

Gestion des eaux du bassin de la Haute Comoé (Burkina-Faso)



Dr. Julien cour

Projet WAIPRO (USAID)

(IWMI) Institut International de Gestion de l'eau

Ouagadougou, Burkina Faso

16/06/2010

Sommaire

Sommaire	2
Abbreviations and acronymes	3
LISTE DES TABLEAUX.....	5
LISTE DES FIGURES.....	5
INTRODUCTION.....	6
1.1. Objectifs	8
1.2. Présentation de l'étude	8
2. GESTION DE L'EAU DANS LA ZONE D'ÉTUDE	9
2.1 Généralités.....	9
2.2. Disponibilité et usage de l'eau	11
3. LES OUTILS DE GESTION DE L'EAU EXISTANTS ET LEUR UTILISATION POTENTIELLE	16
3.1. Les outils de gestion existants	16
3.1.1. Le modèle CST (Comoé Simulation Tool)	17
3.1.2. Appropriation du CST par le CLE	20
3.1.3. Multi-étape du programme stochastique linéaire	22
3.1.4. Données disponibles.....	26
3.1.5. Données manquantes.....	28
4. NÉGOCIATION DES DROITS D'EAU POUR UNE IRRIGATION AMÉLIORÉE DU SYSTÈME DE KARFIGUÉLA.....	29
4.1. Renforcement des possibilités de négociation du système d'irrigation de Karfiguéla	32
4.2. Assurer l'approvisionnement en eau.....	34
4.2.1. Solutions de gestion des approvisionnements.....	34
4.2.2. Solutions de gestion des demandes	36
Conclusion.....	38
Bibliographie.....	39

La traduction vers le français de ce rapport rédigé en anglais a été faite par

Gael Ndanga (ingénieur 2iE promotion 2010) en août 2010

Une relecture a en été faite par Hervé Lévite en septembre 2010

Abréviations

CILSS:	Comité Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel
DADI:	Direction de l'Aménagement et du Développement de l'Irrigation du MAHRH
DGGR:	Direction Générale du Génie Rural ;
DGPSA:	Direction Générale des Prévisions et de la Statistique Agricoles
DGRE:	Direction Générale des Ressources en Eau
DGRH:	Direction Générale des Ressources Halieutiques
DMN:	Direction de la Météorologie Nationale
DRAHRH:	Directions Régionales de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques
DPAHRHC:	Direction provinciale de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques de la Comoé
IGB:	Institut Géographique du Burkina Faso
INSD:	Institut National de la Statistique et la Démographie
IWMI:	International Water Management Institute
MAHRH:	Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques
ONEA:	Office National de l'Eau et de l'Assainissement
ORSTOM:	(Office de la Recherche

Scientifique et Technique Outre-Mer) maintenant IRD

WAIPRO: West Africa Irrigation Project

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Contribution de l'étude au programme WAIPRO.....	7
Tableau 2: Répartition des eaux basée sur les estimations des données des rapports.....	12
Tableau 3: Surfaces de canne à sucre cultivées par la SOSUCO de 1980 à 2005	15
Tableau 4: Évaluation de la capacité des institutions à accueillir le CST.....	21
Tableau 5: Données produites par les institutions nationales	27
Tableau 6: Facteurs positifs et négatifs influant sur les possibilités de négociation du système d'irrigation de Karfiguéla	31

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Emplacement de la zone d'étude dans le bassin de la Comoé	9
Figure 2: Zone d'étude.....	10
Figure 3: Situation annuelle et la situation en période de sécheresse	13
Figure 4: Chronologie des évènements marquants autour de la ressource en eau	14
Figure 5: Interface du modèle	18
Figure 6: Capture d'écran de l'interface du modèle MSSLP (1).....	24
Figure 7: Capture de l'écran de l'interface du modèle MSSLP (2).....	25
Figure 8: Carte géologique simplifiée du Burkina-Faso	35

INTRODUCTION

Cette étude est réalisée sous le Projet WAIPRO (Projet d'Irrigation Ouest Africain). Le projet WAIPRO est un projet de recherche-action financé par l'USAID (Agence des États-Unis pour le Développement International). Ce projet s'applique au Niger et au Burkina-Faso avec le soutien de l'Institut International de Gestion de l'Eau (IWMI) en partenariat avec le Comité Inter-État de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel (CILSS).

L'objectif du projet est de promouvoir la capacité d'utilisation des systèmes d'irrigation existants, accroître le rendement des cultures irriguées, améliorer le revenu des producteurs, réduire la vulnérabilité des agriculteurs à la sécheresse et à la hausse des prix des denrées de base, et relancer l'exportation vers l'étranger à travers le dynamisme de la production familiale du riz et la gestion durable des ressources en eau.

Au Burkina-Faso, ce projet est mis en œuvre par une direction du Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques (MAHRH) : La Direction des Aménagements et du Développement de l'Irrigation (DADI). Les périmètres irrigués ciblés par le projet sont : le périmètre de Talembika et celui de Karfiguéla.

La présente étude entre dans le cadre des activités prévues sur le périmètre de Karfiguéla. Une ambition du projet WAIPRO est de contribuer à la réhabilitation du périmètre de Karfiguéla ; pour ce faire, un Diagnostic Participatif Rapide et Planification des actions (DPRP) a été réalisé. Ce rapport apportera une valeur ajoutée au DPRP à travers l'analyse de la gestion des eaux du bassin de la Haute Comoé et aidera à démontrer que les travaux de réhabilitation contribueront à accroître durabilité du périmètre irrigué de Karfiguéla.

Le tableau 1 ci-dessous démontre comment est ce que cette étude parviendra à répondre aux objectifs et activités qui sont décrits dans le cadre du projet WAIPRO.

Tableau 1: Contribution de l'étude au programme WAIPRO

Objectifs	Activités	Contributions
1 : Analyse participative des contraintes et des atouts d'un périmètre irrigué	1.1 : Diagnostic Participatif Rapide et Planification des actions à entreprendre sur les systèmes irrigués	C'est une activité du projet en elle même
	1.2: Le benchmarking des performances	/
	1.3 : Analyse de la productivité et de la rentabilité du riz et des cultures maraîchères	/
2 : Mise en œuvre des interventions pour accroître la productivité et la performance dans certains systèmes irrigués	2.1 : Améliorer le transport, la distribution et le management de l'eau au niveau des parcelles	/
	2.2 : Renforcement des associations des usagers de l'eau	Redynamiser le CLE par le renforcement des moyens d'interventions de l'UCEPAK dans les négociations du CLE
	2.3 : Essais participatifs sur les engrais au niveau des exploitations pour affiner les recommandations en cours	/
	2.4 : Essais participatifs de variétés adaptées grâce à des essais de démonstration	/
3 : Renforcement des capacités, synthèse, et diffusion des leçons apprises	3.1 Améliorer les relations avec les services connexes	Le renforcement des capacités à négocier de l'UCEPAK aboutira à une plate forme commune pour la discussion et de simples échanges à des fins techniques
	3.2: Synthèses, diffusion et communication	Diffusion des résultats
	3.3: Ateliers de travail	/
4.1 Assurer la coordination générale du projet WAIPRO	4.1.1 : Coordination de la mise en œuvre, de la surveillance et de l'évaluation du projet	Assurer que les travaux de réhabilitation ont effectivement contribué à l'établissement des droits de l'eau sur le périmètre
4.2 Support au développement de la petite irrigation des pays du Sahel	4.2.1 : Inventaire et analyse de la politique de l'eau	Contribue à analyser le cadre de travail institutionnel mis en place dans la Haute Comoé
	4.2.2 : Faire l'examen du Programme PRADPIS en vue d'y intégrer les programmes prioritaires de petite irrigation des pays du Sahel	/
	4.2.3 : Identifier, analyser et diffuser les bonnes pratiques de maîtrise de l'eau pour l'irrigation à petite échelle des deux pays du projet	/

1.1. OBJECTIFS

Les objectifs de cette étude sont les suivants :

1. Procéder à la revue et à l'analyse de la littérature existante portant sur la gestion des ressources en eau et des sols de la zone d'étude ;
2. Rencontrer les parties prenantes et effectuer la collecte de données supplémentaires sur le terrain nécessaire pour comprendre les enjeux et les défis liés à la gestion de l'eau dans la zone d'étude ;
3. Identifier les données et les outils existants et leur utilisation potentielle pour les décisions relatives à l'amélioration de la gestion de l'eau par la commission technique du CLE de la Haute Comoé ;
4. Recueillir et examiner les possibilités de (ré) utilisation des données existantes et les outils de prise de décisions, identifier les données et informations manquantes et les moyens nécessaires à leur constitution ;
5. Étudier les possibilités d'améliorer les droits d'utilisation de l'eau (en quantité et en disponibilité temporelle) pour le système d'irrigation de Karfiguéla.

Ce rapport est basé sur une consultation de la littérature existante et sur deux visites de terrain organisées autour des entretiens avec les gestionnaires locaux, les usagers de l'eau et les agriculteurs. Il y a eu un certain nombre de projets et d'études menées dans le cas de cette zone d'étude en raison notamment de ces caractéristiques naturelles, économiques et sociales. La documentation parcourue est essentiellement composée de projets et de rapports d'étude concernant la gestion et le développement de trois barrages ; globalement elle concerne la gestion de l'eau du système constitué par ces barrages.

Plusieurs rapports ont été rédigés suivant une problématique particulière ou à la suite des travaux de recherche réalisés par l'Université de GÉORGIE et de l'Université de TUFTS. Ils traitent de la modélisation et du développement de deux outils d'aide à la décision. C'est ainsi que l'on dispose de plusieurs rapports produits par les ministères en charge de l'agriculture, de l'économie et du développement. La documentation exploitée est citée dans la bibliographie.

1.2. Présentation de l'étude

Ce rapport présente premièrement une description du contexte de la zone d'étude et les principaux enjeux et défis basés sur la revue documentaire. La deuxième partie présente les outils de gestion de l'eau et les utilisations potentielles identifiées. Une attention particulière est accordée à deux outils d'aide à la décision qui ont été mis au point par un projet de recherche-

action pour faciliter la gestion des barrages et la répartition des ressources en eau par la plateforme du Comité Local de l'Eau (CLE). La troisième partie est une brève présentation des données existantes et manquantes et de l'information qui serait nécessaire à la gestion des ressources en eau par le CLE. La dernière section présente une évaluation des moyens qui pourraient renforcer la négociation d'un meilleur droit de l'eau pour le système d'irrigation de Karfiguela.

2. GESTION DE L'EAU DANS LA ZONE D'ÉTUDE

2.1 Généralités

La zone d'étude est située dans un sous bassin de la rivière Comoé ; dans le Nord du bassin de la Haute Comoé. Le fleuve Comoé prend sa source au Burkina Faso, constitue la frontière entre le Burkina Faso et la Côte d'Ivoire et s'écoule ensuite à travers la Côte d'Ivoire dans le golfe de Guinée. La figure 1 illustre cette description.



Figure 1: Emplacement de la zone d'étude dans le bassin de la Comoé

(Source: Projet WAIPRO)

Le fleuve de la Comoé a environ 750 km de long, c'est une source importante d'eau pour l'agriculture. Une partie de ce fleuve traverse au Nord de la Côte-d'Ivoire le site du parc national de la Comoé qui a été désigné patrimoine mondial de l'UNESCO.

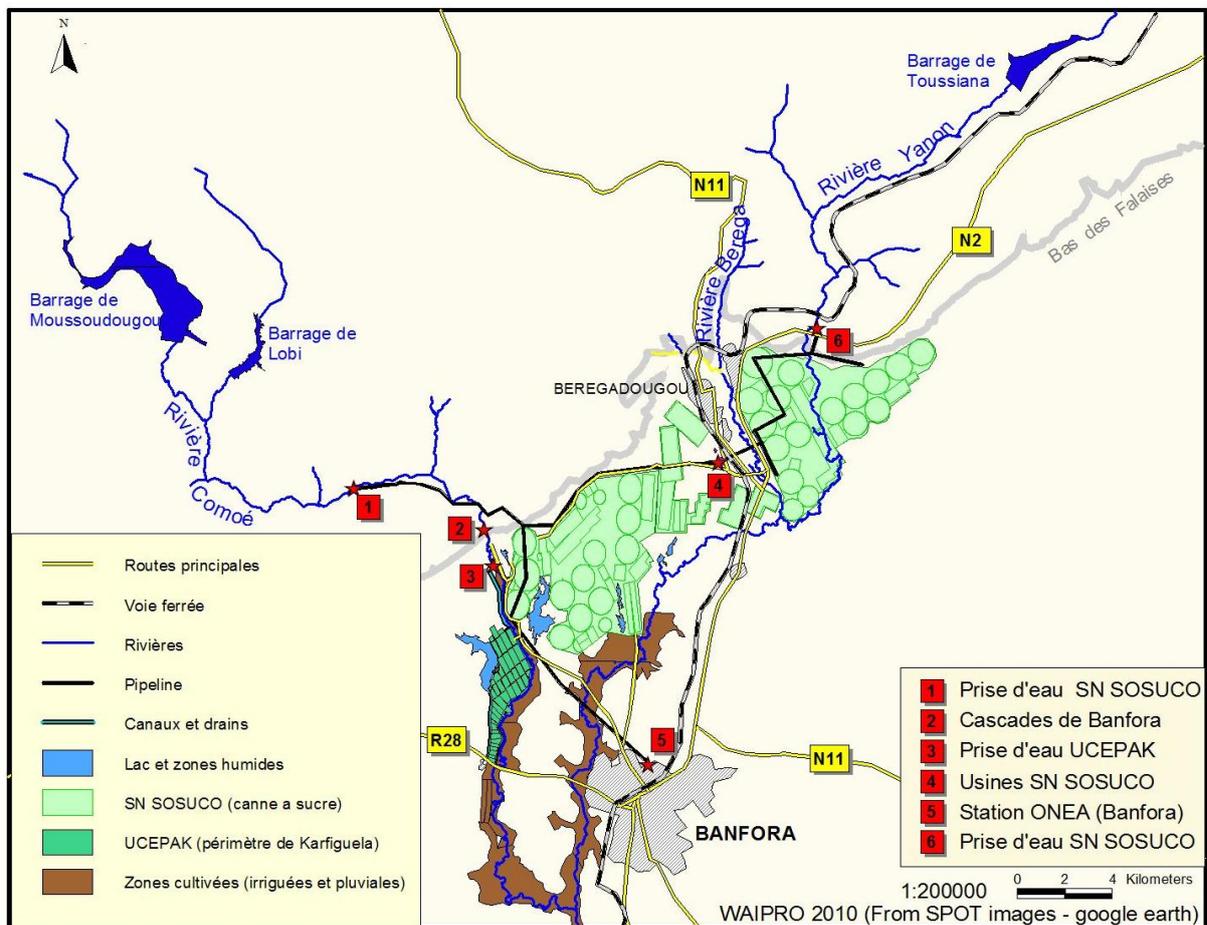


Figure 2: Zone d'étude

La zone d'étude a une superficie d'environ 2 000 km² (voir figure 1 et 2) et comprend des utilisations multi-sectorielles de l'eau qui ont des impacts différents et importants sur les moyens de subsistance des populations locales et sur l'économie nationale dans son ensemble.

Plusieurs utilisations de l'eau coexistent dans le bassin, ce sont : l'irrigation, l'approvisionnement en eau domestique, l'élevage, la pêche et l'alimentation en eau des sites touristiques. La zone d'étude se compose de deux grands fleuves : le fleuve Comoé et son affluent : la rivière Yanon. Le fleuve Comoé et de la rivière Yanon sont régulés par trois barrages qui fournissent de l'eau pour l'irrigation, pour l'usage domestique à Banfora et pour des usages en aval.

À l'échelle du Burkina, la pluviométrie dans notre zone d'étude est assez élevée ; elle varie entre 900 mm à 1100 mm, mais elle est également caractérisée par la variabilité saisonnière et inter-annuelle intense. La saison de pluies s'étale de juin à octobre. La saison sèche, avec pratiquement aucune précipitation, débute en octobre et s'étend jusqu'au mois d'avril.

La pluviométrie et les bonnes caractéristiques du sol font de cette zone l'un des meilleurs potentiels agricoles du Burkina-Faso. Les principales cultures sont le maïs, l'igname pluvial, le maraîchage, le riz pluvial, le coton, la canne à sucre et le riz irrigué.

Depuis quelques années, des restrictions ont été imposées en raison du manque d'eau pour toutes les utilisations ci-dessus citées. Depuis deux ans, un Comité Local de l'Eau (CLE) a été créé afin de permettre un dialogue entre les différents usagers de l'eau. La mise en œuvre du CLE faisait partie d'une vaste réforme lancée dans les années 1990 pour améliorer le secteur de l'eau. Les cadres juridiques et institutionnels ont été modifiés sur la base du concept de la Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE).

2.2. Disponibilité et usages de l'eau

Les barrages de Moussoudougou, Lobi et de Toussiana forment un système complexe qui fournit de l'eau aux plantations de canne à sucre au moyen d'un réseau de conduites (environ 4000 ha) de la Nouvelle Société Sucrière de la Comoé (SN SOSUCO) et à l'Office National de l'Eau et de l'Assainissement (ONEA) : service de l'eau qui approvisionne la ville de Banfora (70 000 habitants). Les barrages et le réseau de conduites sont contrôlés par la SN-SOSUCO qui légalement, doit libérer un débit de 150 l/s lequel sert principalement à maintenir les chutes des cascades de Banfora (pôle touristique important) et le périmètre irrigué de Karfiguéla (350 ha). Cependant sur les rives de la Comoé et du Yanon, la mobilisation de près de 200 pompes permet la culture du maraîchage sur une surface comprise entre 400 ha et 900 ha.

On distingue un certain nombre de rapports et de documents qui décrivent les différents usagers de l'eau ; Roncolli et al. (2009), Etkin (2008), DREDC (2005) fournissent une description des différents usagers de l'eau et de gestion des ressources hydriques dans la région. ETSHER (1995), DPAHRHC (2009), CNID-B (2010), Diallo (2006) ou Ballo (2010) présentent une description détaillée du système d'irrigation de Karfiguella.

D'après la revue bibliographique parcourue, il apparaît que même s'il y a eu plusieurs tentatives pour quantifier et modéliser le système de l'eau (AEDE, 2009, Orstom 1997, Etkin 2008), il y a encore un manque de données, en particulier concernant les usages de l'eau des rivières de la Comoé et de Yanon. Plusieurs estimations de la demande en eau et la disponibilité de l'eau diffèrent de manière significative selon les études citées. Elles concernent par exemple les débits d'entrée des barrages, la capacité des barrages (en particulier le stockage du barrage Lobi qui varie de 2 à 6 millions m³), la demande en eau nette du périmètre irrigué de Karfiguella et la demande brute (celle-ci varie environ de 5 à 8 millions m³ par saison) ou encore la superficie de l'irrigation informelle et les différents usages relatifs.

Ce manque de données a été partiellement comblé par des travaux de modélisation et le développement de plusieurs modèles et outils d'aide à la décision, mais il y a encore trop d'incertitudes affectant la précision de la modélisation représentée dans ce système.

Le tableau 2 a été établi sur la base des données bibliographiques. Les chiffres en rouge du tableau doivent être considérés avec prudence. Il y a quelques incertitudes concernant, par exemple, l'eau utilisée par le périmètre de Karfiguela (8,4 millions m³) qui a été obtenu par l'estimation de la quantité maximale d'eau que le système pourrait exiger. Dans le tableau de l'eau utilisée par les "pirates" (agriculteurs informels situés sur les rives de la Comoé et de Yanon) c'est également une estimation de leurs besoins en eau qui est approximative. Le "débit environnemental" (aussi appelé débit sanitaire) doit être cité avec précaution car il correspond aux 150 l/s libéré par le SN-SOSUCO pour des utilisations en aval. En réalité ce débit est quasiment totalement consommé par le périmètre de Karfiguela. Les débits « imprévus » d'après Etkin (2008) prennent en compte les apports diffus à rivière qui se répercuteront sur les barrages et les flux en aval. Cela signifie que si la SN-SOSUCO ne libère pas plus que le débit environnemental requis, l'eau utilisée par le périmètre de Karfiguela ne peut pas dépasser 2,7 ou 5,3 millions m³ (si les débits imprévus sont ajoutés).

Tableau 2: Répartition des eaux basée sur les estimations des données des rapports

Barrages	Volume (millions m³)	Utilisateurs	Volume (millions m³)
Moussodougou	31,3	SN-SOSUCO	31,2
Lobi	1,0	Karfiguéla	8,4
Toussiana	3,6	ONEA	0,5
Débits de base	13,7	« Pirates »	9,5
Total	49,7	Débits environnementaux	2,7
		Débits imprévus	2,6
		Total	55,1

Les chiffres en rouge (et en italique) représentent des incertitudes importantes concernant les données : Conformément à la définition du « débit environnemental », les demandes en eau pour Karfiguéla et les utilisateurs pirates ne sont pas fiables.

Les différentes études semblent prouver qu'il y a un déficit en eau dans la région (variant entre 2 et 5 millions m³ par an) ; et bien qu'il existe des incertitudes pouvant influencer les résultats de la modélisation, ces résultats semblent confirmer ce qui est observé sur le terrain. En 2009/2010 il y avait effectivement un déficit d'eau de 3 à 4 millions m³ (pour irriguer 350 ha de riz à Karfiguéla), mais les membres du CLE et un agent en irrigation de la SOSUCO ont affirmé que

la raison réelle était le faible niveau d'eau observée dans le barrage à la fin de la saison pluvieuse de 2009.

La figure 3 montre les estimations de la quantité d'eau disponible pendant toute l'année ainsi qu'en saison sèche, on retrouve aussi la demande en eau de la région sur la base des données fournies par les travaux de l'AEDE (2009) et de Roncoli et al. (2009). La disponibilité et la demande en eau ont été estimés pour la saison sèche 2008/2009 en considérant que Karfiguéla irrigue 350 ha de riz pendant la saison sèche (Ndlr : ce qui n'est pas le cas).

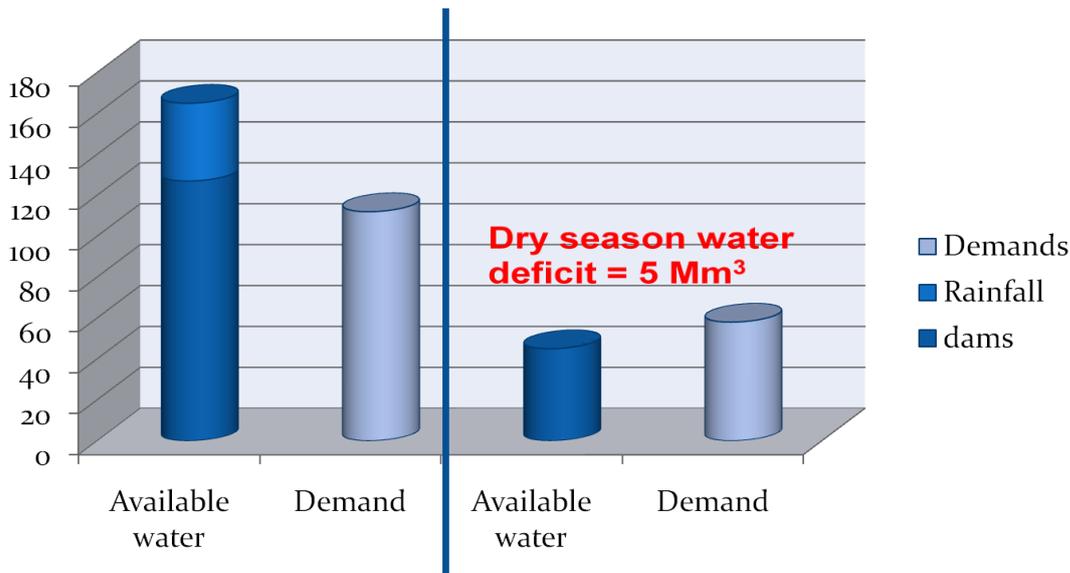


Figure 3: Situation annuelle et la situation en période de sécheresse

Traduction : available water = eau disponible ; demand = demande ; dry season water deficit = déficit d'eau en saison sèche ; rainfall = précipitations ; dams = barrage

Le graphique montre que le déficit en eau est un déficit de saison sèche. Selon l'AEDE (2008) il y a un déficit de 5 millions m³ d'eau si tous les besoins en eau doivent être satisfaits.

Pour le moment, ce déficit en eau est compensé par les efforts réalisés par la SN-SOSUCO qui réduit le temps d'irrigation sur certains de ses champs de canne à sucre pour augmenter la quantité d'eau délivrée aux usagers situés à l'aval. Par ailleurs les agriculteurs de Karfiguéla réduisentdiminuent leur demande en eau pour l'irrigation de saison sèche en réduisant les superficies des zones irriguées. Pour comprendre ces efforts, il est important de rappeler l'historique selon lequel le périmètre irrigué de Karfiguéla a été créé pour l'irrigation d'appoint en saison de pluies et il a été construit pour compenser les villageois qui ont été déplacés du site sur lequel la SOSUCO s'est implantée.

En fin de compte, nous notons que la SN-SOSUCO et les agriculteurs de Karfiguéla sont étroitement liés et que ces derniers savent parfaitement qu'ils n'étaient pas supposés irriguer pendant la saison sèche.

Pour comprendre la situation qui prévaut entre les différents usagers de la ressource d'eau, il est important de connaître les événements qui ont marqués le développement de la région. La figure 4 présente une chronologie simplifiée des principaux événements qui ont eu lieu dans la région.

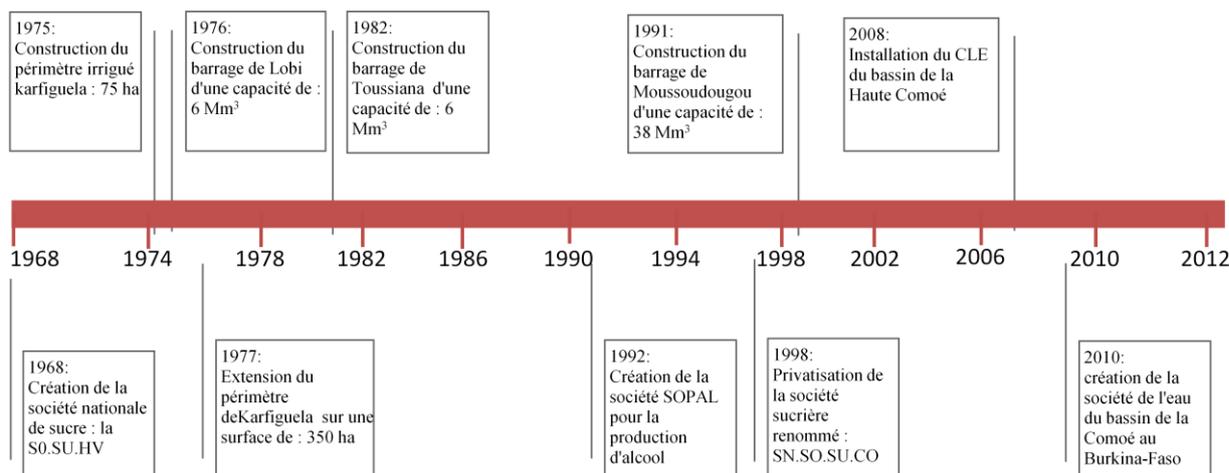


Figure 4: Chronologie des événements marquants autour de la ressource en eau

Il est important de remarquer que la SOSUCO et le périmètre irrigué de Karfiguéla ont été construits au début des années 1970, tandis que les barrages de Lobi (6 M m³), de Toussiana (6 M m³) et de Moussoudougou (38 M m³) ont été respectivement construits en 1976, 1982 et 1991. Cela signifie que, bien que la disponibilité de l'eau ait augmenté, les zones irriguées n'ont pas été accrues. En effet la SOSUCO et le périmètre de Karfiguéla disposaient de suffisamment d'eau pour mener leurs irrigations.

L'équilibre qui régnait a été "perturbé" lorsque les barrages, notamment celui de Moussodougou, a été construit en 1991. Les agriculteurs de Karfiguéla ont alors décidé que ce barrage leur permettrait de doubler leur temps de culture. Ce barrage a également permis à la SOSUCO de construire un système d'irrigation gravitaire dépendant des apports fluviaux de la Comoé et de Yanon ; abandonnant ainsi le pompage de l'eau des différents barrages de la région. Grâce à l'eau du barrage qui constitue une source disponible pendant l'année, la SN SOSUCO a maintenu l'irrigation d'appoint pendant la saison des pluies et l'irrigation totale pendant la saison sèche.

Le tableau 3 présente la superficie cultivée et les rendements de la canne à sucre obtenus de 1980 à 2005. Bien que la disponibilité de l'eau ait augmenté avec la construction des deux barrages, la production de canne à sucre qui offrait un tonnage moyen de 7,13 t/ha avant 1991 (date de la

construction du barrage de Moussodougou) est passé à 8,55 t/ha. Cette augmentation du rendement ne reflétait guère la hausse plus importante de la disponibilité en eau. Ce constat peut avoir plusieurs origines : par exemple l'augmentation du rendement de la canne à sucre serait plus notable mais en termes de production de sucre elle serait moins importante à cause d'une perte d'efficacité du mécanisme de transformation.

Tableau 3: Surfaces de canne à sucre cultivées par la SOSUCO et rendements obtenus de 1980 à 2005

Années	Surfaces Cultivées (ha)	Rendements (t/ha)
1980-1981	3749,8	6,8
1981-1982	3762	7,55
1982-1983	3719,9	7,45
1983-1984	3714,8	7,08
1984-1985	3773,9	7,25
1985-1986	3746,8	7,19
1986-1987	3615,4	7,31
1987-1988	3731,9	6,99
1988-1989	3589,8	6,11
1989-1990	3659,8	7,59
1990-1991	3448,3	7,19
1991-1992	3550,9	8,07
1992-1993	3570	7,88
1993-1994	3603	8,64
1994-1995	3559,9	8,14
1995-1996	3510	8,06
1996-1997	3584,6	8,9
1997-1998	3639,8	7,99
1998-1999	3498,2	7,08
1999-2000	3597	8,76
2000-2001	3625,6	9,76
2001-2002	3681,1	10,01
2002-2003	3671,93	10,02
2003-2004	3754,7	8,59
2004-2005	3671,51	7,83

(Source : SN-SOSUCO, 2005)

Il serait important d'analyser l'évolution du bilan de la ressource en eau des années 1975 à 2010, elle pourrait aider à mieux comprendre l'impact des barrages sur l'évolution de la demande en eau ; mais les données requises pour une telle analyse ne sont pas disponibles. Ces analyses pourraient, par exemple apporter de nouveaux éléments de compréhension sur des questions comme les relations entre les agriculteurs de Karfiguéla et la SN-SOSUCO.

3. LES OUTILS DE GESTION DE L'EAU EXISTANTS ET LEUR UTILISATION POTENTIELLE

3.1. Les outils de gestion existants

La littérature montre que plusieurs modèles pour la gestion des ressources en eau ont été développés dans la zone d'étude. Les modèles existants qui ont été relevés dans la littérature sont les suivants :

- ORSTOM (1997) : il s'inspire du modèle HYDRAM qui est un modèle basé sur UNIX.
- AEDE (2009) : Aucun outil n'a été mis au point, seules les ressources en eau et les demandes ont été estimées.
- Le développement de deux différents Outils de Simulation de Barrage (OSB) sous le projet intitulé « *Amélioration des ressources en eau dans la zone Soudano-sahélienne, cas du Burkina Faso* » (2009) par les universités de la Géorgie et de Tuft. Les deux OSB sont les suivants :
 - Multi-Stage Stochastic Linear Program (MSSLP)
 - Comoé simulation tool (CST) présenté au CLE

Étant donné que le modèle HYDRAM est fonctionnel sous UNIX, il ne peut être aisément utilisé que par les utilisateurs ayant Windows OS. De plus le MSSLP étant un outil très complexe, ces deux outils ne connaissent pas une grande utilisation de la part des gestionnaires de l'eau. Le seul outil existant qui est actuellement utilisé et apprécié est le CST. Néanmoins, le MSSLP a été décrit et son utilisation est possible sur la base de la documentation fournie par ses concepteurs. Le CST et MSSLP sont décrits et évalués dans les sections suivantes :

Le MSSLP est un outil qui a été développé et conçu pour optimiser la gestion de trois barrages et les usages d'eau dans la zone d'étude. Le CST a été développé pour répondre aux demandes formulées par les membres du CLE. Il s'agit d'un modèle de simulation déterministe plus simple que le MSSLP. Le CST a donc été élaboré premièrement pour identifier les usages de l'eau et les demandes exprimées afin de faciliter la communication entre les usagers de l'eau dans le

CLE. Les concepteurs du modèle MSSLP ont envisagé de le mettre à la disposition du CLE une fois que ce dernier aura maîtrisé l'utilisation du CST.

C'est ainsi que Etkin (2008:29) affirme que :

« Le modèle de simulation déterministe n'est qu'une première étape dans un processus visant à utiliser la technologie de l'information pour améliorer la gestion intégrée des ressources du bassin du fleuve Comoé. Bien que le modèle de simulation fournisse aux gestionnaires de l'eau et aux utilisateurs une amélioration et une connaissance unanime sur la dynamique du système, il ne peut pas décrire explicitement l'incertitude de l'écoulement fluvial et les précipitations. En outre, il ne fonctionne que dans une capacité descriptive et ne peut pas prescrire des décisions opérationnelles optimales dans sa formulation actuelle.

L'objectif du modèle stochastique en plusieurs étapes d'optimisation linéaire est de pouvoir considérer des situations futures incertaines et de pouvoir optimiser les opérations courantes répondre aux besoins actuels et futurs. La formulation permet au programme d'être exécuté par ses opérateurs en tout point au cours d'opérations annuelles avec un horizon de prévision à un an »

3.1.1. Le modèle CST (Comoé Simulation Tool)

Le modèle CST a été élaboré dans le cadre du projet «Amélioration de la gestion des ressources en eau dans le Sahel et le Soudan, cas du Burkina Faso» sous la houlette des universités de Géorgie et de Tuft. Le développement de cet outil a été décrit comme une première étape dans un projet plus vaste et devant fournir des outils d'information pour faciliter la Gestion Intégrée des Ressources en Eau.

The screenshot displays the 'Comoé Simulation Tool.xls' spreadsheet. The top part contains input parameters for 'Capacity', 'Initial Storage', and 'Area Function'. Below this is a large data table with columns for 'Starting Date', 'Inflows', 'Rainfed Supply', 'Evap', 'Demand', and 'Net Demand'. The 'Demand' and 'Net Demand' columns are further subdivided by location: 'SOSUCO', 'ONEA', 'Karfiguela', and 'Sanitaires'. A 'Microsoft Visual Basic' error dialog box is overlaid on the spreadsheet, displaying the message: 'Erreur d'exécution '445': Cet objet ne gère pas cette action.' The dialog has buttons for 'Continuer', 'Fin', 'Débogage', and 'Aide'. The spreadsheet interface includes standard Excel menus and toolbars.

Figure 5: Interface du modèle

Etkin (2008 a) affirme que le CST aide les gestionnaires du fleuve Comoé sur l'organisation, le traitement, les discussions concernant les apports et la demande dans le bassin de la Comoé, et leur permet de prendre des décisions opérationnelles pouvant être évaluées conformément aux déficits encourus.

Le CST est un modèle développé sur le bilan hydrique, il prend en compte les trois barrages (Moussoudougou, Lobi et Toussiana) et le fleuve Comoé jusqu'en aval de la prise d'irrigation de l'UCEPAK..

Le CST a été développé en utilisant Visual Basic pour Applications (Visual Basic for Applications ou VBA), pour construire une interface graphique basée sur un classeur Microsoft Excel pour l'utilisateur. L'utilisation de VBA est un avantage car c'est une application disponible avec toutes les versions d'Excel et n'exigeant pas de calculs. Dans son rapport, Etkin explique que « *la familiarité d'Excel en dehors du milieu universitaire et de l'ingénierie le rend accessible à un plus grand nombre d'utilisateurs impliqués dans la gestion intégrée des ressources* »

Le CST simule une période de un an en utilisant un temps de dix jours ; pour chaque période de dix jours, le modèle simule l'équilibre de l'eau en utilisant les entrées hydrologiques prévues et les besoins en eau. L'utilisateur peut utiliser l'algorithme du modèle CST ou manuellement insérer les données d'entrées et les horaires de demande afin d'allouer la ressource à la demande en eau. L'année hydrologique utilisée dans le modèle CST commence le 1er juillet, ce qui ne correspond pas au début de la saison des pluies. Cette préoccupation devrait être discutée avec les concepteurs afin de savoir s'il s'agit d'un choix judicieux de la part des utilisateurs.

Pour chaque pas de temps, une série de prélèvements et de prises doit être fixée (soit manuellement ou en utilisant le modèle intégré), ces séries sont appelés des «décisions» dans le CST. Il y a six décisions qui doivent être définies, ce sont :

- (1), (2) et (3) : Identifier respectivement chacun des trois réservoirs ;
- (4) : Relier le système d'irrigation de la SOSUCO à celui de la Comoé ;
- (5) : Relier le système de distribution d'eau de Banfora à la Comoé ;
- (6) : Relier la prise d'eau de Karfiguéla à la Comoé

Il y a trois autres nœuds du système qui peuvent être calculés à partir de ces 6 décisions :

(7) : Quantité d'eau totale dérivée de la Comoé ;

(8) : Le débit aval aux dérivations de la Comoé et le débit amont à la prise de la plaine de Karfiguéla ;

(9) : Le débit de la Comoé en aval des plaines de Karfiguéla ou « débits environnementaux »

Les premiers essais exécutés à l'aide du modèle CST et le fait qu'il s'exécute sous Excel, a montré qu'il a un fort potentiel, son principal avantage étant sa « simplicité ». Il y a, en tout cas un certain nombre de questions qui doivent être résolues avant de pouvoir effectivement le rendre utile aux gestionnaires de l'eau.

Les principales améliorations requises sont les suivantes :

1. Débogage : Il y a un certain nombre de programmes « bugs » qui empêchent son utilisation normale. Ces erreurs de programmation devraient être assez faciles à résoudre car le CST est développé en utilisant VBA ;
2. Traduction : l'outil, le mode d'emploi et les autres documentations sont en anglais ; ce qui freinent leur utilisation potentielle au Burkina Faso. Le CST et la documentation connexe doivent être traduits en français ;
3. Le manuel de l'utilisateur et surtout les tutoriels sont très limités, ils doivent être améliorés et complétés. Des exercices adaptés à la réalité de la situation dans la région devraient être construits pour que l'utilisateur apprenne à utiliser les diverses composantes de l'outil. Ces exercices doivent être élaborés dans un ordre qui augmente la complexité des tâches à accomplir par l'utilisateur.
4. On distingue plusieurs simulations qui exigent plus de travaux de modélisation et de programmation :
 - a. Les utilisateurs informels (agriculteurs sur les rives de la Comoé) ne sont pas modélisés de la même façon que « la demande en eau », ils sont considérés comme bénéficiant du « débit environnemental ». En supposant que l'irrigation informelle augmentera dans la région (ils sont soutenus par une série de projets, subventions, etc) ils doivent être inclus au même titre que « la demande en eau »
 - b. Il n'y a aucune connexion entre la conduite Est (de Toussiana) et la conduite Ouest ; celle qui existe permet à la SOCUCO de répondre à la demande de l'ONEA ou à la partie ouest du champ de canne à sucre en cas de besoin (le barrage Moussoudougou est vide par exemple).

- c. Les débits de Karfiguéla et des champs de la SOCUCO ne sont pas modélisés. Cette dernière semble avoir une forte influence sur le débit aval de la prise de l'UCEPAK de la rivière Comoé. En effet, les eaux de drainage de la SOSUCO remplissent le lac Lemeroudougou qui à son tour alimente la Comoé par un canal.
- d. Le barrage de Lobi a été modélisé en utilisant son stockage initial, mais il est tellement fragilisé car sa capacité réelle est passée de 6 à près de 2 Mm³. Cette hypothèse tend à augmenter de manière significative la disponibilité de l'eau dans la plaine.
- e. Le « débit environnemental », tel que modélisé ne reflète pas la réalité. En réalité, il est relâché par la SOSUCO, mais une bonne quantité de ce débit relâché est récupérée par la prise de l'UCEPAK. Le « débit environnemental », a été modélisé sur la base du scénario *“comment il devrait être”* au lieu de *“ce qu'il est”*.
- f. Le type de résultats produits et leur affichage (sous forme de graphiques) demandera quelques améliorations, ou tout au moins des examens de la part des gestionnaires et des utilisateurs de l'eau afin de s'assurer que le modèle répond à leurs besoins et permet une meilleure prise de décision.

Le CST semble donc avoir un fort potentiel, mais il nécessite quelques améliorations afin d'être prêt à utiliser par le CLE. Une autre question clé qui a été soulevée par plusieurs membres du CLE et des directions provinciales et régionales est l'adoption de l'outil. Bien que plusieurs membres de ces institutions aient participé aux deux ateliers qui ont permis de présenter le CST, ils se sont plaints du fait qu'aucune institution ne se soit engagée pour s'approprier en vue d'utiliser l'outil.

3.1.2. Appropriation du CST par le CLE¹

Le choix de l'organisme hôte est essentiel pour que l'outil soit accepté et utilisé, mais aussi pour que ses résultats aient un impact sur les décisions prises par le CLE. Il y a un certain nombre d'organisations qui sont impliquées dans la gestion de l'eau dans la zone d'étude. L'organisme responsable de l'outil devra l'exploiter : mettre à jour ses données et produire des résultats qui faciliteront les discussions et négociations au sein du CLE et en particulier celles qui ont lieu lors des réunions du comité.

Sur la base des discussions tenues avec le “chef la plaine”, l'organisme responsable de l'outil devra regrouper les caractéristiques suivantes :

¹ “comité restreint”

1. La neutralité face à tous les usagers de l'eau ;
2. La légitimité de contribuer réellement aux négociations ;
3. Posséder des ressources humaines avec des compétences en hydrologie, modélisation, analyse de données, etc ;
4. Posséder des ressources humaines avec des compétences en informatique ;
5. Etre autorisé à faire partie du comité restreint .

Sur la base de la discussion tenue avec le chef de plaine, plusieurs organisations impliquées dans la gestion de l'eau ont été évaluées en fonction des caractéristiques énumérées ci-dessus afin d'apprécier leur capacité à gérer le CST. L'évaluation a donc été donnée sous la forme d'un exercice qui ne saurait être réutilisé ou cité tel quel. La liste des organisations qui ont été évaluées n'est pas exhaustive et l'identification de l'organisme impliquera une véritable participation des différentes parties prenantes locales. Le tableau 4 montre les résultats de cette évaluation.

Tableau 4: Évaluation de la capacité des institutions à accueillir le CST

Institution	Neutralité	Légitimité	Ressource humaine en hydrologie	Ressource humaine en informatique	contribution au CLE	TOTAL
Direction Provinciale		+	+	?	+	++++
Conseil Regional	+	+		?	+	+++
Direction Regionale	+	+		?		++
SN SOSUCO			+	+	+	+++
UCEPAK					+	+
AEDE	?	?	+	?	+	+++
INERA	+	+		+		+++

Sur la base de cette évaluation un peu directe et partielle, le service provincial de l'Agriculture (Direction provinciale) apparaît comme une structure hôte adéquate.

Cette évaluation a montré que le CST pourrait atteindre ses objectifs en aidant le CLE à prendre des décisions concernant le partage des eaux à travers la GIRE s'il est amélioré et si la question de son adoption est prise en considération. Il est important de noter que le Millennium Challenge Account envisage l'amélioration et l'utilisation du CST dans le bassin de la Haute-Comoé et de l'adapter à d'autres sous-bassins de la Comoé. Le CST a un potentiel élevé, mais les améliorations qui sont nécessaires peuvent limiter son application. Néanmoins, les données qui ont été recueillies et le travail de modélisation qui a été réalisé (en particulier, les données sur les prévisions hydrologiques générées) devraient être réutilisés car ils contribuent à améliorer la compréhension de la zone d'étude et pourraient permettre la mise en place d'autres outils.

Au-delà de la décision de l'amélioration du CST, il serait important de répondre à un certain nombre de questions. Tout d'abord, savoir s'il existe un besoin d'outils d'aide à la décision dans la zone d'influence de l'étude ? Deuxièmement, savoir si toute organisation locale a la capacité d'utiliser et de maintenir le CST ? Enfin, y a-t-il des outils génériques (par exemple le WEAP) qui pourraient être plus facilement utilisables ? La première question est en partie répondue à la section 4 du présent rapport, tandis que pour les deuxième et troisième questions, il faudrait plus de travail pour y répondre.

3.1.3. Le programme « MSSLP »

Le MSSLP traduit sous conditions une chaîne de scénarios de débits prélevés et de prévisions des précipitations par les opérateurs de réservoirs afin de mettre en œuvre en temps réel les prévisions et les conditions de changement du système de façon optimale (Etkin, 2008). Le MSSLP a été développé pour être géré par des opérateurs de réservoir. En entrée on distingue des données hydrologiques et des événements qui sont mis à jour chaque dix ans. Les opérateurs peuvent alors prévoir les décisions variables tout au long de l'année prévisionnelle. Le MSSLP et le CST partagent un certain nombre de caractéristiques :

- Une constitution des mêmes paramètres (barrages, réseau de conduites, nœuds, utilisateurs d'eau, etc) ;
- Une modélisation annuelle pour 36 pas de temps décennaux ;
- Les débits libérés par les réservoirs et les débits prélevés dans les réseaux constituent l'ensemble des variables de décision ;
- La contrainte qui définit la dynamique des réservoirs et le transport dans le réseau ;
- L'outil de simulation des barrages est constitué de plusieurs feuilles de calcul liées dans un seul classeur Microsoft Excel.

Bien qu'il existe certaines similitudes entre les deux outils de simulation de barrage (OSB), le MSSLP diffère du CST. L'ensemble des variables de décision du MSSLP est optimisé par une fonction objective ; elle détermine l'ensemble des débits libérés par le barrage, ce qui permet de minimiser les déficits tout au long de l'exploitation et de sauvegarder le volume de stockage des barrages. Les paramètres décrivant les apports futurs et les précipitations futures sont exprimés de manière probabiliste en utilisant un arbre de scénarios.

Le MSSLP est un excellent outil de base, tandis qu'Excel offre un grand ensemble de paramètres d'entrée et des décisions de sortie, le traitement des données est programmé sous VBA alors que le MSSLP est conçu sous GAMS avec une interface du classeur Excel. La structure et les composants du MSSLP sont présentés dans la section suivante.

3.1.3.1. Structure et interface de l'outil MSSLP

Les différentes composantes de l'outil MSSLP sont résumées d'après Etkin (2008) dans le paragraphe ci-dessous :

L'OSB est constitué de plusieurs feuilles de calcul liées dans un seul classeur Microsoft Excel. Chaque feuille de calcul effectue une tâche différente dans le processus. Les premières feuilles sont utilisées pour traiter les données sur les précipitations quotidiennes antérieures, elles seront intégrées sous un pas de temps décennal en cinq étapes suivant l'arbre des scénarios de l'outil. Chaque année antérieure est divisée en six étapes (cinq plus une saison sèche) qui calculent à leur tour les deux premiers "moments". À partir des "moments" calculés à partir des événements enregistrés, les années similaires sont classifiées selon trois niveaux (haut / moyen / faible) de chaque étape.

Sur une autre feuille, les probabilités de chaque branche des scénarios de précipitations sont calculés à partir des enregistrements antérieurs et en utilisant des algorithmes programmés sous VBA. Les matrices de transition de Markov sont aptes pour le décompte des transitions (haut / moyen / faible) entre les étapes des différents événements historiques. Sous VBA ces matrices de Markov sont habilitées à la construction des arbres de probabilités conditionnelles ; une seule matrice de probabilité correspondant à chaque étape. La matrice de probabilité peut être adaptée suivant le niveau (haut / moyen / faible) des prévisions développées en collaboration avec l'ACMAD.

Après le choix des séquences similaires de précipitations décennales suivant chaque étape et suivant chaque classification, une autre feuille de calcul Excel construit un scénario de cinq étapes de précipitations décennales pour un an. Cet arbre de précipitations est une description stochastique de la climatologie issue des dossiers historiques disponibles.

Sur la feuille de calcul suivante, l'arbre de scénario des précipitations est utilisé pour construire un arbre de scénario des débits à mesurer de Diarabakoko, cette opération est exécutée grâce à un modèle ABCD de ruissellement pluvial qui est rédigé sous VBA. Les débits entrants des réservoirs de chaque scénario sont estimés par rapport à la surface d'écoulement des eaux de Diarabakoko.

À partir des scénarios de précipitations et des débits entrants de chaque réservoir par rapport à la surface des scénarios de Diarabakoko ; une autre feuille de calcul détermine les précipitations efficaces indispensables pour répondre aux besoins agricoles de la SOSUCO et de la plaine aménagée de Karfiguéla.

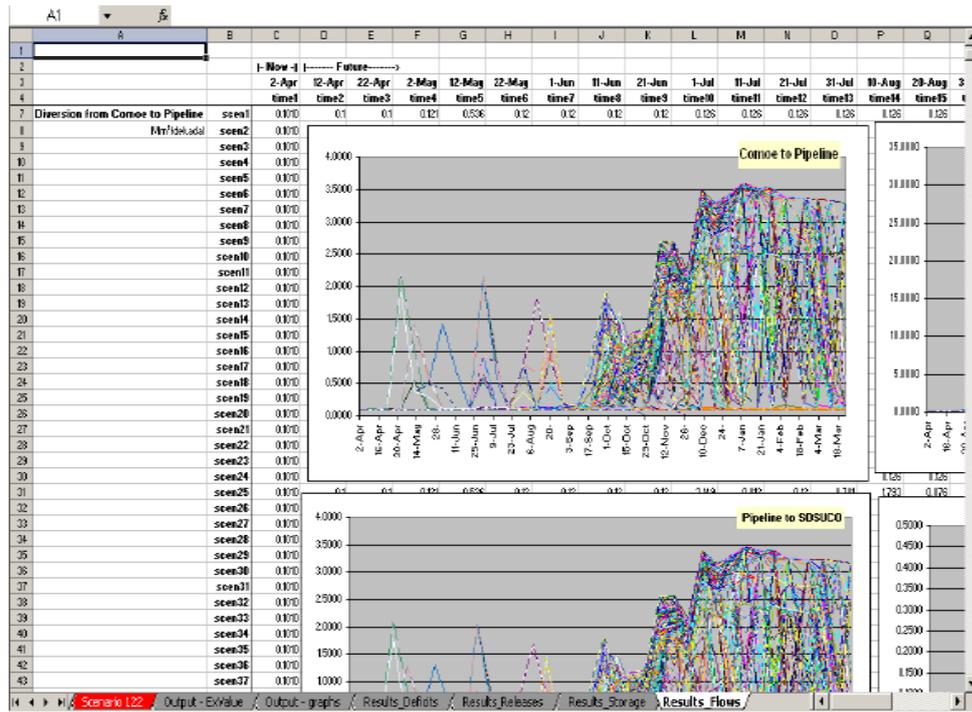


Figure 7: Capture de l'écran de l'interface du modèle MSSLP (2)

Le MSSLP a été testé et évalué par les concepteurs eux-mêmes ; mais il n'a pas pu être testé par les utilisateurs. Le manque de données a été un obstacle à l'évaluation de l'outil de simulation ; les décisions concernant les barrages ne peuvent être comparées aux données historiques. Etkin (2008) a tenté de vérifier les décisions recommandées par l'outil dans des conditions historiques (2003 à 2006) en utilisant une autre série de données (information parfaite, les prévisions climatologiques, prévisions historiques de l'ACMAD, l'amélioration des prévisions rétrospectives). Etkin (2008:114) a conclu que la gamme des déficits rencontrés par chaque demande est identique pour chaque mode de simulation, mais :

«... à la suite de l'application des prévisions de l'ACMAD, il y a une légère réduction globale du déficit volumétrique concernant la demande de l'ONEA et de Karfiguéla, et une légère augmentation des déficits rencontrés par la SOSUCO. Les déficits totaux enregistrés par une application des prévisions de l'ACMAD sont effectivement supérieurs à ceux d'une simple application de prévisions fondées sur le plan climatologique ; cela traduit plus la qualité de la prévision de l'ACMAD qu'autre chose. Une meilleure prévision rétrospective améliore légèrement l'approvisionnement en eau de tous les trois utilisateurs, ainsi que la réduction du déficit global volumétrique pour la période concernée. Sans surprise, la plus grande amélioration globale résulte de l'application de l'information parfaite. ».

L'OSB-MSSLP pour la gestion des barrages de la Comoé n'a pas pu être testé avant la rédaction de ce rapport, mais sur la base des documents fournis par les concepteurs, les conclusions suivantes peuvent être tirées :

- Les travaux de modélisation réalisés et surtout la révision des débits des barrages aussi bien que les méthodes de prévision testées constituent des contributions importantes à la gestion plus claire des barrages ;
- L'outil nécessite encore des améliorations sur la modélisation comme indiqué par le promoteur lui-même (Etkin, 2008) ;
- L'outil doit être traduit en français ;
- L'interface graphique doit être rendu aussi facile à utiliser que possible.

Le MSSLP a été développé pour être exécuté par les gestionnaires des barrages afin de simuler et planifier les opérations des réservoirs pour la décennie suivante. Il est peut-être plus réaliste d'envisager que la principale utilisation de cet outil pourrait être d'aider le CLE à la fin de la saison de pluies à décider de la quantité d'eau qui sera allouée à chaque utilisateur et surtout l'eau qui sera délivrée pour l'irrigation du périmètre de Karfiguéla au cours du régime de la saison sèche. Cela signifie que les décisions d'attribution de l'eau devront être prises en se basant sur le niveau d'eau dans les barrages (comme cela a été fait par le comité restreint en 2009) et qu'il faudra que les prévisions météorologiques de la saison sèche soient précises ; en particulier celles du début de la prochaine saison des pluies (nécessaire pour exécuter le MSSLP). Cela permettrait d'améliorer grandement le potentiel de l'OSB, mais d'autres tests devront être réalisés afin de s'assurer que les prévisions météo ou les prévisions climatologiques de l'ACMAD sont précises et assez fiables.

Le MSSLP est un outil assez complexe à la fois du point de vue modélisation et manipulation, et même s'il produit des résultats de qualité, sa complexité et son travail de modélisation sont encore nécessaires pour améliorer son utilisation potentielle par les membres du CLE, qui pourrait être sérieusement limitée. Néanmoins, comme il a été noté par Etkin (2008) l'introduction du MSSLP pourrait être envisagé après que les membres du CLE aient maîtrisé l'utilisation du CST.

3.1.4. Données disponibles

Un examen des données produites par les institutions nationales montre que les responsables des données principales sont la DGRE (Direction Générale des Ressources en Eau), la DGPSA (Direction générale des Prévisions et de la Statistique Agricoles), l'ONEA (Office National de l' Eau et de l'Assainissement) et la DMN (Direction de la Météorologie Nationale).

Tableau 5: Données produites par les institutions nationales

Institutions	Données produites	Remarques
DGRE	Eau de surface (sauvegardé dans la base de données de HYDROM) sources d'eau (évaluation faite en 2005) Quelques données sur les petits barrages et sur les périmètres irrigués	-Les données sont supposées être disponibles via le web à partir de leur base de données -La DGRE est supposée collecter et fournir les données sur la capacité des barrages mais les données retrouvées ont été collectées par la SN SOSUCO elle-même -La DGRE assure le contrôle de deux stations de mesures sur la zone d'étude mais la station de Diarabakoko est la seule station qui a précédé la construction du barrage
DGPSA	Statistiques des cultures produites utilisation des eaux de surface (principalement les céréales et le maraîchage) Organisation des producteurs Nombre des producteurs Types de source d'approvisionnement en eau nombre de producteurs par unité de source d'approvisionnement surfaces cultivées, estimation de la production et de la productivité de l'eau pluviométrie et déficits hydriques	Ces données sont d'ordre nationales et sont produites annuellement, mais les données concernant spécifiquement notre zone d'étude ne peuvent être prélevées, cependant elles sont disponibles à la direction régionale ou provinciale
ONEA	La principale donnée produite est la quantité et la qualité de la demande en eau L'ONEA a aussi collecté des données socioéconomiques concernant les utilisateurs de l'eau au travers des études	Ces données sont des produits des rapports et sont disponibles dans les bureaux de l'ONEA à Banfora
DMN	Ils ont collecté les données pluviométriques et agro-climatiques à travers leurs stations de mesure Les données ont été sauvegardées dans la base de données Clidata de Ouagadougou.	Les stations pluviométriques localisées près ou dans la zone d'étude sont : Moussodougou, Lobi, Toussiana, Nianka, Beregadougou, Banfora, Banfora (agro-météo), Sindou, Sideradougou et Soubaka. Les données collectées de ces stations sont disponibles à la DRAHRH. Cependant quelques stations disposent de la totalité des données historiques ou presque. La station de Banfora dispose des données datant de 1963 jusqu'à maintenant
BDOT	Hydrographie et géologie	Données GIS sur la géologie et le réseau hydrographique
DRED	Données socioéconomiques à l'échelle du village, des départements et de la province	Les données ont été publiées dans le rapport "Monographie de la province de Comoé".

Outre les données produites par les institutions nationales, les données (nombre de membres, la superficie par membre, etc) peuvent être obtenues auprès des utilisateurs comme la SOSUCO et l' UCEPAK. La SN SOSUCO collecte quotidiennement des données agro-climatiques et les volumes d'eau dérivée de la Comoé et les apports de la rivière Yanon. La SN SOSUCO recueille également un certain nombre de données telles que leur production annuelle de canne à sucre, de sucre, d'alcool et les produits secondaires à la production et leurs rendements. Elle relève également les niveaux du barrage, mais cette activité n'a commencé que récemment parce qu'il n'y a pas de données disponibles sur le volume d'eau stockée du barrage.

Une autre source importante d'informations et de données sont les nombreux projets et rapports d'étude produits au fil des ans sur le bassin du fleuve Comoé. Les données et informations collectées et produites par ces projets est une source importante d'informations. Les données produites par ces études sont les suivantes :

- Le projet IWACO-ORSTOM a recueilli des informations concernant les systèmes d'irrigation au Burkina Faso (entre autre le système d'irrigation du périmètre de Karfiguéla)
- L'AEDE a publié les estimations de l'eau disponible, la demande en eau pour les différents usagers de l'eau et la quantité d'eau stockée dans les 3 petites cuvettes de la zone d'étude
- ORSTOM produit la simulation du stockage du barrage et des flux hydrologiques en utilisant des données historiques de précipitations et la demande estimée en eau
- Les données qui ont été recueillies et le travail de modélisation réalisé pour le développement du CST et du MSSLP sont une source de données très importante. La reconstitution historique des débits entrants du barrage et le niveau de stockage constituent des données importantes produites par ce projet

3.1.5. Données manquantes

Il y a un certain nombre de données qui font défaut dans la zone d'étude. Les données figurant dans la présente section sont celles qui ont été identifiées comme nécessaires à une meilleure gestion des ressources naturelles dans la région et en particulier celles qui aideraient le CLE à mieux répartir l'eau entre les utilisateurs. Outre les lacunes de la pluie / climatiques / données des stations de mesure, les données manquantes qui ont été identifiés sont les suivants :

- La demande en eau nette des champs de canne à sucre afin de comparer l'eau dérivée de la rivière à l'eau réellement utilisée par les plantes de canne à sucre. Ces données seraient très utiles pour vérifier la productivité de l'eau élevée que la SN SOSUCO prétend avoir.

En effet, une analyse des données de production historique de la SOSUCO montre que les superficies cultivées par la SOSUCO n'ont pas augmenté de manière significative depuis la construction des barrages et, leurs rendements moyens n'ont augmenté que de 7,1 à environ 8,5 tonnes de sucre par hectares. L'augmentation du rendement ne peut pas être suffisante pour justifier l'utilisation de l'eau des barrages par la SN SOSUCO.

- L'eau stockée dans les trois cuvettes avec une attention particulière accordée à la cuvette de Lemeroudougou et le volume d'eau qui retourne à la rivière Comoé ;
- Les volumes d'eau au niveau de la prise de la SOSUCO pour les utilisations en aval ;
- Les volumes d'eau entrant par la prise de Karfiguéla ;
- La surface cultivée par les agriculteurs informels, les types de cultures, le nombre de motopompes, etc
- La demande en eau brute et nette du système d'irrigation de Karfiguéla.

Au niveau du système d'irrigation de Karfiguéla, il y a un certain nombre de données qui seraient nécessaires pour mieux gérer et mieux évaluer la productivité du système. Cela inclut des données hydrologiques, agronomiques et socio-économiques.

Le manque de données concernant le système d'irrigation de Karfiguéla peut limiter sa capacité à négocier les droits de l'eau et une quasi-absence des données peut nuire à la capacité du CLE à prendre des décisions rationnelles concernant la répartition de l'eau.

4. NÉGOCIATION DES DROITS DE L'EAU POUR UNE IRRIGATION AMÉLIORÉE DU SYSTÈME DE KARFIGUÉLA

Le CNID-B (2009) a réalisé un diagnostic rapide du système d'irrigation de Karfiguéla et identifié un certain nombre de travaux de réhabilitation à réaliser afin d'améliorer le fonctionnement hydraulique du système. Le CNID-B (2009) et Diallo (2006) montrent que l'un des principaux problèmes rencontrés par les agriculteurs est la quantité insuffisante d'eau qu'ils reçoivent pour l'irrigation. Les rapports montrent que le manque d'eau est en partie dû à l'état du système d'irrigation (infrastructures détériorées) et au fait que selon les agriculteurs ; la SN SOSUCO ne libère pas assez d'eau. Après la construction du barrage Moussoudougou en 1991, la SN SOSUCO a adopté un débit de 300 l/s pendant la saison sèche pour les utilisations en aval, ce débit a permis l'irrigation de 350 ha de riz, mais plus tard, ce montant a été réduit au minimum autorisé : un débit environnemental de 150 l/s. Les agriculteurs de Karfiguéla ont fait face à cette baisse en réduisant les superficies cultivées pendant la saison sèche ; deux ou trois (au choix) des cinq coopératives sont autorisées à irriguer leurs terres à chaque saison sèche. Il semble que la SN SOSUCO soit réticente à libérer plus d'eau pour le périmètre irrigué de Karfiguéla parce

qu'elle considère qu'une grande partie de cette eau est perdue avant d'atteindre effectivement les champs de riz (Diallo 2006 et ocommunication personnelle du responsable en en irrigation de la SN SOSUCO) ou encore qu'elle n'est pas correctement utilisée par les agriculteurs de Karfiguéla. Le CNID-B et Diallo (2006) confirment qu'il y a des pertes importantes dans le système. Les travaux de réhabilitation qui seront menés par le projet WAIPRO devraient permettre de réduire partiellement ces pertes, mais des efforts devront être faits sur la gestion et la maintenance du système, afin d'assurer que les travaux de réhabilitation atteignent leur objectif.

Les discussions tenues avec les dirigeants de coopératives ont montré qu'une partie des problèmes liés à l'entretien des canaux et des drains et la réticence des agriculteurs à payer leurs frais provient de la frustration des agriculteurs. La frustration est allée croissante au fil des années ; les agriculteurs ont préparé leur terre, mais n'ont pas pu obtenir de l'eau pour leur culture (en quantité et au moment opportun)

En 2009, des négociations ont eu lieu au cours des réunions du comité restreint, à la fin de la saison des pluies. Sur la base du niveau d'eau assez faible dans les barrages, la SN SOSUCO a déclaré que la surface de Karfiguéla à irriguer pendant la saison sèche serait de 150 hectares. Ces 150 ha devraient être irriguées à l'aide du débit environnemental libéré par la SN SOSUCO, mais les agriculteurs se plaignent de ne pas obtenir suffisamment d'eau pour irriguer les 150 hectares de riz. Par conséquent, certains agriculteurs ont dû abandonner une partie des champs qu'ils avaient préparés ou basculer de la riziculture à des cultures moins consommatrices comme le maïs. Comme il n'y a pas de stations de mesure en amont de la prise Karfiguéla ou dans les canaux, il est impossible de savoir exactement la quantité d'eau libéré par la SN SOSUCO et la quantité effectivement reçue, perdue ou utilisée par le système d'irrigation de Karfiguéla.

Au cours de la saison sèche 2009/2010, le périmètre irrigué de Karfiguéla réussit à obtenir de temps en temps de la SOSUCO, un peu plus d'eau en demandant au « chef de plaine » de la DPAHRH à négocier avec la SN SOSUCO. Ces négociations se font généralement par téléphone entre le chef de plaine et l'agent de l'irrigation de la SOSUCO sans mêler le CLE. Certaines négociations ont été menées ainsi entre le président de la région des Cascades (également président du CLE) et la SN SOSUCO. Ces négociations avec le chef de plaine (il ne fait pas partie du comité CLE) ne sont pas menées par le CLE et n'ont aucun poids juridique. Même les discussions et négociations tenues lors des réunions du CLE n'ont pas de statut juridique tout comme le CLE qui est une plate-forme de discussion et de dialogue n'a aucun pouvoir juridique pour s'assurer que les décisions prises soient mises en œuvre. Apparemment, la SN SOSUCO

répond le plus souvent à ces demandes et libère plus d'eau pendant 2 ou 3 jours avant de diminuer à nouveau au minimum requis.

Basé sur le diagnostic effectué et les discussions tenues avec les agriculteurs et les gestionnaires locaux, il est clair que le système d'irrigation doit bénéficier d'une quantité d'eau fixe dans un intervalle de temps convenable. Cela ne peut être atteint qu'en renforçant la capacité du système d'irrigation de Karfiguéla à négocier un droit de l'eau avec le SN SOSUCO durant les réunions du CLE. Actuellement, il n'existe pas de droits juridiques sur l'eau au Burkina Faso, selon Diallo (2006) le seul contrat juridique existant a été signé entre la SN SOSUCO et l'État. Le gouvernement a effectivement confié la gestion des barrages de Moussoudougou et de Toussiana à la SN SOSUCO. Le barrage de Lobi a été financé et construit par la SN SOSUCO. Ce contrat, leur poids économique et social au niveau local et national, le fait qu'elle contrôle les prélèvements dans les barrages et l'approvisionnement en eau de la ville de Banfora, mettent la SN SOSUCO dans une position de force lors de la négociation.

Il y a un certain nombre de facteurs qui influent sur la capacité du système d'irrigation de Karfiguéla à négocier les droits de l'eau ; ces facteurs ont un effet positif ou négatif. Les facteurs positifs et négatifs sont décrits dans le tableau 6 suivant :

Tableau 6: Facteurs positifs et négatifs influant sur les possibilités de négociation du système d'irrigation de Karfiguéla

Facteurs positifs	Facteurs négatifs
<p>Existence d'un CLE dynamique</p> <p>Groupements prompts et habilités à discuter et négocier</p> <p>Une "légitimité historique" qui confère le droit aux producteurs de Karfiguéla de faire prévaloir leur droit à l'eau</p> <p>Volonté politique à changer et supporter le développement de l'irrigation de contre saison</p> <p>Un département régional et provincial bien fondé</p> <p>Multiplicité des projets subventionnés (WAIPRO, MCA, DADI etc.)</p> <p>Existence des outils d'aide à la décision</p>	<p>✗ Déficit global de l'eau dans la région</p> <p>✗ L'eau parvenant aux parcelles rizicoles est insuffisante</p> <p>✗ Poids politique, social (emplois) et économique de la SN SOSUCO</p> <p>✗ Mauvaise connaissance des usages de l'eau et des besoins exprimés sur le périmètre de Karfiguéla</p> <p>✗ « Faible » productivité de l'eau sur le système de Karfiguéla</p> <p>✗ "Déséquilibre" entre la SOSUCO et Karfiguéla</p> <p>✗ Le Burkina ne dispose pas présentement d'un "droit de l'eau"</p> <p>✗ Aucun contrôle du mécanisme de prise de</p>

	décision du CLE ✘ Les OSB ne sont pas utilisés
--	---

Il y a un certain nombre de conditions favorables qui devraient permettre au système de Karfiguéla de négocier l'eau dont elle a besoin. Le CLE de la Comoé est l'un des plus actifs et des plus réussis du Burkina Faso. L'existence du CLE, le fait que le système ait été conçu pour offrir une alternative aux agriculteurs déplacés des champs de la SOSUCO et le soutien politique des ministères provinciaux et régionaux de l'agriculture sont des arguments que les agriculteurs peuvent utiliser lors des négociations. Cependant, le poids économique de la SOSUCO, sa forte position en tant que gestionnaire des trois barrages, le déficit hydrique connu dans la région, la productivité de l'eau apparemment faible et le manque de données concernant les besoins en eau et les utilisations du système de Karfiguéla sont des facteurs qui donnent à la SOSUCO la possibilité de négocier le droit à l'eau.

Plusieurs voies peuvent être envisagées pour renforcer les possibilités de négociation du système d'irrigation de Karfiguéla. Une manière de résoudre le problème est de résoudre le déficit hydrique qui affecte souvent la zone, ainsi la SN SOSUCO sera moins réticente à libérer plus d'eau à défaut le périmètre de Karfiguéla s'alimentera à partir d'autres sources. Une autre solution consiste à améliorer la productivité de l'eau : laisser de l'eau tout en économisant. Le fait que les gestionnaires du périmètre de Karfiguéla soient incapables de présenter leur demande en eau, leurs usages et la productivité lors de la négociation, constituent des facteurs limitant parce que ce sont les arguments avancés par la SN SOSUCO pour limiter les lâchers d'eau. Au cours des négociations, la SN SOSUCO utilise des arguments scientifiques et managériaux pour justifier son utilisation de l'eau tandis que les gestionnaires du système d'irrigation de Karfiguéla utilisent des arguments politiques et sociaux pour justifier leur droit à l'eau.

Les sections suivantes présentent les différentes solutions qui peuvent être envisagées pour améliorer la capacité du système d'irrigation de Karfiguéla à négocier l'eau dont elle a besoin.

4.1. Renforcement des possibilités de négociation du système d'irrigation de Karfiguéla

Historiquement, le fait que la SOSUCO ait indemnisé les agriculteurs de Karfiguéla et la volonté politique au niveau régional et national d'accroître la production alimentaire donne aux agriculteurs de Karfiguéla une sorte d' « argument politique » à la demande de plus d'eau. Au contraire, la SOSUCO utilise des arguments scientifiques et rationnels pour réclamer de l'eau. Outre le fait qu'elle doit réellement contrôler et gérer les barrages et les prélèvements, la

SOSUCO affirme que les apports du barrage, les canalisations et les méthodes d'irrigation modernes qu'elle utilise leur permettent d'utiliser l'eau de façon très efficace ce qui fait qu'elle soit peu enclins à satisfaire l'alimentation du « régime d'irrigation inefficace de Karfiguéla » (communication personnelle de l'agent du système d'irrigation de la SN SOSUCO).

Pour fournir des arguments scientifiques pertinents au système d'irrigation de Karfiguéla afin de négocier avec la SN SOSUCO, un certain nombre de mesures doivent être prises. Les travaux de réhabilitation prévus par le projet WAIPRO devraient aider le système d'irrigation de Karfiguéla à améliorer sa productivité de l'eau. Le projet WAIPRO devrait ainsi fournir des outils de suivi qui aideront l'UCEPAK à comprendre ses besoins en termes d'eau, de surveiller et d'évaluer sa propre productivité.

Les actions prévues par le projet WAIPRO sont de renforcer la production agricole à l'échelle de la parcelle et l'organisation de la gestion du périmètre qui peut prendre plus de temps que la réhabilitation du système d'irrigation. Il y a un risque que la réhabilitation du système d'irrigation ne suffise pas à elle seule à accroître la productivité (tout au moins au début) ; les coopératives et leurs agriculteurs pourraient boycotter le suivi de leur productivité si elle est faible. Il est donc important de mettre en place un système de surveillance à long terme qui montre l'augmentation de la productivité au cours des années. Dans ce cas, même si la productivité de l'eau n'atteint pas le niveau de la SN SOSUCO, les agriculteurs de Karfiguéla seront en mesure d'utiliser l'augmentation de la productivité de l'eau comme un argument scientifique pour demander et négocier plus d'eau. Pour s'assurer que le système de contrôle est utilisé sur le long terme, les agriculteurs et les coopératives doivent comprendre qu'il est dans leur intérêt de le maintenir. Mettre en place un système de suivi implique qu'ils ont les ressources financières, humaines et techniques pour le faire. Le ministère provincial de l'agriculture pourrait aider la coopérative en fournissant leur soutien (comme ils le font déjà).

Sur la base de la littérature, outre les discussions tenues avec les membres du CLE ; il se pourrait que le département de l'agriculture, la direction provinciale de l'agriculture et le président de la région des Cascades conduisent la SN SOSUCO à libérer plus d'eau pour le système d'irrigation de Karfiguéla et pour d'autres utilisations en aval, y compris les débits environnementaux. La volonté de développer la production alimentaire concerne aussi les petits agriculteurs informels qui sont soutenus par les ONG et les projets gouvernementaux (par exemple le programme PADL qui subventionne les motopompes jusqu'à 35%). Si la double culture dans le système d'irrigation de Karfiguéla est considérée comme un droit et si les agriculteurs informels ne sont pas considérés comme des pirates, mais « presque officiellement » des agriculteurs alors il est

certain que des efforts seront nécessaires pour faire diminuer la demande en eau et/ou pour augmenter l'offre.

4.2. Assurer l'approvisionnement en eau

Il existe deux types de mesures qui peuvent être prises pour que la demande soit comblée par l'offre ; l'une est axée sur la demande tandis que l'autre est axée sur l'offre.

4.2.1. Solutions de gestion des approvisionnements

Les trois solutions envisagées ici pour augmenter l'approvisionnement en eau dans la région sont les suivantes :

- Réhabilitation du barrage de Toussiana et la reconstruction du barrage de Lobi qui pourrait générer un supplément de 5 Mm³ d'eau disponible. Les travaux nécessaires sur le Lobi et le barrage de Toussiana ont été étudiés et évalués dans des études antérieures, et le MCA avait envisagé le financement des travaux avant que l'idée ne soit finalement abandonnée. La SN SOSUCO dispose encore des rapports d'étude de faisabilité et nous espérons qu'elle trouvera un financement pour la réhabilitation des deux barrages.
- L'utilisation des eaux souterraines ;
- L'utilisation des eaux de surface stockées dans les trois petites cuvettes situées dans la région.

4.2.1.1. Potentiels des eaux souterraines

La géologie de la zone d'étude se compose principalement de grès, de roches volcaniques et de magmatites. La zone d'étude est localisée dans la zone sédimentaire et sédimentaire-métamorphique du Burkina Faso (Sauret, 2006) et elle possède l'un des plus grands potentiels pour l'exploitation des eaux souterraines au Burkina Faso. L'utilisation des eaux souterraines comme source alternative d'eau pourrait donc être possible, mais il faudrait mener des études géophysiques dans la région pour déterminer avec précision le potentiel des aquifères locaux.

Si l'étude géophysique montre que les eaux souterraines est une solution fiable et qu'on peut forer à côté du canal principal d'irrigation ; il pourrait être envisagé de construire un puits de pompage avec renvoi dans le canal principal du système d'irrigation de Karfiguéla. Les eaux souterraines seraient alors utilisées lorsque cela est nécessaire, pour compléter l'eau prélevée dans le fleuve Comoé.

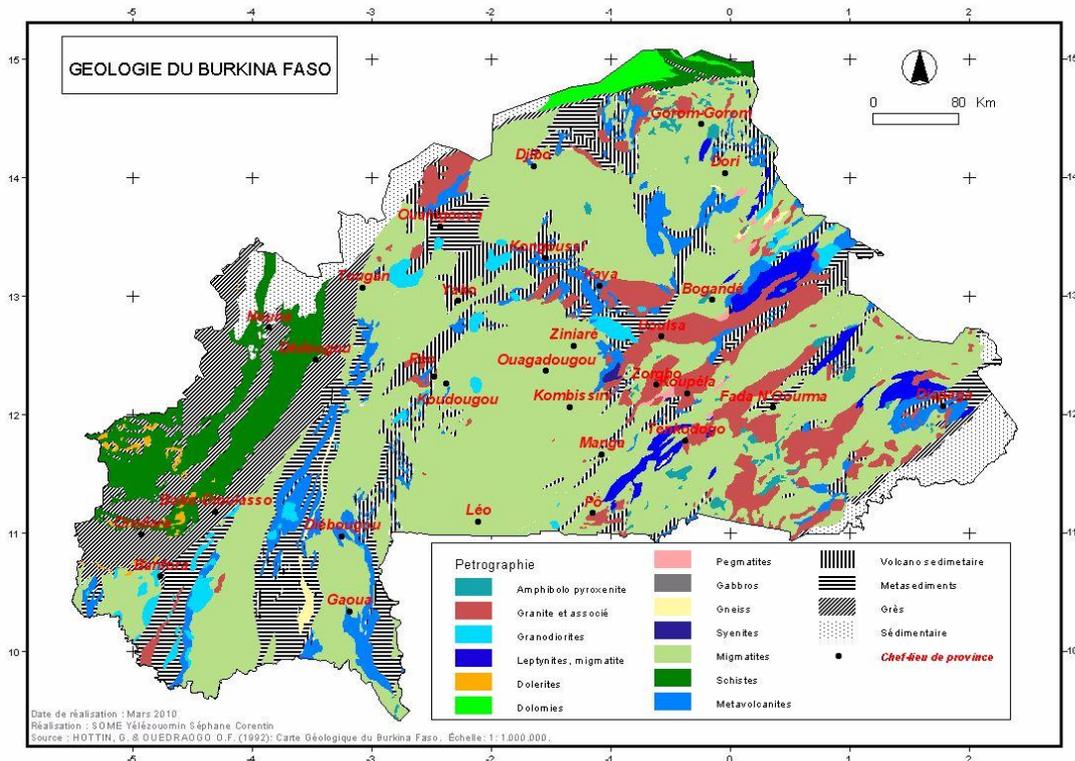


Figure 8: Carte géologique simplifiée du Burkina-Faso

Le pompage des eaux souterraines générera des coûts supplémentaires résultants de l'utilisation des pompes et de la construction d'un système de transport d'eau. L'analyse des coûts est donc nécessaire pour une éventuelle exploitation. Une programmation des activités et une volonté des agriculteurs de payer les études menées pourraient être un moyen de mesure de la faisabilité de cette solution.

4.2.1.2. Potentiels des eaux de surface

AEDE (2005) estime que les retenues pourraient fournir environ 2 Mm^3 et résoudre une partie du déficit de l'eau. Le lac de Lemouroudou et le lac de Karifguela sont alimentés par des eaux de drainage des parcelles respectives de Karifguéla et de la SN SOSUCO. La retenue Lemouroudou alimente le fleuve Comoé par le débordement du canal aval de la prise du périmètre de Karifguéla et fournit de l'eau aux utilisateurs en aval, y compris les agriculteurs informels situés sur les rives du fleuve Comoé. Il n'existe aucune estimation de la quantité d'eau qui coule vers le fleuve Comoé à travers le canal.

Bien sûr, l'analyse régulière de la qualité de l'eau devra être effectuée afin de s'assurer que l'eau des cuvettes est appropriée à la culture du riz irrigué, de la canne à sucre et de légumes.

Ballo (2010) a réalisé une analyse de la qualité de l'eau de la cuvette de Karfiguéla et a montré que l'eau pourrait être utilisée pour l'irrigation².

Pomper l'eau de ces barrages générera des coûts supplémentaires résultant par exemple de l'utilisation des motopompes et dès lors une analyse de coûts d'exploitation est nécessaire. Une programmation des activités et une volonté des agriculteurs de payer les études menées pourraient être un moyen de mesure de la faisabilité du pompage des eaux souterraines. Néanmoins, la SN SOSUCO semble être le seul utilisateur ayant la capacité financière et technique à utiliser alternativement (au moins partiellement) les eaux de surface des barrages ou des eaux souterraines pour l'irrigation. Cette solution exigerait de la SN SOSUCO soit de :

- Injecter l'eau pompée dans le réseau existant à la même pression (10 Atm) ;
- Envoyer l'eau pompée dans la rivière, mais l'apport et le coût de cette solution pourrait être très onéreux ;
- Créer un système d'irrigation ramifié pour irriguer une partie des champs de la canne à sucre.

Dans le passé, l'eau des différentes cuvettes situées sur les terres de la SOSUCO a été utilisée pour irriguer une partie des champs de canne à sucre et pour répondre à la demande en eau des usines de transformation du sucre. Au moins l'un des systèmes de pompage existe encore et pourrait être utilisé en cas de sécheresse sévère, mais les volumes d'eau stockée sont très limités (agent personnel de la communication en irrigation de la SN SOSUCO).

4.2.2. Solutions de gestion des demandes

Les solutions de gestion de la demande auront tendance à améliorer la productivité de l'eau. C'est l'approche adoptée par le projet WAIPRO. La réhabilitation du périmètre irrigué de Karfiguéla devrait améliorer la productivité de l'eau en effectuant des actions spécifiques visant à améliorer le système d'irrigation, le système de production à l'échelle de la parcelle et de l'organisation en charge de la gestion du périmètre. Le CNID-B (2009) présente le plan d'action du projet de réhabilitation WAIPRO et fournit une description détaillée des différentes actions prévues.

Les mesures managériales pourraient être appliquées aussi bien qu'avec la SN SOSUCO. Roncoli et al. (2009) explique que, bien que la productivité de l'eau est déjà élevé il y a encore des améliorations à apporter. La SN SOSUCO est en train d'essayer d'améliorer sa productivité de l'eau ; en effet, environ 60 hectares de champs de canne à sucre sont aujourd'hui irrigués

² L'analyse réalisée par Ballo (2010) a révélé la présence de fer (26 mg/l) dans l'échantillon analysé, mais il a considéré que cette eau était utilisable pour l'agriculture.

grâce à l'irrigation souterraine au goutte à goutte. Si l'irrigation goutte à goutte améliore la productivité de ces parcelles, l'objectif sera d'augmenter progressivement la superficie des terres irriguées au goutte à goutte. Environ 600 hectares de champs de canne à sucre sont irrigués à l'aide d'arroseurs qui ont une productivité plus faible, mais la SN SOSUCO est réticente à abandonner ces gicleurs. Les émetteurs avec d'autres méthodes permettront à la SN SOSUCO d'atteindre des zones qui sont difficiles à irriguer. L'utilisation des émetteurs exigent beaucoup plus de main d'œuvre par rapport aux autres techniques d'irrigation, le maintien de ces émetteurs est donc une façon de créer des emplois.

Conclusion

Bien qu'il y ait plusieurs projets de développement et d'études menées dans le secteur il y a encore quelques informations essentielles et des données manquantes. Par exemple, le volume d'eau disponible et utilisé par les différents usagers de l'eau n'est pas bien connu. Le développement de plusieurs modèles et des systèmes hydrologiques d'aide à la décision (par exemple le CST et MSSLP) ont contribué à réduire ce déficit de connaissances, mais plus de travaux de recherche et de surveillance sont nécessaires pour bien comprendre le système.

La réhabilitation du système d'irrigation et l'amélioration de la productivité de l'eau du système d'irrigation de Karfiguéla devront être pris en charge en mettant en place un système de suivi et d'évaluation. Ce système doit permettre aux producteurs de Karfiguéla de déterminer leurs besoins en eau (temps et volume d'irrigation) et ainsi prouver qu'ils ont augmenté leur productivité de l'eau. Elle permettra aux agriculteurs de Karfiguéla de passer d'une négociation fondée sur des arguments sociopolitiques à une négociation fondée sur des arguments scientifiques. Ce changement donnera aux agriculteurs de Karfiguéla de négocier avec le SN SOSUCO pour des quantités spécifiques d'eau en fonction de leur calendrier agricole. Ce changement serait une avancée significative vers des relations plus égalitaires entre les agriculteurs de Karfiguéla et la SN SOSUCO.

Ces efforts visant à rationaliser les décisions d'affectation de l'eau pourrait être soutenus grâce à un système d'aide à la décision. L'outil de simulation de la Comoé pourrait jouer ce rôle si elle est améliorée (voir section 3.2). Un outil d'aide à la gestion opérationnelle des barrages serait un grand atout pour la SN SOSUCO et le CLE ; mais le MSSLP doit encore être amélioré et nécessite des données fiables sur les prévisions climatiques qui, à l'heure actuelle, n'existent pas pour cette région.

Pour aider à la prise de décisions par le CLE, un outil simple de répartition qui fournit les besoins en eau et la productivité de l'eau des différents utilisateurs serait probablement suffisant. Cet outil devra contenir les résultats de la surveillance et des systèmes d'évaluation mis en place par les différents utilisateurs (en particulier le système d'irrigation de Karfiguéla car la SN SOSUCO collecte déjà ces données.)

Bibliographie

- AEDE, (2008). Programme des lachûres d'eau, campagne 2008–2009. « Comite Local de l'Eau-Haute Comoe », Association Eau Développement et Environnement, Banfora, Burkina Faso.
- Ballo, K. (2010). Évaluation des performances du périmètre irrigué de Karfiguéla. Rapport de maitrise 2ie, Ouagadougou, Burkina Faso.
- CNID-B, (2009), Diagnostic participatif du périmètre irrigue de Karfiguéla, rapport de diagnostic et de plans d'actions, Burkina Faso, 60p.
- DIALLO .S, (2006), Rapport provisoire de l'étude diagnostic du périmètre rizicole de Karfiguéla, Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques (MAHRH), Cellule de Gestion du plan d'action filière Riz, Burkina Faso, 46p
- DPAHRHC (2009). Programme d'activités sur le périmètre irrigue de Karfiguela campagne 2009 : janvier a décembre 2009. Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques, Direction Provinciale de l'agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources halieutique de la Comoé. Toé A. chef de plaine, Banfora, Burkina Faso.
- DREDC, (2005), Monographie de la province de la Comoé. Direction Régionale de l'Economie et du Développement des Cascades, Ministère de l'Economie et du développement du Burkina Faso, Unité Progrès Justice, 2005.
- Etkin D., (2008),
- INERA (2007), profil du bassin de la Comoé, Burkina Faso, rapport technique, 31p
- Kiemdé, N. (2010), Etude d'évaluation technique et financière des travaux de réfection du périmètre irrigué de Karfiguéla, Rapport provisoire, 25p
- NOMBRE A. (1984), Présentation du périmètre aménagé de Karfiguéla. HER. 5p.
- Orstom, (1997). Synthese des travaux effectués sur hydram, Orstom, Ouedraougo A., Burkina Faso.
- Roncoli, C., Krishen, P., Etkin, D., Sanon, M., Some, L., Dembele, Y., Sanfo, B.J., Zoungrana, J., Hoogenboom, G., (2009). From Management to Negotiation: Technical and Institutional Innovations for Integrated Water Resource Management in the Upper Comoe' River Basin, Burkina Faso. Environmental Management (2009) 44:695–711
- Sauret E, (2006). Les processus de recharge des systèmes aquifères en milieu semi-aride : cas de la commune de Bobo-Dioulasso. Projet Eaux Souterraines. 32p.
- SN SOSUCO, (2005) Communication 1 : La Culture de Canne à Sucre selon le mode de Production Biologique à la SN-SO.SU.CO.

- WAIPRO-CILS-IWMI. (2009), Amélioration de la sécurité alimentaire en Afrique de l'Ouest par le biais de la revitalisation des performances et de la productivité des systèmes irrigués et de la promotion de la petite irrigation, projet CILS-IWMI- USAID, 21p.