant un procédé développé en particulier pour les fleuves d'Afrique de l'Ouest (Gyau-Boyake et Schultz, 1994; Opoku-Ankomah et Forson, 1998).

3) Collecter les données appropriées sur les précipitations (pour compléter les gaps dans les séries des données d'écoulement) et les données sur l'évaporation (en vue d'estimer les pertes dans les barrages).

4) Compléter les données manquantes. Les gaps identifiés sont :

- Contrôle de qualité et complétion des manques de données hydrométriques (voir ci-dessus).
- Informations sur les conditions des débits environnementaux.
- Informations sur les prélèvements d'eau directement des fleuves et des sources pour l'irrigation dans la partie Burkinabé du Bassin de la Volta Noire
- Informations sur les besoins de débits et de lâchers par les barrages existants et prévus au Ghana.
- Etant donné que la plupart des projets du bassin sont focalisés sur le Burkina Faso et le Ghana, les données relatives à la disponibilité et les utilisations de l'eau sont rares dans les autres pays riverains (Fleuve Oti au Togo et au Bénin, Fleuve Volta Noire en Côte d'Ivoire et au Mali).

5) Diviser, sur la base des données disponibles et le nombre d'utilisations des eaux de surface, les quatre sous bassins en quatre sous sections au moins qui serviront de base à l'audit des eaux. La subdivision proposée devra être présentée sous forme de diagramme schématique avec un aperçu des données disponibles par élément du diagramme et le justifier.

6) Déterminer la quantité mensuelle d'eau disponible (mi-annuelle, en année sèche, en saison humide, écart type, etc.) pour toutes les sections du bassin sur la base d'analyses statistiques des données hydrométriques.

7) Déterminer la disponibilité future de l'eau pour toutes les sections concernées par l'audit sous forme d'au moins trois scénarios. Les scénarios devront être basés sur les travaux existants (par exemple, l'impact sur les écoulements adaptés aux scénarios climatiques universels) tels qu'identifiés ci-dessus. Classer les scénarios de la disponibilité future de l'eau sur la base de la probabilité.

8) Quantifier, sur une base mensuelle, les utilisations présentes des eaux de surface dans toutes les sections du bassin. Faire des estimations des utilisations futures des eaux dans les différentes sections pour trois années futures (par exemple, 2010, 2020 et 2030) pour au moins cinq scénarios de développement. Classer les scénarios d'utilisations futures des eaux par ordre de probabilité.

9) Etablir un Système d'Appui à la prise de Décision (SAD) qui calcule les bilans d'eau mensuels et annuels dans toutes les sections du bassins et toutes les combinaisons de la disponibilité et utilisations actuelles et futures de l'eau ci-dessus identifiées. Créer la possibilité dans le SAD pour un utilisateur non-technicien de préparer ses propres scénarios. Il est recommandé d'établir le SAD sous un format facilement accessible à toutes les organisations concernées du bassin, notamment la WRC et la DGIRH. Les formats de logiciels suivants (par ordre de prévalence) doivent être considérés pour leur commodité pour élaborer des scénarios de gestion :

- WEAP (Water Evaluation And Planning, software from the Stockholm Environment Institute : Logiciel d'Evaluation et de Planification de l'Eau de l'Institut de l'Environnement de Stockholm). Le logiciel est conçu pour des données mensuelles, disponible gratuitement, il est compatible avec le SIG et est utilisé par la WRC.

- MS-Excel. L'avantage de ce logiciel est que tous ceux qui disposent d'un ordinateur y ont accès et il est très flexible (maniable). Toutefois, il a l'inconvénient d'avoir une interface graphique pas très présentable et nécessite beaucoup de programmation.
- MIKE Basin (logiciel de l'Institut Hydraulique Danois). C'est un logiciel assez coûteux (~7000 Euro) et exige l'entrée d'une certaine quantité de données quotidiennes. La DGIRH utilise ce logiciel.

Le logiciel choisi pour le SAD devra être approuvé par le Projet PAGEV.

10) Rédiger un rapport qui devra contenir au moins :

- Un résumé synthétique à l'intention des décideurs politiques ;
- Une description des travaux effectués ;
- Un tableau donnant un aperçu des débits du fleuve et les utilisations des eaux utilisés pour construire le SAD (en incluant l'indication de leur fiabilité);
- Un manuel d'utilisation du SAD ;
- Les limitations du SAD ;
- Les résultats de tous les scénarios sous formes de tableaux et graphiques (les scénarios devront être classés par ordre de probabilité);
- Une description technique sur la manière dont le SAD a été établi (en annexe);

Compiler sur un CD-ROM au moins les données suivantes :

- Une base de données sur les données hydrométriques des cours d'eau et les utilisations de l'eau qui ont été utilisées pour l'évaluation ;
- Le rapport ;
- Les scénarios ;
- Le DSS.

11) Organiser, en collaboration avec le PAGEV, un atelier de restitution à l'attention des organisations concernées du bassin au cours duquel le SAD sera présenté et les résultats débattus.

Il faut noter qu'il est prévu des sessions régulières d'évaluation au cours desquelles les travaux effectués jusqu'alors sont évalués par le Projet PAGEV ou un (des) expert(s) désigné(s) par le PAGEV avant la poursuite de l'audit. Ceci peut être entrepris après les étapes 3, 4, 5, 8, 9 et 10.

## **Etude de qualité des eaux de surface**

Tout d'abord, il est conseillé d'essayer d'obtenir les données relatives à la qualité des eaux à partir des organisations concernées (Section 2.3.1) et de les incorporer dans une base de données. Puis, en collaboration avec ces organisations, déterminer les sites les plus importants pour effectuer des tests de contrôle de qualité. Il faudra prendre en compte le fait qu'un réseau de contrôle de la qualité des eaux, basé en partie sur les réseaux déjà existants (Section 2.3.1), a déjà été proposé pour le cas du Burkina Faso (MAHRH, 2004: Tableau 17).

L'étude de qualité des eaux de surface peut être exécutée par le staff du PAGEV en collaboration avec les organisations gouvernementales responsables du contrôle de la qualité des eaux au Burkina Faso et au Ghana. Comme décrit dans la Section 2.3.2 des tests simples et peu coûteux peuvent facilement donner une indication approximative de la qualité de l'eau. Les sites sur lesquels les tests révèlent des valeurs plus élevées que sur d'autres et ceux qui préoccupent (par exemple le Projet d'irrigation Bagré) des prélèvements supplémentaires peuvent être effectués et envoyés dans des laboratoires pour des analyses plus approfondies. Il est recommandé que quelques-uns des prélèvements soient analysés dans deux laboratoires différents en vue d'assurer la fiabilité des résultats. L'étude de qualité des eaux doit mettre l'accent sur les zones à forte densité de population et juste en aval des activités potentiellement polluantes (Section 2.3.3; GEF, 2002 fournit de plus amples informations sur les localités) et contenir au moins une étude en saison sèche et en saison pluvieuse. Il est recommandé d'inclure également les quatre sites sur lesquels le contrôle de qualité a été réalisé à la fin des années 1970 en vue de suivre les changements dans le temps (Sabra sur le Fleuve Oti, Daboya sur la Volta Blanche, Bamboi sur la Volta Noire et Ameda sur la Basse Volta). Les paramètres qui nécessitent une attention particulière sont : Coliformes Fécales (en aval des zones urbaines), Demande d'Oxygène Biologique (notamment dans la Volta Blanche), le nitrate, les pesticides (drainage des eaux par les projets), le fer et le phosphate.

Dans le but d'examiner la cause de la faible différence de CE entre l'amont et l'aval du Projet d'irrigation de Bagré en détails (Section 2.3.2) il est recommandé de pratiquer des tests de laboratoire plus élaborés (en incluant les pesticides) sur des échantillons d'eau prélevés sur les deux sites à différentes périodes de l'année. Si possible,

les eaux drainées des parcelles d'irrigation, avant que l'eau ne se déverse dans le fleuve, devront également être testées.

Il serait bon d'étudier la relation possible entre les nutriments et la teneur en sel des eaux de surface et la prolifération des herbes aquatiques au cours de l'étude sur la qualité des eaux, en prenant en compte d'autres causes possibles que sont : la régulation du débit et les dans les apports de sédiments.

Au cas où un personnel qualifié ne serait pas disponible, un expert en qualité des eaux pourrait être recruté pour assister dans la planification de l'étude et la rédaction du rapport. Les personnes/organisations suivantes pourraient être chargées de cette tâche :

- Un membre du groupe de l'EIER qui travaille dans le domaine du contrôle de la qualité de l'eau dans les petits barrages du Burkina Faso (contact: Prof. Amadou Maïga),
- Silga Mathias (pas de détails complémentaires, nom mentionné par la DGRIH),
- Dr. Enoch B. Asane (Ghanaen, WRC),
- Dr Bisque Hamilton (WRC).

Les laboratoires suivants ont été identifiés pour l'analyse des échantillons d'eau :

- EIER (Ouagadougou),
- ONEA (Ouagadougou),
- Bureau des Mines et de la Géologie du Burkina, Service Laboratoire et Pétrographie (Bobo Dioulasso and Ouagadougou),
- WRI (Accra et Kumasi),
- GWCL (Accra).



## 6 Résumé, conclusions et recommandations

### 6.1 Résumé

Une étude préliminaire d'un audit des eaux a été exécuté pour le Bassin de la Volta au Burkina Faso et au Ghana. L'étude (dix jours ouvrables) a été essentiellement menée sur la base des sources de données existantes, des articles, des brèves visites de terrain et des discussions avec les experts intervenant dans le Bassin. L'étude a : 1) déterminé les informations disponibles et manquantes sur les utilisations actuelles et futures des eaux de surface, 2) évalué le réseau hydrométrique, 3) proposé un plan de travail méthodologique (étape – par étape) sur la manière dont l'audit peut être exécuté, 4) identifié un certain nombre de consultants qui peuvent contribuer à l'audit des eaux, 5) dressé un inventaire des études et réseaux de contrôle de qualité, 6) exécuté des tests de qualité des eaux, 7) préparé un plan d'actions pour une étude de qualité des eaux de surface, 8) évalué les ressources d'eaux souterraines et les précipitations dans le bassin.

### 6.2 Conclusions

Les écarts d'informations en ce qui concerne l'audit des eaux de surface:

- Données sur le contrôle de la qualité et la complétion des gaps dans les données hydrométriques des cours d'eau.
- Informations sur les besoins environnementaux des débits de cours d'eau.
- Informations sur les prélèvements directs à partir du fleuve et des sources pour l'irrigation dans la partie Burkinabé du Bassin de la Volta Noire.
- Informations sur les conditions des écoulements/lâchers des barrages existants et prévus au Ghana.
- Etant donné que la plupart des projets du bassin sont focalisés sur le Burkina Faso et le Ghana, les données relatives à la disponibilité et les utilisations de l'eau sont rares dans les autres pays riverains (Fleuve Oti au Togo et au Bénin, Fleuve Volta Noire en Côte d'Ivoire et au Mali).

L'accès aux informations sur les utilisations présentes et futures des eaux de surface dans le Bassin de la Volta est relativement facile. Toutes les organisations gouvernementales visitées au Burkina Faso et au Ghana chargées de la gestion des eaux de surface du Bassin sont très ouvertes pour partager les informations. En outre, il existe une quantité d'informations sur les différentes utilisations dans une documentation et rapports accessibles.

Un ensemble assez varié mais incomplet particulièrement pour la période d'avant 1980, de données hydrométriques dans tout le bassin a été obtenu pour cette évaluation au Centre Mondial de Données sur les écoulements. Des communications mensuelles des données sur les deux barrages hydroélectriques au Burkina Faso peuvent être facilement obtenues à la SONABEL (les données pour les deux dernières années ont été obtenues).

Les institutions gouvernementales habilitées du Ghana (HSD) et du Burkina Faso (DGIRH) ont fourni un aperçu des données disponibles sur les débits du fleuve. Un certain nombre d'observations a été fait sur les données hydrométriques: 1) les données hydrométriques des cours d'eau du Ghana n'offrent pas des détails sur les écarts des données ; 2) il existe probablement plus de données hydrométriques (notamment à l'IRD); 3) l'accessibilité des courbes de tarage et de jaugeage, qui sont requis pour le contrôle de qualité n'est pas claire ; et 4) les organisations gouvernementales appropriées ne sont peut être pas disposées à divulguer les données qui n'ont pas subi un contrôle de qualité (près de 40% des données du Ghana). Par conséquent, l'obtention des données hydrométriques des cours d'eau pourrait prendre un certain temps.

Il existe un nombre élevé de stations dans le bassin (plus de 200) mais un certain nombre : sont non - fonctionnels, sont situés sur des affluents relativement petits, disposent seulement de données des hauteurs (pas de courbes de tarage fiables, ont seulement des données sur quelques années ou disposent de données avec des grands gaps. C'est une forêt dans laquelle on se perd facilement.

Il existe un certain nombre de consultants potentiels au Burkina Faso et au Ghana qui peuvent prendre part à l'audit des eaux. La plupart de ces consultants possèdent une longue expérience dans l'exécution des consultations dans le bassin, mais n'étant pas disponibles en même temps, leur disponibilité pour le travail est probablement limitée.

Il existe des données ad hoc sur la qualité des eaux de surface du bassin. Néanmoins, il n'est pas aisé d'obtenir les données du fait qu'elles sont parsemées au sein de plusieurs organisations différentes. Les rares informations accessibles et les études de terrains réalisées pour la présente évaluation ont révélé qu'en général, les eaux du

fleuve ont une très faible teneur en sels minéraux et donc une bonne qualité (la Conductivité Electrique est généralement < 100 µS/cm). Cependant, la présence de contaminants microbiologiques (coliformes fécales), particulièrement dans la Volta Blanche et la Basse Volta constitue une préoccupation majeure.

Conclusions sur les ressources et la gestion des eaux dans le bassin :

- Il y a un très grand nombre d'utilisations futures probables des eaux de surface du bassin au Ghana et, dans une moindre mesure également au Burkina Faso. Cet état de faits met en exergue la nécessité d'un audit des eaux du bassin.
- La relation non linéaire entre les précipitations et le débit du fleuve (Andreini, 2000) influence le ruissellement dans le bassin et le rend très sensible aux variations climatiques .
- De grandes oscillations multi annuelles semblent être de plus en plus fréquentes et extrêmes vers la fin des années 1980 (Dai et al., 2004). Ceci pourrait provoquer de grandes variations interannuelles du débit du fleuve.
- Deux études ont investigué l'impact de scénarios climatiques universels sur les ressources en eaux du bassin de la Volta ont prévu un accroissement du débit du fleuve alors qu'une troisième prédit une diminution du débit.
- Entre 1955/65-70 et 1972-98, en amont dans la partie de la Volta Blanche du Burkina Faso, le débit moyen du fleuve a augmenté malgré la diminution des précipitations et un accroissement du nombre de barrages. Cet accroissement était dû aux changements dans l'occupation des sols, à l'accroissement des terres cultivables, et l'accroissement des sols nus et une diminution des zones couvertes de végétation naturelle. (Mahe et al., 2003 et 2005a).
- La quantité estimée des eaux souterraines extraites par les puits et forages en 2001 (GLOWA Volta) est moins de 1% de la quantité des eaux de surface.

## 6.3 Recommandations

### 6.3.1 Recommandations techniques

Les recommandations suivantes sont faites pour l'amélioration de la qualité de l'audit des eaux de surface :

1. Obtenir toutes les données d'écoulement disponibles (y compris les courbes de tarages et les jaugeages) avant le démarrage officiel de l'audit. Cela évitera de grands retards dans les délais au cours de l'audit.
2. Une visite de la VRA est recommandée en vue d'obtenir plus d'informations sur les conditions requises pour les grands barrages existants et ceux prévus au Ghana (aucun staff VRA n'était disponible lors de l'étude à Accra).
3. Mettre l'accent sur un nombre limité de stations hydrométriques clés (20 à 30) dans le bassin.
4. Déterminer les débits environnementaux n'est probablement pas une problème majeur si les historiques (avant toute intervention humaine dans le fleuve) de limnigraphes journaliers d'un site à l'amont du site écologique est disponible. Néanmoins, la collaboration avec un écologiste doit être recherchée.

Recommandations sur une étude de qualité des eaux de surface dans le bassin :

1. Obtenir des données relatives à la qualité des eaux auprès des organisations habilitées et les incorporer dans une base de données centrale en vue d'assurer leur accessibilité aux chercheurs, aux décideurs et aux chefs de programmes.
2. Utiliser les tests de terrains, pratiques et peu coûteux pour une indication approximative de la qualité des eaux et envoyer des échantillons supplémentaires des sites présentant des valeurs élevées et autres sites posant problème dans des laboratoires pour pratiquer des tests plus élaborés.
3. Mettre l'accent des études de qualité des eaux sur les zones à forte densité de population et juste en aval des activités potentiellement polluantes (à forte potentialité de pollution) et réaliser au moins une étude en saison sèche et saison pluvieuse. Il est également recommandé d'inclure les quatre sites sur lesquels le contrôle de qualité des eaux a été réalisé à la fin des années 1970 afin d'assurer un suivi des changements dans le temps.
4. Les paramètres nécessitant une attention particulière sont : coliformes fécales (en aval des zones urbaines), Demande d'Oxygène Biologique (notamment dans la Volta Blanche), le nitrate, les pesticides (drainage des eaux par les projets d'irrigation), le fer et le phosphate.

Recommandations sur le fonctionnement du réseau hydrométrique dans le Bassin de la Volta :

1. Identifier les stations hydrométriques clés dans le bassin (tout au plus 20) qui ont besoin d'être suivi pour donner un bon aperçu des données sur les ressources disponibles en eaux de surface dans le bassin (optimisation du réseau hydrométrique). Cela permettrait une utilisation optimale des ressources limitées pour la maintenance du réseau hydrométrique. Une optimisation ne devrait pas, toutefois, se

faire aux dépends des stations dites “secondaires” car les débits du fleuve varient dans le temps, à cause par exemple, de la construction d’un barrage.

2. Faire beaucoup plus d’efforts pour motiver les lecteurs d’échelles et améliorer leur engagement en les dotant par exemple de bicyclettes s’ils habitent loin de leur échelle limnimétrique et porter à leur connaissance leurs résultats annuels (hydrographes pour le site).

D’autres thèmes relatifs aux eaux de surface méritent d’être approfondis :

1. Comment le débit dans la partie en amont de la Volta Noire (au nord de l’isohyète ~700 mm) réagit aux changements de l’occupation des sols.
2. Comment les inondations au nord du Ghana sont –elles liées aux montées imprévues du débit dans les barrages en amont du Barrage de Bagré au Burkina Faso suite aux changements dans l’occupation des terres en amont de la Volta Blanche.
3. L’introduction des zones humides artificielles en aval des zones développées pour capter la pollution des eaux de surface est un sujet qui mérite d’être étudié

### **6.3.2 Collaboration et recommandations sur développement de réseau**

Les recommandations suivantes sont faites pour améliorer les résultats et l’acceptation de l’audit des eaux de surface :

1. Harmoniser les travaux futurs de l’audit des eaux avec les activités d’autres projets intervenant dans le domaine de la gestion des eaux dans le bassin. Les projets les mieux indiqués pour la collaboration sont : GLOWA-Volta, GEF-Volta et VREO pour la Volta Noire. Probablement la WRCU de l’UEMOA et/ou l’ IWMI peut assister dans la facilitation du processus. La coopération peut s’effectuer par la définition d’un but commun pour, par exemple l’établissement d’une Autorité du Bassin du Fleuve de la Volta qui prendrait des décisions informées, d’un organigramme et d’un chronogramme qui définissent la contribution de chaque projet pour l’atteinte du but commun.
2. Le Projet PAGEV peut déjà commencer l’amélioration de la gestion des eaux du bassin en facilitant le partage des informations sur les débits entre le Burkina Faso (DGRIH) et le Ghana (HSD). Les personnes interviewées des deux organisations ont montré une attitude positive pour le partage des données (négociations sur les moyens financiers sont nécessaires)
3. Le PAGEV et ses consultants doivent offrir leur assistance, en particulier à la HSD (Ghana), pour l’étude sur le contrôle de qualité. Les consultants doivent garder à l’esprit les sensibilités des organisations à fournir des données de « mauvaise » qualité.
4. En vue d’assurer la réalisation de l’audit d’un commun accord par le Burkina Faso et le Ghana, il est recommandé de porter une attention particulière aux consultants des deux pays qui collaborent physiquement dans un même bureau pendant une grande partie du temps réparti pour l’étude. Dans le cadre du renforcement des capacités, et pour une plus grande disponibilité, il convient de mettre l’accent sur le recrutement de jeunes consultants désireux de bâtir leur réputation.
5. il est recommandé de recruter au moins un ancien étudiant Ghanéen en Doctorat qui a travaillé au compte du Projet GLOWA-Volta, en vue d’assumer une bonne collaboration avec le projet le plus concerné par l’audit dans le bassin et obtenir des normes scientifiques élevées.
6. Etant donné que la branche principale du Fleuve Oti coule à travers le Togo, il est recommandé d’effectuer une visite des organisations concernées de ce pays.

## **Remerciements**

Que toutes les personnes interviewées et les organisations mentionnées dans le chronogramme soient remerciées pour leurs échanges francs et ouverts et pour l'accès aux bases de données. Les deux hydrologues du Projet PAGEV, Ludovic Tapsoba et Jacob Tumbulto, ont contribué énormément, en offrant de précieuses informations pour la présente évaluation, en prenant part aux discussions avec les organisations visitées et ; ont été d'une compagnie agréable au cours de nos déplacements à travers le bassin. Mon appréciation s'adresse à Victor pour sa conduite prudente (sans risque) lors de tous les voyages. Isaac Asamoah (WRC) a été d'une grande aide dans l'organisation de tous nos rendez – vous à Accra malgré un emploi de temps très chargé et pour ses réponses très utiles à nos questions sur la gestion dans le bassin. Kwamé Odame-Ababio (PAGEV), Olumide Akinsola et Madiodio Niasse (IUCN-BRAO) ont apporté un grand appui à Ouagadougou. Les commentaires opportuns de Michael van der Valk sur une version précédente du présent rapport ont été appréciés à leur juste valeur. Le Global Runoff Data Centre (Koblenz, Germany) est remercié pour avoir mis les données sur les données hydrométriques des cours d'eau à notre disposition.

## Revue de la littérature

Acheampong, S.Y. and J.W. Hess (1998). Hydro geologic and hydro chemical framework of the shallow groundwater system in the southern Voltaian Sedimentary Basin, Ghana. *Hydrogeology Journal*, 6, p. 527-537.

Acheampong, S.Y. and J.W. Hess (2000). Origin of the shallow groundwater system in the southern Voltaian Sedimentary Basin of Ghana: an isotopic approach. *Journal of Hydrology*, 233, p. 37-53.

Amisigo, B., T. Berger, M. Iskandarani, W. Laube, J. Liebe, O. Müller, P. Obeng-Asiedu, Y. Osei-Asare, C. Ringler, N. van de Giesen, A. van Edig and C. van der Schaaf (2003). Optimising water use for future supply and demand. Centre for Development Research, Bonn University, Germany.

Amoah, C.A. (1999). Overview of microbiological studies on the Volta Lake. in: C. Gordon and J.K. Amatekpor, The sustainable integrated development of the Volta Basin in Ghana. Volta Basin Research Project, p.33-39.

Andah, W.E.I., N. van de Giesen and C.A. Biney (2003). Water, climate, food and environment in the Volta Basin. Contribution to the project ADAPT, Adaptation strategies to changing environments.

Andreini, M., N. van de Giesen, A. van Edig, M. Fosu and W. Andah (2000). Volta basin water balance. ZEF-Discussion Papers on Development Policy no. 21, Bonn, Germany.

Andreini, M., P. Vlek and N. van Giesen (2002). Water sharing in the Volta Basin. in: *Regional Hydrology: Bridging the Gap between Research and Practice*, IAHS Publication 274, p. 329-335.

Ardoin, S., H. Lubes-Niel, E. Servat, A. Dezetter, J.F. Boyer, G. Mahe and J.E. Paturol (2003). Analyse de la sécheresse en Afrique de l'ouest: caractérisation de la décennie 1990. in: *Hydrology of the Mediterranean and Semiarid Regions*, IAHS publication, 278, p. 223-228.

Asante, F., T. Berger, S. Engel and M. Iskandarani (2002). Water security in the Ghanaian Volta Basin: Patterns, determinants, and consequences. *Quarterly Journal of International Agriculture* 41, No. 1/2, p.145-167.

Berger, T., S. Park, F. Vescovi, P.L.G. Vlek, N. van de Giesen (2001). Sustainable water use under changing land use, rainfall reliability, and water demands in the Volta basin (GLOWA Volta). *IHPD Newsletter* 6, p.14-15.

Chisholm, N.G. and J.M. Grove (1985). The lower Volta. In: A.T. Grove (ed.). *The Niger and its neighbours*, Balkema, Rotterdam.

CSIR (2000). Water Resources Management Problems Identification, Analysis and Prioritization Study. CSIR Water Research Institute, Water Resources Commission, Ghana.

Dai, A., P.J. Lamb, K.E. Trenberth, M. Hulme, P.D. Jones and P. Xie (2002). The recent Sahel drought is real. *International Journal of Climatology*, 24, p.1323-1331.

DANIDA (2001). Etat des lieux des ressources en eau du Burkina Faso et de leur cadre de gestion. Ministère de l'Environnement et de l'Eau, Secrétariat Général, Direction Générale de l'Hydraulique, Royaume de Danemark Ministères des Affaires Etrangères.

Dapaah-Siakwan, S. and P. Gyau-Boakye (2000). Hydrogeologic framework and borehole yields in Ghana. *Hydrogeology Journal* 8, p. 405-416.

Diello, P., G. Mahe, J.M. Paturol, A. Dezetter, F. Delclaux, E. Servat et F. Ouattara (2005). Relations indices de végétation pluie au Burkina Faso: cas du bassin versant du Nakambé. *Hydrological Sciences Journal*, 50(2), p. 207-221.

Edit, A. van, S. Engel and W. Lube (2003). Ghana's water institutions in the process of reform: from the international to the local level (2003). GLOWA Project, University of Bonn.

- Edig, A. van, N. van de Giesen, M. Andreini and W. Laube (2001). Transboundary, institutional and legal aspects of the Water Resources Commission in Ghana. IHP/OHP Nationalkommittee, Hydrological Challenges in Transboundary Water Resources Management, Sonderheft 12, Koblenz, p.391-400.
- Friesen, J., M. Andreini, W. Andah, B. Amisgo and N. van de Giesen (2005). Storage capacity and long-term water balance of the Volta Basin, West Africa. in: Regional Hydrological Impacts of Climatic Change - Hydroclimatic Variability, IAHS publication 296, p. 138-145.
- GEF (2002). Volta River Basin preliminary transboundary diagnostic analysis, final report. Global Environment Programme Project Facility.
- Giesen, N. van de, M. Andreini, A. van Edig and P. Vlek (2001). Competition for water resources in the Volta basin. in: Regional Management of Water Resources, IAHS Publ. no. 268, p.199-205.
- Giesen, N. van de, H. Kustmann, G. Jung, J. Liebe, M. Andreini and P.L.G. Vlek (2002). The GLOWA Volta Projects: integrated assessment of feedback mechanisms between climate, landuse and hydrology. in: Beniston M. (ed.) Climatic Change. Implications for the hydrological cycle and for water management, Advances in Global Change Research, 10, p.151-170.
- Gleick, P. (2002). The World's Water, The Biennial Report on Freshwater Resources 2002-2003. Island Press, Washington.
- Goes, B.J.M. (2002). Effects of river regulation on aquatic macrophyte growth and floods in the Hadejia-Nguru Wetlands and flow in the Yobe River, northern Nigeria; implications for future water management. River Research and Applications, Vol.18, Issue 1, p. 81-95.
- Gyau-Boakye, P. and G.A. Schultz (1994). Filling gaps in runoff time series in West Africa. Hydrological Sciences Journal, 39, p. 621-636.
- Gyau-Boakye, P. and J.W. Tumbuloto (1999). The Volta Lake and declining rainfall and stream flows in the Volta River Basin. Environment, Development and Sustainability 2, p. 1-10.
- l'Hôte, Y., G. Mahé, B. Somé and J.P. Triboulet (2002). Analysis of a Sahelian annual rainfall index from 1896 to 2000; the drought continues. Hydrological Sciences Journal, 47(4), p.563-572.
- Hubert, P., J.P. Carbonnel and A. Chaouche (1989). Segmentation des séries hydrométéorologiques - application à de séries de précipitations et de débits de l'Afrique de l'Ouest. Journal of Hydrology, 110, p. 349-367.
- IUCN-BRAO (2004). Improving water governance in the Volta Basin. Project Proposal, The World Conservation Union - West Africa Office.
- IUCN-HNWCP (1999). Water Management Options for the Hadejia-Jama'are-Yobe River Basin. IUCN-Hadejia-Nguru Wetlands Conservation Project, Nigeria.
- Jones, J.A.A. (1997). Global Hydrology: Processes, resources and environmental management. Longman Singapore Publishers.
- Kam, S.L.E. (2002). Mission d'appui à l'amélioration de la qualité et à la réorganisation des données de la DIRH. Ministère de l'Agriculture de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques.
- Kunstman, H. and G. Jung (2003). Investigation of feedback mechanisms between soil moisture, land use and precipitation in West Africa. in: Water Resources Systems - Water Availability and Global Change, IAHS publication 280, p. 149-159.
- Kunstman, H. and G. Jung (2005). Impact of regional climate change on water availability in the Volta basin of West Africa. in: Regional Hydrological Impacts of Climatic Variability and Change - Impact Assessment and Decision Making, IAHS publication 295, p. 75-85.

Kunstman and Stadler (in press). Operational High Resolution Meteorological and Hydrological Analysis as Decision Support System in integrated water resources management. Paper submitted for publication in IAHS Redbook Series.

Laube, W. and N. van de Giesen (in press). Ghanaian water reforms, institutional and hydrological perspectives. Paper accepted for publication in: *The Role of Hydrological Information in Water Law and Policy: Current Practice and Future Potential*, ed. by J. S. Wallace, P. Wouters, and S. Pazvakavamba. Kluwer Academic Publishers.

Lawson, G.W. (1963). Volta Basin Research Project. *Nature*, 199, p. 858-859.

Leduc, C., G. Favreau, and P. Schroeter (2001). Long-term rise in a Sahelian water-table: the Continental Terminal in South-West Niger. *Journal of Hydrology*, 243, p. 43-54.

Liebe, J. (2002). Estimation of water storage capacity and evaporation losses of small reservoirs in the upper east region of Ghana. Diploma thesis, University of Bonn.

MAHRH (2004). Plan de conception et de mise en œuvre du Système National d'Information sur l'Eau (SNIEau). Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques, Direction Générale de l'Inventaire des Ressources hydrauliques.

MMCE (2001), Mémorandum pour les négociations avec le Ghana (sur Projet Numbiel). Ministère des Mines, des Carrières et de l'Energie, Ouagadougou.

Mahe, G, Y. l'Hote, J.C. Olivry and G. Wotling (2001). Trends and discontinuities in regional rainfall of West and Central Africa: 1951-1989. *Hydrological Sciences Journal*, 46(2), p. 211-226.

Mahe, G., C. Leduc, A. Amani, J.E. Patuel, S. Girard, E. Servat and A. Dezetter (2003). Augmentation récente du ruissellement de surface en région soudano sahélienne et impact sur les ressources en eau. in: *Hydrology of the Mediterranean and Semiarid Regions*, IAHS publication 278, p. 215-222.

Mahe, G., J.E. Patruel, E. Servat, D. Conway and A. Dezetter (2005a). The impact of land use change on soil water holding capacity and river flow modelling in the Nakambé River, Burkina-Faso. *Journal of Hydrology*, 300, p. 33-43.

Mahe, G., J.C. Olivry and E. Servat (2005b). Sensibilité des cours d'eau ouest-africains aux changement climatiques et environnementaux: extrêmes et paradoxes. dans: *Regional Hydrological Impacts of Climatic Change - Hydroclimatic Variability*, IAHS Publication 296, p. 169-177.

Meigh, J. (1995). The impact of small farm reservoirs on urban water supplies in Botswana. *Natural Resources Forum*, 19(1), p.71-83.

Meigh, J., S. Folwell and C. Sullivan (2005). Linking water recourses and global change in West Africa: options for assessment. in: *Regional Hydrological Impacts of Climate Change - Impact Assessment and Decision Making*, IAHS publication 295, p. 297-306.

NIRAS (2004). Field visit White Volta 26-29 August 2004 Surface Water Investigations Adviser. Integrated Water Resources Management Component of the DANIDA-assisted WSSPS II (2004-2008), Water Resources Commission, Ghana.

Obeng-Asiedu, P. (2004). Allocating water resources for agricultural and economic development in the Volta River Basin. Glowa-Volta Project.

Opoku-Ankomah, Y. and M.A. Forson (1998). Assessing surface water resources of the South-Western and Coastal basin systems of Ghana. *Hydrological Sciences Journal*, 43(5), p. 733-740.

Orstom (1977). Le Bassin du Volta. Monographies Hydrologiques Orstom, Paris.

Ouedraogo, M., J.E. Patuel, G. Mahe, E. Servat, A. Dezetter and D. Conway (2001). Influence de la nature et de l'origine des données sur la modélisation hydrologique de grands bassins versant en Afrique de l'Ouest. dans:

Soil-Vegetation-Atmosphere Transfer Schemes and Large-Scale Hydrological Models, IAHS Publication 270, p. 209-214.

Ozer, P., M. Erpicum, G. Demarée and M. Vandiepenbeeck (2003). The Sahelian drought may have ended during the 1990s. *Hydrological Sciences Journal*, 48(3).

PAGEV (2005). Project for Improving Water Governance in the Volta Basin. Volta Water Governance Project, Ouagadougou.

Pouyard, B. (1987). Variabilité spatiale et temporelle des bilans hydriques de quelques bassins versants d'Afrique de l'ouest en liaison avec les changements climatique. in: *The Influence of Climate Change and Climate Variability on the Hydrologic Regime and Water Resources*, IAHS Publ. 168, p. 447-461.

Reij, C., G. Tappan and A. Belemvire (in press). Changing land management practices and vegetation on the Central Plateau of Burkina Faso (1968-2002). Paper accepted for publication in *Journal of Arid Environments*.

Sander, P. M.M. Chesley and T.B. Minor (1996). Groundwater assessment using remote sensing and SIG in a rural groundwater project in Ghana: lessons learned. *Hydrogeology Journal* 4 (3), p. 40-49.

Shahin, M. (2002). *Hydrology and water resources of Africa*. Kluwer Academic Publishers.

Sommen, J.J. van der and W. Geirnaert (1988). On the continuity of aquifer systems on the crystalline of Burkina Faso. in: I. Simmer (ed.), *Estimation of Natural Groundwater Recharge*, NATO ASI Series Vol.222, p.29-45.

Vescovi, F.D., S. Duadze and G. Menz (2002). Use of remote sensing for land use and natural resources investigations in the Volta basin. GLOWA Project, University of Bonn.

ZEF (2002). GLOWA Volta Phase II. Zentrum für Entwicklungsforschung.



## Annexe 1a: Données pour les stations hydrométriques au Burkina Faso, Volta Blanche & Oti (Kam, 2002)

<i>IDENTIFICATION DES STATIONS HYDROMETRIQUES</i>											
<i>BASSIN VERSANT DU NAKANBE</i>											
<i>N°</i>	<i>Superficie Bassin Versant Km<sup>2</sup> (2)</i>	<i>Cours d'eau (3)</i>	<i>Nom de la station (4)</i>	<i>Coordonnées (5)</i>	<i>Ancien Code (6)</i>	<i>Code OMM Proposé p/c 2001 (7)</i>	<i>Année création (8)</i>	<i>Equipement station E/LG (9)</i>	<i>Nature station N/D (10)</i>	<i>Objectif (11)</i>	<i>Observations (12)</i>
1	16965	Nakanbé	Bissiga	12°46' N 01°09' W		19315140	03/1975	LG	D		S
2	2375	Nakanbé	Rambo	13°36' N 02°04' N	1931420	19315010	1983	LG	D		S
3	20800	Nakanbé	Wayen	12°23' N 01°05' W	1931725	19315160	1955	LG	D	<i>Stat témoin Ress. en eau</i>	S
4	33120	Nakanbé	Bagré	11°27' N 00°33' W	1931830	19315300	05/1974	LG	D	<i>Etudes Barrage hydroélectrique</i>	F
5	.....	Nakanbé	Ziga	12°33'20" N 01°04' W		19315150	1984	LG	D	<i>Etudes site barrage</i>	F
6	3960	Nakanbé	Tampelga	13°07'54" N 01°17' W		19315135	1997	LG	D		<i>corrélation avec Bissiga</i>
7	8000	Nakanbé	Dourou	13°01' N 02°0' W		19315021	1996	E	N		?
8	34		Petit Bagré	11°28'40" N 0°32' W	1931760	19315310	~1984			<i>Hydraulique agricole</i>	S
9	30200	Nazinon	Niaogho	11°46' N 00°45' W	1931770	19315260	06/1963	LG	D		S
10	3400	Nakanbé	Ramsar	13°29'35" N 02°06'53" W		19315020	1983	LG	D		F
11	4540	Nazinon	Dakaye	11°46' N 01°36' W	1931565	19316020	04/1975	LG	D		S
12	7600	Nazinon	Nobéré	11°26' N 01°11' W	1931695	19316030	1965	LG	D		S
13	1210	Nazinon	Sakoinsé	12°12' N 02°01' W	1931535	19316010	1963/1975	LG	D		F
14	2100	Massili	Gonsé	12°29' N 01°24' W	1931590	19315200	1975	LG	D		S
15	2120	Massili	Loumbila	12°29' N 01°24' W	1931650	19315190	1956	E	N	<i>Stat. témoin AEP Ouaga</i>	S

**IDENTIFICATION DES STATIONS HYDROMETRIQUES**

**BASSIN VERSANT DU NAKANBE**

<b>N°</b>	<b>Superficie Bassin Versant Km² (2)</b>	<b>Cours d'eau (3)</b>	<b>Nom de la station (4)</b>	<b>Coordonnées (5)</b>	<b>Ancien Code (6)</b>	<b>Code OMM Proposé p/c 2001 (7)</b>	<b>Année création (8)</b>	<b>Equipement station E/LG (9)</b>	<b>Nature station N/D (10)</b>	<b>Objectif (11)</b>	<b>Observations (12)</b>
16	4050	Nouhao	Bittou	11°11' N 00°17' W	1931845	19315330	1973	LG	D		S
17	3240	Sissili	Nebbou	11°17' W 01°56' WD	1931550	19317010	1974	LG	D		S
18	9180	Nakanbé	Kampala (Amont)	11°13' N 00°56' W		19316040	1955	LG	D		F
19	10260	Pendjari	Arly	11°26' N 01°34' E	1931830	19318040	1976	LG	D		S
20	350	Affl. Massili	Barrage Ouaga III	12°23' N 01°33' W	1931493	19315230	1955	E	N	AEP Ouaga	S
21	368		Barrage Mogtêdo	12°18'22" N 00°49'25" W	1931690	19315210	1965	E	N		F
22	151		Barrage Ouahigouya	13°35' N 02°26' W	1931370	19315040	07/1984	E	N		S
23	2560	Lac	Bam	13°20' N 01°31' W	1931595	19315060	1966	E/LG	N/D		S
24	5640	Kompienga	Tagou	11°09' N 00°37' E		19318010	1970	E	N		F
25	198	Lac	Sian	13°05'42" N 01°13'11" W	1931600	19315090	1984	LG	N		S
26	402	Lac	Dem	13°10'20" N 01°10' W	1931620	19315080	1984	LG	N		S
27	468		Barrage Louda	13°01'14" N 01°01'21" W	1931670	19315130	1984	E	N	Hydraulique agricole	F
28	4560	Singou	Samboali	11°16' N 01°01' W		19318030	1976	LG	D		S
29	6120	Sissili	Kounou	11°05' N 01°29' W		19317020	03/1979	LG	D		S
30	10100	Nakanbé	Yilou	13°00' N 01°33' W	1931580	19315100	04/1973	LG	D		F
31	31680 (33000)	Nakanbé	Yakala	11°31' N 00°42' W	1931785	19315290	05/1954	LG	D		F
32	6050	Doudodo	Arly	11°32' N	1931820	19318050	1969	LG	D		S

**IDENTIFICATION DES STATIONS HYDROMETRIQUES**

**BASSIN VERSANT DU NAKANBE**

<b>N°</b>	<b>Superficie Bassin Versant Km² (2)</b>	<b>Cours d'eau (3)</b>	<b>Nom de la station (4)</b>	<b>Coordonnées (5)</b>	<b>Ancien Code (6)</b>	<b>Code OMM Proposé p/c 2001 (7)</b>	<b>Année création (8)</b>	<b>Equipement station E/LG (9)</b>	<b>Nature station N/D (10)</b>	<b>Objectif (11)</b>	<b>Observations (12)</b>
				<i>01°34' E</i>							
33	10700	Nazinon	Ziou	<i>11°05'46"N 00°42'12"</i>	1931681	19316050	1990	LG	D		S
34	11360	Nakanbé	Yabo	<i>12°59' N 01°28' W</i>	1931530	19315110	1984	E	D		F
35	972	Tcherbo	Bagré	<i>11°36' N 01°34' W</i>	1931816	19315320	1976	LG	D		S
36	6984		Barrage de Kompienga	<i>11°05'N 0°43'E</i>		19318020	1988	LG	N		S
37	28		Barrage Napagtenga	<i>12°13'31" N 01°21'14" W</i>	19315570	19315250	1966	E	N		F
38	470	(Massili)	Barrage Nagbangré	<i>12°11'32" N 01°24'14" W</i>	1931560	19315240	1983	E	N		F
39	66,3		Bge Koubri II	<i>12°12'16" N 01°21'07" N</i>		19315241	1995	E	N		F
40	148		Bge Wedbila	<i>12°08' N 01°25' W</i>	19311815	19315242	1986	LG	N		F
41	11800		Mané	<i>12°58' N 01°20' W</i>		19315120	06/1955	E	D		F
42	2536	Dougoulamondi	Komtoega nouvelle	<i>11°54' 34"N 00°41' W</i>	1931720	19315270	1994	LG	D		S
43	100		Bge Tensobentenga	<i>11°59' N 00°16' W</i>		19315271	1989	E	N		F
44	102		Bge Itengué	<i>12°12' N 00°23' W</i>		19315272	1989	E	N		S
45	272	Tcherbo	Sanogho	<i>11°43' N 00°33' 35" W</i>		19315340	1994	LG	D		S
46	(94)		Barrage Manga (Louré)	<i>11°40' N 01°02'33" W</i>		19315295	1989	E	N		S
47	44		Bge Pibaoré	<i>12°54' N 00°49' W</i>		19315122	1995	E	N		S
48	1000		Bge Korsimoro	<i>12°49' N 01°02' W</i>		19315121	1989	E	N		F

**IDENTIFICATION DES STATIONS HYDROMETRIQUES**

**BASSIN VERSANT DU NAKANBE**

<b>N°</b>	<b>Superficie Bassin Versant Km² (2)</b>	<b>Cours d'eau (3)</b>	<b>Nom de la station (4)</b>	<b>Coordonnées (5)</b>	<b>Ancien Code (6)</b>	<b>Code OMM Proposé p/c 2001 (7)</b>	<b>Année création (8)</b>	<b>Equipement station E/LG (9)</b>	<b>Nature station N/D (10)</b>	<b>Objectif (11)</b>	<b>Observations (12)</b>
49	1110	Kourigui	Niessega	13°07' N 02°21' W		19315025	1995	E	D		S
50	660		Barrage Seguénega	13°28' N 01°57' W		19315026	1995	E	N		F
51	400		Bge Titao	13°46'37" N 02°04' W		19315011	1989	E	N		F
52	70		Bge Sylia	13°44'14" N 02°10' W		19315012	1989	E	N		F
53	450		Bge Tougou	13°40' 47" N 02°12'47" W		19315050	1982	E	N		F
54	151		Bge Goinré	13°37'28" N 02°26'34"		19315030	1985	E	N		S
55	245		Bge Koulniéré	13°14'26" N 01°42'03" W		19315053	08/1989	E	N	Agricole	F
56	192		Barrage de Donsé	12°34'47" N 01°24'27" W		19315180	1983	E	N		F
57	72		Bge Nagréongo	12°29'36" N 01°10'21" W		19315155	1995	E	N		F
58	175		Bge Tamasgo	13°15' N 01°16' W	1931640	19315070	07/1984	E	N		F
59	22		Bge Gha	13°12'38" N 01°17' W		19315065	1995?	E	N		F
60	450		Bourzanga	13°40' N 01°33' W		19315051	1990	E	N		F
61	33120		Barrage de Bagré	11°28'38" N 00°32'44" W		19315310	1994	E	N		S
62			Bagré aval	11°28'38" N 00°32'44" W		19315311	1996	E	D	Débit turbiné	S
63		Koulpélé	Niarba	11°41' N 00°52' W		19315280	?		D	Etude de barrage	S
64	198		Bge Pabré	12°30'20" N 01°35' W		19315170	1983	E	N		F

**IDENTIFICATION DES STATIONS HYDROMETRIQUES**

**BASSIN VERSANT DU NAKANBE**

<b>N°</b>	<b>Superficie Bassin Versant Km<sup>2</sup> (2)</b>	<b>Cours d'eau (3)</b>	<b>Nom de la station (4)</b>	<b>Coordonnées (5)</b>	<b>Ancien Code (6)</b>	<b>Code OMM Proposé p/c 2001 (7)</b>	<b>Année création (8)</b>	<b>Equipement station E/LG (9)</b>	<b>Nature station N/D (10)</b>	<b>Objectif (11)</b>	<b>Observations (12)</b>
65		<i>Kouplélégo</i>	<i>Gonaba Amont</i>	<i>11°29'17''N 0°21'23''E</i>		<i>19318017</i>	<i>4/1984</i>	<i>LG</i>	<i>D</i>		<i>S</i>
66		''	<i>Gonaba aval</i>	<i>11°28'N 0°23'39''E</i>		<i>19318018</i>	<i>1984</i>		<i>D</i>		<i>S</i>
67	<i>150</i>		<i>Bge Kamboinsé</i>	<i>12°27'23''N 1°33'09''W</i>		<i>19315176</i>	<i>?</i>	<i>E</i>	<i>N</i>		<i>F</i>
68	<i>434?/125?</i>		<i>Bge Boulbi</i>	<i>12°14'11''N 1°02'22''W</i>		<i>19315237</i>	<i>?</i>	<i>E</i>	<i>N</i>		<i>F</i>
69		<i>Kompienga</i>	<i>Kompienga aval</i>	<i>11°05'N 0°43'E</i>		<i>19318021</i>		<i>E</i>			<i>S</i>

Légende D=(Débits); N= (Niveau); LG = (Limnigraph);  
S=actif en 2000 (Suivi en 2000); F= (Fermée); E= (Echelle limnimétrique)





**PARCOURS CHRONOLOGIQUE DES STATIONS HYDROMETRIQUES DU BASSIN VERSANT DU NAKANBE**

N° Station/BR	Années																																																					
	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001							
60 Tensobentenga																																																						
61 Itengué																																																						
62 Gonaba Aval																																																						
63 Manga ( Louré)																																																						
64 Bge Korsimoro																																																						
65 Niésséga																																																						
66 Moro Naba				--	--		--	--	--	--	--																																											
67 Bge Pibaoré																																																						
68 Bge Boulbi																																																						
69 Bge Kamboinsé																																																						
70 Bge Kompienga																																																						
71 Kompienga Aval																																																						
72 Kompienga site																																																						
73 Pont Université																																																						
74 Canal Université																																																						
<b>Total</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>17</b>	<b>19</b>	<b>22</b>	<b>22</b>	<b>25</b>	<b>31</b>	<b>39</b>	<b>42</b>	<b>43</b>	<b>42</b>	<b>39</b>	<b>39</b>	<b>40</b>	<b>39</b>	<b>33</b>	<b>22</b>	<b>26</b>	<b>39</b>	<b>44</b>	<b>43</b>	<b>35</b>	<b>32</b>	<b>35</b>	<b>36</b>							



## Annexe 1a: Données des stations hydrométriques au Burkina Faso, Volta Noire (Kam, 2002)

### IDENTIFICATION DES STATIONS HYDROMETRIQUES

#### BASSIN VERSANT DU MOUHOUN

N°	Superficie Bassin Versant (2)	Cours d'eau (3)	Nom de la station (4)	Coordonnées (5)	Ancien Code (6)	Code OMM Proposé (7)	Année création (8)	Equipement station E/LG (9)	Nature station N/D (10)	Objectif (11)	Observations (12)
1	1100	Plandi	Lanviéra	11°16'N 04°56'W		19311020	1961	LG	D		S
2	780	Dienkoa	Guéna	11°05'N 04°41'N		19311040	1962	LG	D		S
3	2816	Mouhoun	Banzo	11°19'N 04°49'W		19311050	1959	LG	D		S
4	4580	Mouhoun	Samandéni	11°28'N 04°28'W		19311100	1955	LG	D		S
5	405	Kou	Nasso (Amont)	11°12'N 04°26'W		19311200	1961	LG	D		S
6	412	Kou	Dindéresso	11°13' N 04°31' W		19311230	1975	LG	D		S
7	632	Kou	Diaradougou	11°18' N 04°31'W		19311240	1959	LG	D		S
8			Canal porcherie	11°21'20'' N 04°24' W		19311250	1982 (83?)	E	D		S
9	971	Kou	Badara	11°22'N 04°22'W		19311260	1955	LG	D		S
10	14800	Mouhoun	Nwokuy PT	12°31'N 03°33'W		19311500	1955	LG	D		S
11		Mouhoun	Nwokuy Aval	12°31'29'' N 03°32'43'' W		19311510	1986	LG	D	Calcul hydraulique / Manning S.	S
12		Sourou	Barrage Léry	12°45'N 03°26'W		19312050	1976	E	N		S
13		Sourou	Pt Léry Nord	12°45'N 03°26'W		19312060	09/1952	E	D		F
14		Sourou	Yaran	12°58'N 03°27'W		19312040	1955	E	N	Agriculture + AEP	S
15	47000	Sourou	Confluent Sourou/Mouhoun	12°45'N 03°25' W		19312070	1955	E	D		F

**IDENTIFICATION DES STATIONS HYDROMETRIQUES**

**BASSIN VERSANT DU MOUHOUN**

<b>N°</b>	<b>Superficie Bassin Versant (2)</b>	<b>Cours d'eau (3)</b>	<b>Nom de la station (4)</b>	<b>Coordonnées (5)</b>	<b>Ancien Code (6)</b>	<b>Code OMM Proposé (7)</b>	<b>Année création (8)</b>	<b>Equipement station E/LG (9)</b>	<b>Nature station N/D (10)</b>	<b>Objectif (11)</b>	<b>Observations (12)</b>
16		Sourou	Di	13°11'N 03°25'W		19312020	1955	E	N		F
17	(47000)	Mouhoun	Manimenso	12°44'32'' N 03°24'W		19313030	1955	E	D	St. témoin AEP Kdgou	S
18	1890	Vranso	Ninion	12°31'N 02°23'W		19313120	1971	LG	D		S
19	32700	Mouhoun	Ténado	12°13'N 02°50'W		19313200	1975	LG	D	St. témoin AEP Kdgou	S
20	37140	Mouhoun	Boromo	11°47'N 02°55'W		19313300	1955	LG	D		S
21	1720	Bolo	Poura	11°42'53'' N 02°44'6'' W		19313320	1984	LG	D		S
22	3510 (3780 ird)	Grand Balé	Pa	11°36'N 03°11'W		19313400	1966	LG	D		S
23	50820	Mouhoun	Ooussa	11°01'N 02°49'W	1931310	19313600	05/1969	LG	D		S
24	6345	Bougouriba	Dan	10°55'N 03°39'W	1931130	19314100	1970	LG	D		S
25	12200	Bougouriba	Diébougou	10°56'N 03°10'W	1931250	19314200	1955	LG	D		S
26	66540 (sans Sourou)	Mouhoun	Dapola	10°34'N 02°55'W	1931270	19314750	1955	LG	D		S
27	5630	Bambassou	Batié	09°59'N 02°54'W	1931280	19314800	06/1971	LG	D		S
28	87100	Mouhoun	Noumbiel	09°41'N 02°49' W	1931330	19314900	07/1975	LG	D		S
29	?		Mare aux Hypopotames	11°33'50'' N 04°09'10'' W		19311390		E	N	Stat témoin Zone humide	S
30	1600		Confluent Kou/Niamé	11°21'10'' N 04°20'10'' W		19311330	9/1980	LG	D	Assain. vallée du Kou	S
31	?	Niamé	Pesso	11°19'15'' N		19311310				Zone	S

**IDENTIFICATION DES STATIONS HYDROMETRIQUES**

**BASSIN VERSANT DU MOUHOUN**

N°	Superficie Bassin Versant (2)	Cours d'eau (3)	Nom de la station (4)	Coordonnées (5)	Ancien Code (6)	Code OMM Proposé (7)	Année création (8)	Equipement station E/LG (9)	Nature station N/D (10)	Objectif (11)	Observations (12)
				04°15'26'' W						humide	
32	?	Niamé	Desso	11°21'10 N 04°17'15'' W		19311320			D	Zone humide	S
33	?	Kou	Guinguette	11°11' N 04°26'25'' W		19311190			D	Source	S
34	13600	Mouhoun	Tourouba	12°22'N 03°43'W		19311450	1954		D		F
35	49500	Mouhoun	Niompourou Douroula	12°36' N 03°15' W		19313050	09/1952	E	D		F
36	6700	Vounhou	Bourasso	12°37' N 03°41' W		19311440	8/1962	E	D		F
37	?	Mouhoun	Poura			19313750	1984		D	AEP Mine	F
38	2500	Vranso	Poun	12°26'N 02°35'W		19313140	1977	LG	D		F
39	2500	Sourou	Pont de Léry Sud	12°45'N' 03°26'W		19312060	09/1952	E	D		S
40		Sourou	Toumani	12°47'N 03°27'W		19312050	10/1952	E			F
41	405	Kou	Nasso milieu	11°12'N' 04°26'W		19311201	1961	LG	D		S
42	405	Kou	Nasso aval	11°12'N' 04°26'W		19311202	1961	LG	D		S
43	166		Barrage Sambisgo	12°09' N 02°21' W		19313210	?	E	N	AEP Kdgou	S par ONEA
44		Poni	Gaoua	10°19'45''N 03°11'50''W		19314600	?		D		F
45	?	Pouéné	Batié	10°20'N 03' 12'W		19314950	?		D		F
46	?	Kou	Kodala	11°03'N 04°26'15''W		19311170			D		F
47	162	Yengué	Moami	11°03'N 20''N 04°26'30'' W		19311210			D		S

**IDENTIFICATION DES STATIONS HYDROMETRIQUES**

**BASSIN VERSANT DU MOUHOUN**

<b>N°</b>	<b>Superficie Bassin Versant (2)</b>	<b>Cours d'eau (3)</b>	<b>Nom de la station (4)</b>	<b>Coordonnées (5)</b>	<b>Ancien Code (6)</b>	<b>Code OMM Proposé (7)</b>	<b>Année création (8)</b>	<b>Equipement station E/LG (9)</b>	<b>Nature station N/D (10)</b>	<b>Objectif (11)</b>	<b>Observations (12)</b>
48	260	Yengué	Nasso	11°12'N' 04°26'W		19311220		E	D		S
49		Mouhoun	Lahirasso	11°52'N 04°05'N		19311420			N		F
50	38	Farako	Pt de Farakoba	11°05'N 04°21'W		19311160	1961	E	D		F
51		Kou	Koumi	11°08' N 04°25'N		19311180					S

Légende: D = (Débits); N= (Hauteur d'eau); LG= (Limnigraphe);  
S = actif en 2000 (Suivi en 2000); F=(Fermée); E= (Echelle limnimétrique)

		PARCOURS CHRONOLOGIQUE DES STATIONS HYDROMETRIQUES DU BASSIN VERSANT DU MOUHOUN																																																		
		Années																																																		
		1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001				
N° Station/BR																																																				
1 Sambisgo																																																				
2 Guéna								--	--												--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--					
3 Lanviéra							--													--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--					
4 Banzo					--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--				
5 Samandéni	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--				
6 Koumi																																														--	--	--	--			
7 Dindéréso																														--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
8 Nasso Amont						--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
9 Bana																																													--	--	--	--				
10 Badara	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
11 Confl Niamé Baoulé																											--	--							--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
12 Nwokuy Amont	--	--	--	--		--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
13 Bourasso								--																																												
14 Nwokuy Aval																																																		--	--	
15 Bge Léry																											--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
16 Yaran	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
17 Diaradougou					--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
18 Léry Nord	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
19 Manimenso	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
20 Confluent S/Mhn	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
21 Niampourou		--		--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
22 Tourouba	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
23 Baï	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
24 Di		--	--	--	--	--																																														
25 Tenado																								--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
26 Ninion																		--	--	--	--	--																			--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
27 Boromo	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
28 Bolo/Poura																																																				
29 Ouessa																																																				

		PARCOURS CHRONOLOGIQUE DES STATIONS HYDROMETRIQUES DU BASSIN VERSANT DU MOUHOUN																																																		
		Années																																																		
N° Station/BR	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001					
30 Dapola	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
31 Dan																																																				
32 Diébougou	--	--	--	--																																																
33 Batié																																																				
34 Kodara																																																				
35 Nombiel																																																				
38 Pa																																																				
39 Poun																																																				
40 Kouri/52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
41 Sakabi																																																				
42 Bourasso								--																																												
43 Lahirasso								--	--	--																																										
44 Farakoba							--		--	--	--																																									
45 Pont Léry sud	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
46 Mouhoun à Poura																																																				
47 Desso																																																				
48 Guiédougou																																																				
49 Lawra ( GH)	--	--	--	--	--	--																																														
50 Bama					--	--	--	--	--																				--	--																						
51 Toumani		--	--	--	--	--	--																																													
53 Yengué/ Nasso																																																				
54 Mare aux hypo																																																				
TOTAL	15	18	17	19	19	20	19	23	22	21	19	17	17	16	17	17	17	17	16	18	18	19	20	20	21	22	23	21	21	27	30	31	31	30	25	27	28	32	29	26	23	26	25	26	26	25	25					

## Annexe 1b: Données des stations hydrométriques dans le Bassin de la Volta Basin au Ghana (source: HSD)

Sous Basins	Cours d'eau	Type	Nom de la Station	Numéro Station	Superficie	Appareil	Zero	Région	Projet	Création	Fermé
Afram	Kyeremfa	Affluent	Kyeremfaso U/S	1014005	466.00	1038.	ft	Ashanti	GoG	01-déc-71	
Afram	Afram	Affluent	Aframso	1014002	493.00	83.54	ft	Ashanti	WRIS	1-jan-67	
Afram	Kowire	Affluent	Agogo	1014009	139.00	885.4	ft	Ashanti	GoG	1-jan-67	1-mar-90
Afram	Awura	Affluent	Awuraso	1014004	2.00		ft	Ashanti	GoG	10-jan-69	1-oct-93
Afram	Chirade	Affluent	Chiradeso	1014003	116.00	973.0	ft	Ashanti	GoG	1-jan-67	31-déc-81
Afram	Afram	Affluent	Drabonso	1014010				Ashanti	GoG	17-déc-75	31-déc-79
Afram	Drobon	Affluent	Drobonso	1014011	703.00	92.34	ft	Ashanti	GoG	01-fév-80	30-jun-84
Afram	Ongwam	Affluent	Kumawu	1014006		83.63	ft	Ashanti	GoG	15-oct-71	
Afram	Kyeremfa	Affluent	Kyeremfaso D/S	1014008	133.00	90.97	ft	Ashanti	GoG	22-jun-72	
Afram	Sumampa	Affluent	Mampong (Ash)	1014007	173.00	981.1	ft	Ashanti	GoG	22-jun-72	
Afram	Afram	Affluent	Mankrong	1014001	101.00	113.0	ft	Ashanti	GoG	10-jan-63	01-fév-78
Aklakpa	Aklakpa	Fleuve	Aflavenu	1000023	1648.00			Volta	GoG	24-fév-76	1-juil-78
Alabo	Alabo	Affluent	Podoe	1015001	4037.00	43.36	m	Volta	WRIS	25-avr-62	
Asukawkaw	Asukawkaw	Affluent	Dodo Tamale	1011006	153.00	189.3	m	Volta	WRIS	13-mar-78	
Asukawkaw	Asukawkaw	Affluent	Breniasi	10111002	0.00			Volta	GoG	1-jan-63	04-aoû-64
Asukawkaw	Asukawkaw	Affluent	Asukawkaw	1011003	262.00	83.02	m	Volta	WRIS	10-aoû-65	
Asukawkaw	Wawa	Affluent	Ahamansu	1011004	228.00	311.5	ft	Volta	GoG	13-mar-78	
Asukawkaw	Menu	Affluent	Menuso	1011005	43.00	515.2	ft	Volta	GoG	13-mar-78	
Asukawkaw	Asukawkaw	Affluent	Worawora	10110001	1622.00			Volta	GoG	27-juil-62	28-fév-66
Black Volta	Kuon	Affluent	Kunyukuon	1006011	43.00	772.4	ft	Upper	GoG	12-juil-68	
Black Volta	Sorri	Affluent	Kalbuipe	1006008	51.00	94.13	m	Northen	WRIS	10-avr-63	
Black Volta	Pale	Affluent	Pise	1006013	141.00	759.9	ft	Upper	GoG	17-mai-70	
Black Volta	Dagare	Affluent	Mahatanga	1006012		88.16	ft	Upper	GoG	23-oct-71	
Black Volta	Black Volta	Affluent	Buipe	1006004	52283.0	235.2	ft	Northen	GoG	26-mai-58	
Black Volta	Sorri	Affluent	Damongo	1006019	387.00			Northen	GoG	01-avr-76	01-fév-77
Black Volta	Kamba	Affluent	Panyani	1006017	37.00	82.41	ft	Upper	GoG	5-jun-75	
Black Volta	Pale	Affluent	Pisi	1006016	104.00	83.34	ft	Upper	GoG	1-oct-71	
Black Volta	Black Volta	Affluent	Lawra	1006002	49714.0	224.1	m	Upper	WRIS	01-mai-51	
Black Volta	Black Volta	Affluent	Dab	1006006	46728.0	721.3	ft	Upper	GoG	03-avr-63	01-fév-79
Black Volta	Black Volta	Affluent	Chache	1006007	43460.0	202.5	m	Northen	WRIS	06-avr-63	
Black Volta	Dagare	Affluent	Jingu	1006015		93.36	ft	Upper	GoG	01-oct-71	31-aoû-77
Black Volta	Black Volta	Affluent	Bui D/S	1006009	461.00	101.9	m	Northen	WRIS	17-fév-65	
Black Volta	Black Volta	Affluent	Bamboi	1006001		34.75	m	Northen	WRIS	8-mar-50	
Black Volta	Kamba	Affluent	Tampoe	1006014	101.00	851.1	ft	Upper	GoG	5-jun-75	
Black Volta	Tain	Affluent	Tainso U/S	1006005	42115.0	40.76	m	Ashanti	WRIS	03-mai-62	
Black Volta	Tain	Affluent	Tainso D/S	1006010	289.00	540.6	ft	Ashanti	GoG	1-juil-67	
Black Volta	Subin	Affluent	Subinso	1006018		528.4	ft	Ashanti	GoG	03-aoû-76	
Black Volta	Black Volta	Affluent	Bui U/S	1006003	48300.0	330.1	ft	Northen	GoG	10-mar-54	31-juil-66
Daka	Daka	Affluent	Grube	1008001	3433.00	210.3	ft	Northen	GoG	1-jun-57	31-jan-66
Daka	Daka	Affluent	Sabongida	1008003	352.00	68.45	ft	Northen	GoG	06-feb-61	30-jun-01
Daka	Daka	Affluent	Yendi	1008002	352.00	505.4	ft	Northen	GoG	01-avr-58	
Daka	Tanfi	Affluent	Tanfiano	1008006	821.00			Ashanti	GoG	15-sep-86	31-déc-86
Daka	Daka	Affluent	Ekumdipe	1008004	597.00	307.9	ft	Northen	GoG	15-mai-63	
Daka	Daka	Affluent	New Sabongida	1008005		20.86	m	Northen	WRIS	01-mai-97	
Dayi	Dayi	Affluent	Vakpo (Afeyi)	1013001	55.00	260.9	ft	Volta	GoG	06-fév-62	
Dayi	Dayi	Affluent	Hohoe	1013002	26.00	512.1	ft	Volta	GoG	21-fév-62	
Dayi	Tsi	Affluent	Soba	1013003				Volta	GoG	15-juil-72	28-fév-79

Dayi	Dayi	Affluent	Gbefi	1013006		113.6	m	Volta	WRIS	16-avr-02	
Dayi	Dayi	Affluent	New Ayoma	1013004	136.00	850.3	ft	Volta	GoG	1-jun-87	
Dayi	Tsatsadu	Affluent	Alavanyo	1013005	136.00	432.0	ft	Volta	GoG	01-mai-86	
Kulpawn	Kulpawn	Affluent	Kulum	1003003		60.81	ft	Upper	GoG	7-jun-65	22-juil-66
Kulpawn	Sissili	Affluent	Wiase	1003002	36864.0	125.5	m	Upper	WRIS	08-mai-61	
Kulpawn	Kulpawn	Affluent	Yagaba	1003001	35003.0	126.3	m	Upper	WRIS	20-fév-58	
Kulpawn	Sissili	Affluent	Nakong	1003004	2359.00	696.2	ft	Upper	WRIS	25-jun-65	
Kulpawn	Kulpawn	Affluent	Wahabu	1003005	1254.00		ft	Upper	GoG	1-jun-76	01-fév-78
Mole	Mole	Affluent	Lankatere	1005001		98.20	m	Northern	WRIS	12-oct-58	
Niasia	Dindebuo	Affluent	Gbensi (Walewale)	1004002	58.00	318.3	ft	Upper	GoG	1-sep-69	1-mar-76
Niasia	Nasia	Affluent	Nasia	1004001	853.00	106.8	m	Northern	WRIS	01-mai-51	
Oti	Kpassa	Fleuve	Kpassa	1010009		105.9	m	Volta	WRIS	11-mar-78	
Oti	Oti	Affluent	Kpandai	1010005				Northern	GoG	30-jun-65	31-août-65
Oti	Oti	Affluent	Damanko	1010011		226.2	ft	Northern	GoG	08-mai-79	01-fév-95
Oti	Kulaw	Fleuve	Benja	1010007	566.00	77.59	ft	Northern	GoG	5-oct-66	01-fév-81
Oti	Oti	Affluent	Kpetchu	1010001	969.00			Northern	GoG	27-Jul-52	1-nov-72
Oti	Bonakye	Affluent	Bonakye	1010010	136.00	464.7	ft	Volta	GoG	17-may-78	
Oti	Oti	Affluent	Sabari	1010003		82.55	m	Northern	WRIS	6-jun-59	
Oti	Kulaw	River	Zegbeli	1010012	0.00	22.75	m	Northern	WRIS	23-fév-99	
Oti	Oti	Affluent	Saboba	1010002		310.6	ft	Northern	GoG	20-marr-53	
Oti	Oti	Affluent	Paliba	1010004		296.2	ft	Northern	GoG	1-juil-62	30-nov-66
Oti	Pembik	River	Nabosng	1010008	257.00	25.91	m	Upper	WRIS	5-oct-66	
Pru	Pru	Affluent	Asauoso	1007004	696.00	82.07	ft	Ashanti	GoG	16-déc-71	
Pru	Pru	Affluent	Banafour	1007005	184.00	568.0	ft	Ashanti	GoG	01-août-76	30-jun-82
Pru	Pru	Affluent	Pruso	1007001	2711.00	500.5	ft	Ashanti	WRIS	01-mai-57	
Pru	Pru	Affluent	Prang	1007002	2543.00	41.43	m	Ashanti	WRIS	01-mai-57	
Pru	Fia	Affluent	Nkoranza	1007003		670.7	ft	Ashanti	GoG	1-nov-68	
Red Volta	Red Volta	Affluent	Nangoli	1002001		184.1	m	Upper	WRIS	1-Jul-58	
Sene	Sene	Affluent	Seneso	1009001		149.0	ft	Ashanti	WRIS	9-Mar-00	
Volta	Volta	River	Anyanui	1000017				Volta		24-Oct-62	01-août-76
Volta	Volta	River	Senchi Ferry	1000001	152161.	18.21	ft	Eastern	GoG	8-Nov-30	31-déc-48
Volta	Volta	River	Senchi-Halcrow	1000009				Volta	GoG	5-Jul-54	31-déc-82
Volta	Volta	River	Volta Bridge	1000011	3102.00	42.68	ft	Volta	GoG	17-Feb-55	31-déc-82
Volta	Volta	River	Aveyime	1000013		-2.44	ft	Volta	GoG	01-Aug-60	1-nov-79
Volta	Volta	River	Sogakope	1000016		38.12	ft	Volta	GoG	18-Oct-62	
Volta	Volta	River	Ada	1000020		18.22	ft	Volta	GoG	12-Sep-63	
Volta	Volta	River	Accra Tefle Rd. Gd.	1000024	0.00			Volta	GoG	18-Oct-68	15-oct-70
Volta	Volta	River	Misikrom	1000007	152068.			Eastern	GoG	23-Jul-51	3-jun-64
Volta	Volta	River	Adidome	1000019	0.00			Volta	GoG	1-Jan-63	30-avr-66
Volta	Volta	River	Senchi New Gauge	1000003	152161.			Eastern	GoG	01-Apr-48	07-fév-55
Volta	Volta	River	Amedica	1000018	177.00	0.79	ft	Volta	GoG	1-Jan-63	30-avr-82
Volta	Volta	River	Akwamu West	1000002	152130.			Eastern	GoG	01-May-47	31-Déc-52
Volta	Volta	River	Akosombo U/S	1000012	119.00			Eastern	GoG	23-Sep-56	
Volta	Volta	River	Akosombo D/S	1000015	12.00	30.84	ft	Eastern	GoG	30-Jun-62	
Volta	Volta	River	Ajena Lower	1000010	152085			Eastern	GoG	01-Feb-55	30-Jun-64
Volta	Volta	River	Ajena Halcrow	1000004	152085			Eastern	GoG	01-Aug-50	30-Jun-64
Volta	Volta	River	Yeji	1000006	125.00	30.32	m	Ashanti	WRIS	13-May-51	
Volta	Volta	River	Accra Tefle Rd. Gd II	1000025	0.00			Volta	GoG	18-Oct-68	15-Oct-70
Volta	Volta	River	Kpandu	1000022				Volta	GoG	26-May-64	31-Déc-80
Volta	Volta	River	Kpong	1000005	152175.	-0.04	ft	Eastern	GoG	01-Apr-51	31-Déc-72
Volta	Volta	River	Dodi	1000021	304.00	753.7	ft	Volta	GoG	06-May-64	01-May-79
Volta	Volta	River	Kete-Krachi	1000014	0.00			Volta	GoG	22-May-62	31-Déc-76



Volta	Volta	River	Obentenya	1000008	125.00	0.01	ft	Volta	GoG	3-jul-52	31-déc-80
White Volta	White Volta	Affluent	Sougu	1001020	222.00	78.40	ft	Northen	GoG	6-jul-77	
White Volta	Tamne	Affluent	Garu	1001011		586.3	ft	Upper	GoG	1-sep-66	
White Volta	Morgo	Affluent	Nayoko	1001019	594.00	93.86	ft	Upper	GoG	1-sep-70	31-oct-80
White Volta	Tono	Affluent	Navrongo	1001010		78.95	ft	Upper	GoG	24-aoû-66	31-déc-76
White Volta	Diegouro	Affluent	Navio	1001024	0.00	94.27	m	Upper	GLO	26-avr-04	
White Volta	Yaragatanga	Affluent	Sumbrungu	1001013	272.00	85.70	ft	Upper	GoG	1-sep-66	
White Volta	Morago	Affluent	Nankpanduri	1001004	47.00	536.6	ft	Upper	GoG	1-jul-58	
White Volta	Bopare	Affluent	Tugu	1001004	640.00	352.2	ft	Northen	GoG	2-sep-66	1-nov-90
White Volta	Bongtanga	Barrage	Voggo	1001015	158.00	379.6	ft	Northen	GoG	9-sep-69	31-déc-75
White Volta	Jolo	Affluent	Aduyeli	1001018	341.00	409.3	ft	Northen	GoG	01-aoû-70	31-déc-97
White Volta	White Volta	Affluent	Nawuni	1001003		311.6	ft	Northen	GoG	08-mai-53	
White Volta	Atamore	Affluent	Bolgatanga	1001012	11.00	537.0	ft	Upper	GoG	1-sep-66	31-déc-79
White Volta	White Volta	Affluent	Yarugu	1001008	383.00	981.1	ft	Upper	GoG	12-jul-62	19-avr-89
White Volta	Goshie	Barrage	Diare	1001017	32.00			Northen	GoG	15-jul-70	31-déc-75
White Volta	Pasam	Affluent	Pagaza	1001009	73.00	354.2	ft	Northen	GoG	19-Jul-66	1-mar-91
White Volta	White Volta	Affluent	Yarugu (Kabori)	1001021	317.00	24.69	m	Upper	WRIS	24-jun-95	
White Volta	White Volta	Affluent	Daboya	1001007	1647.00	86.81	m	Northen	WRIS	18-avr-62	
White Volta	White Volta	Affluent	Kpasenkpe	1001006	263.00	89.69	m	Upper	GoG	04-avr-62	01-fév-81
White Volta	White Volta	Affluent	Pwalugu	1001001	3134.00	123.7	m	Upper	WRIS	01-mai-51	
White Volta	White Volta	Affluent	Yarugu (Bazua)	1001022	0.00			Upper	GoG	19-avr-89	31-déc-99
White Volta	Atankuidi	Affluent	Kandiga	1001023	0.00	93.98	m	Upper	GLO	27-avr-04	
White Volta	Sillum	Affluent	Kumbungu	1001016	233.00	394.4	ft	Northen	GoG	10-juil-70	01-fév-77
White Volta	Nabogo	Affluent	Nabogo	1001005	845.00	335.5	ft	Northen	GoG	01-avr-62	
White Volta	White Volta	Affluent	Yapei	1001002	257.00	76.98	m	Northen	GoG	01-mai-51	

**Annexe 1c: Données stations hydrométriques obtenues du GRDC  
(données disponibles sur Cd inclus et localisations marquée dans  
la Figure 1)**

no.	Cart	Station	Station clé	Pays	Cours d'eau	système	Latitude	Longitude	Superficie	Altitude	Données journalière				Données mens.					
											Déb.	Fin	Années	Manq.	Déb.	Fin	Années	Manq.	Source	
SIG							[degr.]	[degr.]	[km <sup>2</sup> ]	[m asl]										
1		Guena		BF	Volta Noire	Volta Noire	11.080	-4.680	800	383					1962	1983	22	66.03	GRDC	
2		Banzo		BF	Volta Noire	Volta Noire	11.320	-4.820	2816	323					1956	1986	31	9.19	GRDC	
3		Nasso		BF	Kou	Volta Noire	11.200	-4.430	406					1961	1974	14	6.25	GRDC		
4		Badara		BF	Kou	Volta Noire	11.370	-4.370	971					1955	1985	31	56.91	GRDC		
5		Samandeni		BF	Volta Noire	Black Volta Noire	Volta Noire	-4.470	4580	296	1977	1983	7	6.7	1955	1987	33	1.78	GRDC	
6		Nwokuy	y	BF	Volta Noire	Volta Noire	12.520	-3.550	14800						1956	1988	33	0.00	GRDC	
7		Kouri		BF	Volta Noire	Volta Noire	12.730	-3.480	20000	248					1955	1982	28	31.08	GRDC	
8		Manimenso		BF	Volta Noire	Black Volta Noire	Volta Noire	-3.400	20000	247					1956	1984	29	0.00	GRDC	
9		Tenado		BF	Volta Noire	Volta Noire	12.170	-2.820	23700						1976	1985	10	0.00	GRDC	
10		Boromo	y	BF	Volta Noire	Volta Noire	11.780	-2.920	37140	238					1955	1991	37	0.70	GRDC	
11		Ouessa		BF	Volta Noire	Volta Noire	11.020	-2.820	50820						1969	1986	18	16.67	GRDC	
12		Dan		BF	Bougouriba	Volta Noire	10.920	-3.650	6345	275	1977	1983	7	8.1	1970	1985	16	18.18	GRDC	
13		Diebouougou		BF	Bougouriba	Black Volta Noire	Volta Noire	-3.170	12200	240					1963	1987	25	9.72	GRDC	
14		Lawra		GH	Volta Noire	Volta Noire	10.633	-2.917	93820	224	1975	1995	21	50.6	1951	1974	24	0.00	GRDC	
15		Dapola	y	BF	Volta Noire	Volta Noire	10.570	-2.920	66540	228	1977	1977	1	0.0	1951	1991	41	0.63	GRDC	
16		Batie		BF	Bambassou	Volta Noire	9.980	-2.900	5630	230					1971	1985	15	2.86	GRDC	
17		Noumbiel		BF	Volta Noire	Volta Noire	Volta Noire	-2.770	79700	214					1975	1985	11	27.20	GRDC	
18		Vonkoro		CI	Volta Noire	Volta Noire	9.190	-2.710	111500		1979	1993	15	80.8	1979	1982	4	50.00	GRDC	
19		Bamboi	y	GH	Volta Noire	Volta Noire	8.150	-2.033	134200	35	1975	1995	21	68.2	1950	1974	25	0.00	GRDC	
20		Sakoinse		BF	Volta Rouge	Volta Rouge	12.200	-2.020	1210	297					1970	1986	17	29.38	GRDC	
21		Dakaye		BF	Volta Rouge	Volta Rouge	11.780	-1.600	4540	270	1977	1983	7	1.7	1975	1987	13	1.39	GRDC	
22		Bagre		BF	Tcherbo	Volta Rouge	11.600	-1.570	972						1978	1987	10	29.46	GRDC	
23		Nobere		BF	Volta Rouge	Volta Rouge	11.430	-1.180	7600	254					1965	1991	27	22.48	GRDC	
24		Rambo		BF	Nakambé	Volta Blanche	13.600	-2.070	2375						1983	1987	5	0.00	GRDC	
25		Yilou		BF	Nakambé	Volta Blanche	13.000	-1.550	10100	280	1977	1982	6	1.2	1973	1983	11	4.24	GRDC	
26		Bissiga		BF	Volta Blanche	Volta Blanche	12.750	-1.150	16965						1976	1985	10	5.83	GRDC	
27		Wayen	y	BF	Nakambé	Volta Blanche	12.380	-1.080	20880						1955	1988	34	27.27	GRDC	
28		Niaogho		BF	Nakambé	Volta Blanche	11.770	-0.750	30200						1964	1986	23	18.18	GRDC	
29		Yakala		BF	Nakambé	Volta Blanche	11.550	-0.700	33000		1977	1977	1	11.8	1956	1985	30	16.57	GRDC	
30		Bittou		BF	Nouhao	Volta Blanche	11.180	-0.280	4050						1974	1986	13	16.22	GRDC	
31		Bagre	y	BF	Volta Blanche	Volta Blanche	11.250	-0.330	33120	210					1974	1990	17	6.37	GRDC	
32		Yarugu		GH	Volta Blanche	Volta Blanche	10.980	-0.400	41550	170	1975	1990	16	83.6	1966	1974	9	0.00	GRDC	

33	Nangodi	y	GH	Volta Blanche	Volta Volta Rouge	10.867	-0.617	11570	184	1975	1990	16	92.9	1958	1974	17	0.00	GRDC
34	Pwalagu	y	GH	Volta Blanche	Volta Blanche	10.583	-0.850	63350	123	1975	1995	21	73.1	1951	1974	24	0.00	GRDC
35	Nebbou		BF	Sisili	Volta Blanche	11.280	-1.930	3240						1974	1987	14	14.56	GRDC
36	Wiasi		GH	Sisili	Volta Blanche	10.330	-1.350	9500	126	1975	1991	17	77.7	1962	1974	13	0.00	GRDC
37	Yagaba		GH	Kulpawn	Volta Blanche	10.230	-1.283	10600	126	1975	1980	6	41.6	1958	1974	17	3.65	GRDC
38	Nawuni	y	GH	Volta Blanche	Volta Blanche	9.700	-1.080	92950	96	1975	1995	21	16.0	1953	1974	22	0.00	GRDC
39	Tagou	y	BF	Kompienga	Oti	11.150	0.620	5640						1980	1988	9	0.00	GRDC
40	Tiele		BJ	Magou	Oti	10.720	1.200	836		1961	1992	32	45.7	1961	1992	32	45.24	GRDC
41	Samboali		BF	Singou	Oti	11.280	1.020	4560		1978	1983	6	15.3	1978	1983	6	11.11	GRDC
42	Arly		BF	Doudodo	Oti	11.530	1.420	6050						1978	1987	10	27.36	GRDC
43	Arly		BF	Pendjari	Oti	11.430	1.570	10960						1978	1986	9	35.42	GRDC
44	Porga		BJ	Pendjari	Oti	10.200	0.970	22280		1952	1992	41	29.1	1952	1992	41	23.41	GRDC
45	Mango	y	TG	Oti	Oti	10.300	0.470	35650	108					1953	1974	22	0.00	GRDC
46	Koumangou		TG	Koumangou	Oti	10.200	0.450	6730	120					1959	1974	16	0.00	GRDC
47	Lama Kara		TG	Kara	Oti	9.530	1.180	1560	270	1978	1982	5	21.8	1978	1982	5	21.67	GRDC
48	Kpesside		TG	Kara	Oti	9.620	0.950	2787	180					1962	1974	13	0.00	GRDC
49	Sabari	y	GH	Oti	Oti	9.280	0.230	58670	83					1959	1974	16	0.00	GRDC
50	Ekumdipe		GH	Daka	Lower Volta	8.470	-0.220	6810		1975	1995	21	68.1	1963	1974	12	0.00	GRDC
51	Prang		GH	Pru	Lower Volta	7.983	-0.883	6355	41					1957	1967	11	0.00	GRDC
52	Senchi	y	GH	Volta	Lower Volta	6.200	0.100	394100	5					1936	1984	49	3.24	GRDC
53	Bolgatanga		GH		Volta Blanche	10.806	-0.825			1966	1968							GLOWA
54	Nakong		GH	Sisni	Volta Blanche	10.798	-1.481			1966	1968							GLOWA
55	Navrongo		GH	Belepieni	Volta Blanche	10.876	-1.142			1966	1968							GLOWA
56	Soboba		GH		Volta Blanche Oti	9.705	0.313											

## Annexe 2: Résultats des tests de terrain de contrôle de qualité des eaux

No.	Site	Sous bassin	Pays	Coordonnée x	Coordonnée y	Date	CE (à 25°C) [uS/cm]	Temp. [°C]	NO <sub>3</sub> [mg/l]	NO <sub>2</sub> [mg/l]	Dureté totale [mg/l]	Dureté carbonate [mg/l]	Ph
1	Pont Bupe	Volta Noire	GH	W1°27.255'	N8°45.921'	25-6-05	92	29.5	<5	<0.5	<107	<53	6.6
2	Pont Yapei	Volta Blanche	GH	W1°09.535'	N9°08.436'	25-6-05	51	28.1	<5	<0.5	<107	<53	6.5
3	Pont Nabogo	Volta Blanche (petit affluent)	GH	W0°49.443'	N9°44.439'	26-6-05	43	27.4	<5	<0.5	<107	<53	~6.4
4	Pont Nasia	Volta Blanche (Fleuve Nasia)	GH	W0°48.224'	N10°09.315'	26-6-05	55	28.3	<5	<0.5	<107	<53	6.5
5	Pont Pwalugu	Volta Blanche	GH	W0°50.499'	N10°35.140'	26-6-05	57	28.4	<5	<0.5	<107	18-53	~6.4
6	Route Bolgatanga - Bawku (pont)	Volta Blanche (affluent)	GH	W0°50.295'	N10°47.200'	26-6-05	73	28.2	<5	<0.5	<107	~53	~6.4
7	Route Nangodi - Tilli (pont)	Volta Blanche	GH	W0°36.422'	N10°52.698'	26-6-05	41	28.4	<5	<0.5	<107	~53	~6.4
8	Pont Kobore (route Zebilla-Bawku)	Volta Blanche	GH	W0°23.421'	N10°58.989'	26-6-05	55	28	<5	<0.5	<107	~53	~6.4
9	Entre awku et frontière (pont)	Volta Blanche (petit affluent de Nouhao)	GH	W0°12.207'	N11°07.998'	26-6-05	114	30.9	<5	<0.5	<107	53-71	~6.4
10	Route de Bitou (pont)	Volta Blanche (Fleuve Nouhao)	BF	W0°15.458'	N11°12.878'	26-6-05	46	30	<5	<0.5	<107	<53	~6.4
11	Bagré Bridge (downstream of turbine)	Volta Blanche	BF	W0°32.601'	N11°28.381'	26-6-05	77	30.6	<5	<0.5	<107	~53	~6.4
12	bridge just downstream of Bagré irrigation project	Volta Blanche	BF	W0°30.963'	N11°24.554'	26-6-05	90	29.9	<5	<0.5	<107	~53	~6.4
13	Pont de Wayen	Volta Blanche	BF	W1°04.814'	N12°22.740'	26-6-05	59	30.4	<5	<0.5	<107	~53	~6.4
14	Pont de Boromo	Volta Noire	BF	W2°54.842'	N11°46.848'	28-6-05	50	27.5	<5	<0.5	<107	~53	~6.4
15	Pont de Saboinse	Volta Blanche (Rouge Volta)	BF	W2°00.355'	N12°11.633'	28-6-05	21	26.5	<5	<0.5	<107	<53	~6.4
16	Ouagadougou (eau de robinet de l'Hotel Soritel)	Volta Blanche (eau de robinet)	BF			28-6-05	122	27.1	<5	<0.5	<107	53-107	6.5
17	Bossora	Volta Noire	BF			~8-3-2000	156	24.1	<10				7.55
18	Samandeni (RRNS2)	Volta Noire	BF			~29-6-1999	41	25.6	2.35	0.44			6.62
19	Samandeni	Volta Noire	BF			~2-3-2000	107	21.4	<10				7.06
20	Noumbiel (RRMI3)	Volta Noire	BF			~29-6-1999	66	25.7	2.62	0.49			6.85
21	Marc aux Hippos	Volta Noire	BF			~14-3-2000	109	25	0	0.21			7.21

## Annexe 2: Résultats des tests de terrain de contrôle de qualité des eaux

No.	Source	Observations
1	Cette étude	
2	Cette étude	
3	Cette étude	Station hydrométrique
4	Cette étude	Limnigraphe automatique, station météo
5	Cette étude	Limnigraphe automatique, divers, station météo (GLOWA)
6	Cette étude	Cours d'eau en provenance de zone urbaine
7	Cette étude	
8	Cette étude	Limnigraphe automatique, niveau d'eau : 73 cm
9	Cette étude	
10	Cette étude	PAGEV désire mettre en place une station hydrométrique sur ce site pour suivre les débits du fleuve
11	Cette étude	Pas d'eau turbinée parce qu'il est dimanche
12	Cette étude	drainage d'eau du Projet d'irrigation de Bagré passe par ce site, CE légèrement plus élevée qu'en amont du projet d'irrigation (échantillon 11)
13	Cette étude	Limnigraphe automatique (DGIRH), alerte satellitaire sur les hauteurs d'eau (SONABEL), hauteur d'eau: 1.21 m
14	Cette étude	Limnigraphe automatique
15	Cette étude	
16	Cette étude	
17	DRAHRH-HB	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> : 1-2.5; O <sub>2</sub> :6 [mg/l]
18	DRAHRH-HB	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> =21.35; CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> =0; Cl <sup>-</sup> =0; PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> =3.24; SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> =0.08; F <sup>-</sup> =0; Ca <sup>2+</sup> =2.9; Mg <sup>2+</sup> =2.61; FeTot=1.2; Mn <sup>2+</sup> =0; K <sup>+</sup> =7.5; Zn <sup>+</sup> =0; NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> =0.45; Na <sup>+</sup> =1 [mg/l]
19	DRAHRH-HB	
20	DRAHRH-HB	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> =30.5; CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> =0; Cl <sup>-</sup> =0; PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> =3.16; SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> =0.16; F <sup>-</sup> =0; Ca <sup>2+</sup> =5.8; Mg <sup>2+</sup> =3.28; FeTot=1.9; Mn <sup>2+</sup> =0; K <sup>+</sup> =6.8; Zn <sup>+</sup> =0; NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> =0.52; Na <sup>+</sup> =3.5 [mg/l]
21	DRAHRH-HB	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> =87.84; CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> =0; Cl <sup>-</sup> =0; PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> =0.04; SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> =0; F <sup>-</sup> =0; Ca <sup>2+</sup> =10.02; Mg <sup>2+</sup> =6.55; FeTot=0; Mn <sup>2+</sup> =0; K <sup>+</sup> =21.3; Zn <sup>+</sup> =0; NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> =0; Na <sup>+</sup> =2.1 [mg/l]

## Annexe 3: Itinéraire

Date	Jour	Activités
Jun 2005		<ul style="list-style-type: none"> <li>Recherche Littéraire dans les bibliothèques universitaires (Pays Bas) et sur internet.</li> <li>Préparation d'une carte SIG du Bassin de la Volta.</li> <li>Obtenir des données sur les débits des cours d'eau du Centre Global des écoulements.</li> </ul>
15 juin		<ul style="list-style-type: none"> <li>Conversation téléphonique avec Prof. P.Vlek (Projet GLOWA-Volta, Bonn, Allemagne).</li> </ul>
18 juin	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Revue littéraire.</li> <li>Voyage de Amsterdam à Ouagadougou.</li> </ul>
20 juin	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Obtenir visa pour le Burkina Faso et le Ghana.</li> <li>Rencontre avec staff IUCN-BRAO (Madiodio Niasse, Olumide Akinsola) et PAGEV (Kwame Odame Ababio, Jacob Tumbulto, Ludovic Tapsoba) sur l'audit des eaux</li> <li>Revue littéraire.</li> </ul>
21 juin	3	<p>Rencontres avec les organisations suivantes au Burkina Faso (en présence de Jacob Tumbulto &amp; Ludovic Tapsoba du PAGEV):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>DGRIH (M. Jean Pierre Mihin - Directeur des Etudes et de l'Information sur l'Eau, Mlle. Belemilga Eléonore),</li> <li>EIER (M. Babacar Dieng, Dr. Harouna Karambiri - Chercheur Assistant)</li> <li>MOB (M. Alassoun Sori - Directeur des Etudes et Travaux),</li> <li>Direction de la Météorologie (M. Kouka Denis Ouedraogo - Ingénieur Agro-météorologiste).</li> </ul> <p>Une rencontre avec l'IRD était prévue mais tout le staff habilité était en mission.</p>
22 juin	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Voyage en voiture de Ouagadougou à Accra.</li> </ul>
23 juin	5	<p>Rencontres avec les organisations suivantes à Accra (en présence de Jacob Tumbulto &amp; Ludovic Tapsoba du PAGEV et Isaac Asamoah de WRC):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>GWCL (M. Gilbert Quaye – Chef de Projets et Aménagement),</li> <li>HSD (M. Harold T. Clottey, M. Ebeuezer Allotey),</li> <li>IDA (M. Kwabena Boateng - Directeur, M. Daniel Nyarko Ohemeng – Adjoint du Département d'Agronomie, B.S. Ouwsu, Yaw Yeboah),</li> <li>MSD (G.A. Wilson – Directeur Adjoint, Kwa Wunodu, Erasmus Mavfui, Andrew Hkansal),</li> <li>WRC/WRI (Dr. Charles A. Biney - Directeur), WRC (Enock B. Asare – Spécialiste des Eaux Souterraines), WRI (Ben Nobiya, Dr Philip Gyau-Boyake, Spécialiste des Eaux de Surface).</li> </ul> <p>Une rencontre avec le GEF-Volta était également prévue mais tout le staff habilité était en mission.</p>
24 juin	6	<p>Suite des rencontres à Accra:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Volta Challenge Programme (Dr. Winston E.I. Andah – Coordonateur du Bassin de la Volta),</li> <li>GLOWA-Volta Project (Dr. Boubacar Barry),</li> <li>IWMI (Dr. Pay Drechsel – Chef du Bureau de l'Afrique de l'Ouest).</li> </ul> <p>Une rencontre avec le VRA était également prévue mais tout le staff habilité était en mission.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Rédaction du rapport.</li> </ul>
25 juin	7	<ul style="list-style-type: none"> <li>Voyage d'Accra à Tamale</li> <li>Contrôle de qualité des eaux sur 2 sites le long de la Volta Noire et Blanche.</li> </ul>
26 juin	8	<ul style="list-style-type: none"> <li>Voyage de Tamale à Ouagadougou</li> <li>Contrôle de qualité des eaux sur 11 sites dans le sous-bassin de la Volta Blanche</li> <li>Petite rencontre informelle avec une équipe du Projet GLOWA-Volta travaillant sur les petits barrages (Mr. Jens Liebe – étudiant de PhD et M. Kofi Nwarko)</li> <li>Visite du Barrage de Bagré et du Projet d'Irrigation de Bagré</li> </ul>
27 juin	9	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rencontre (en présence de Ludovic Tapsoba) avec la Sonabel à Ouagadougou (Mr. Bouda Ouirago)</li> <li>Voyage de Ouagadougou à Bobo Dioulasso</li> </ul> <p>Rencontres à Bobo Dioulasso (en présence de Ludovic Tapsoba du PAGEV):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>GEeau (Ir. Joost Wellens - Coopérant Scientifique),</li> <li>VREO (Mr. Denis C. Dakoure - Coordonateur National &amp; Mr. Y. Nestor Fiarce Compaore - Chef de la Composante Appui Institutionnel),</li> <li>DRAHRH-HB (Mr. Karimou Bicaba).</li> </ul>
28 juin	10	<ul style="list-style-type: none"> <li>Voyage de Bobo Dioulasso à Ouagadougou.</li> <li>Tests de contrôle de la qualité des eaux sur 2 sites le long des Fleuves de la Volta Noire et Volta Rouge</li> <li>Rencontre (en présence de Ludovic Tapsoba) avec l'ONEA (Mr. Mahamadou Koné - Chef de Service Gestion de la Demande et des Ressources en Eau).</li> </ul>
29 juin	11	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rédaction du rapport.</li> <li>Courte réunion avec Innocent Ouédraogo au Bureau du PAGEV (WRCU-ECOWAS).</li> <li>Visite à la DGIRH pour obtenir les données hydrométriques sur les débits des cours d'eau.</li> </ul>
30 juin	12	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rencontre (avec Ludovic Tapsoba) avec le DGHA et Ouermi Zambéné - Directeur de la</li> </ul>

		Coordination des Aménagements Hydro Agricoles. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rédaction du rapport</li> </ul>
1Juillet	13	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rédaction du rapport.</li> </ul>
4 juillet		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Soumission de : rapport provisoire (concept), équipement pour test de qualité, cd contenant les données collectées et photocopies des copies dures des rapports au PAGEV (Kwame Odame Ababio)</li> </ul>
6 juillet	14	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Discussion sur le rapport concept avec PAGEV et IUCN-BRAO.</li> </ul>
7 juillet	15	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Voyage de Ouagadougou à Amsterdam.</li> </ul>
Juillet ??		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Révision du rapport.</li> <li>• Soumission du rapport final au PAGEV (Kwame Odame Ababio).</li> </ul>