

Gestion intégrée et variabilité des ressources en eau dans le sud-ouest du Burkina Faso

ALAIN DEZETTER

ORSTOM, 01 BP 182, Ouagadougou 01, Burkina Faso

e-mail: dezetter@ouaga.orstom.bf

SIBIRI TRAORE & KARIM BICABA

DRH-HB, BP 179, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

Résumé En Afrique de l'Ouest et particulièrement au Burkina Faso, la baisse pluviométrique constatée depuis les années 70, la répartition saisonnière irrégulière de la pluie et l'augmentation constante de la demande ont conduit à la réalisation de nombreuses retenues. Leur influence sur les régimes des cours d'eau et sur les autres aménagements n'est pas négligeable. Dans ce contexte une approche intégrée de la gestion des ressources est rendue nécessaire, toute modification de l'un des éléments ayant une influence sur l'ensemble du système. HYDRAM, outil d'aide à la décision pour la planification et la gestion des ressources en eau, permet la construction interactive de systèmes d'eau aménagés et leur simulation en se basant sur une confrontation "ressources-besoins". Le cas du bassin versant de la Comoé au sud-ouest du Burkina Faso est exposé ainsi que la simulation de différents scénarios, basés sur les études récentes concernant la variabilité des ressources.

INTRODUCTION

Dans les régions d'Afrique de l'Ouest, comme le Burkina Faso, la gestion optimale des ressources en eau devient un problème conditionnant la réussite durable de nombreux projets de développement. En effet, depuis près de 25 ans, les précipitations annuelles ont considérablement diminué, la baisse enregistrée atteignant au Burkina Faso parfois plus de 20% (Hubert *et al.*, 1989; Servat *et al.*, 1997a). On observe également une baisse de l'hydraulicité, conduisant parfois à des diminutions des volumes écoulés de plus de 50% (Servat *et al.*, 1997b). Cette situation a conduit à la réalisation de retenues qui, pour certaines, modifient le régime des cours d'eau. Parallèlement, la demande en eau s'accroît régulièrement rendant nécessaire une approche intégrée de la gestion de la ressource. Le modèle de simulation HYDRAM est un outil d'aide à la décision dans le domaine de la planification et de la gestion des ressources en eau qui permet la construction interactive de systèmes d'eau aménagés et leur simulation. Le cas du haut bassin de la Comoé au Burkina Faso a été étudié. Ce bassin présente des usages de l'eau très diversifiés. Il représente donc un "cas type" permettant le développement d'une réflexion méthodologique concernant l'approche régionale de la conception et de la simulation des systèmes d'eau en zone tropicale semi-aride. L'influence de la variabilité des ressources peut ainsi être testée sur ce système d'eau.

PRESENTATION DU SYSTEME D'EAU DE LA COMOÉ

Le système d'eau étudié ici est situé dans le haut bassin de la Comoé, dans la région de Banfora. Cette zone sud-ouest du Burkina Faso est la zone la plus arrosée du pays (environ 1000 mm an⁻¹). Contrairement au reste du territoire, certains cours d'eau y sont pérennes et la zone subit donc de fortes pressions anthropiques dues aux migrations nationales en provenance des zones purement sahéliennes défavorisées.

Les ressources (Fig. 1)

Les ressources mobilisées sont essentiellement constituées de trois retenues: la Lobi à Bodadiougou ($6 \times 10^6 \text{ m}^3$), le Yannon à Toussiana ($6.1 \times 10^6 \text{ m}^3$) et la Comoé à Moussodougou ($38.5 \times 10^6 \text{ m}^3$). A ces ressources, viennent s'ajouter deux lacs, qui peuvent occasionnellement servir de ressource d'appoint: le lac de Karfiguèla ($800\,000 \text{ m}^3$) et le lac de Lémouroudougou ($400\,000 \text{ m}^3$). L'ensemble de ces infrastructures de stockage est géré par la SO.SU.CO. (Société Sucrière de la Comoé) principal consommateur d'eau du système pour l'irrigation de la canne à sucre.

Les besoins (Fig. 1)

On identifie trois types de demandes: agricoles, industrielles et demandes en eau potable. Les demandes d'origine agricole (4000 ha de canne à sucre, 350 ha de riz et 100 ha de maraîchage) représentent annuellement $49 \times 10^6 \text{ m}^3$ contre $3.8 \times 10^6 \text{ m}^3$

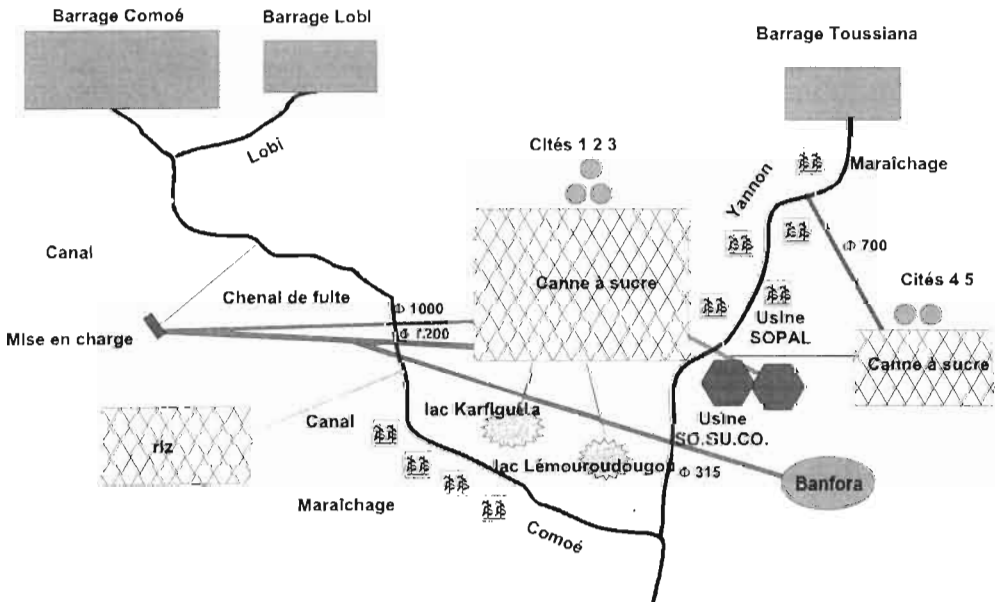


Fig. 1 Plan schématique de l'hydro-aménagement de la Comoé.

pour les besoins industriels et 1.1 millions de m³ pour les besoins en eau potable. Soit un total de 53.9×10^6 m³ qui est supérieur au volume stocké par les retenues (50.6×10^6 m³). Cette remarque est à nuancer par le fait qu'une partie de l'eau demandée pour l'irrigation est apportée par la pluie, mais ces apports sont irréguliers et concentrés sur la saison des pluies d'une durée de 3 à 4 mois.

Les organes de transfert (Fig. 1)

Le système peut être subdivisé en deux sous-ensembles: un sous-ensemble Ouest avec les deux retenues "Comoé" et "Lobi" et un sous-ensemble Est avec la retenue "Toussiana". Ces deux sous-ensembles sont interconnectés par le maillage du réseau d'irrigation de la canne à sucre. Chacun d'eux présente un certain nombre d'éléments de transferts hydrauliques permettant d'assurer les différents besoins du système d'eau.

Fonctionnement du système

La SO.SU.CO a la maîtrise opérationnelle du système. Les ressources mobilisées étant limitées et les demandes croissant au fil des ans, des pénuries et des conflits d'usages apparaissent régulièrement. Face à cette situation, un comité de gestion des eaux de la Comoé a été créé en 1992. Il est chargé d'organiser l'exploitation de la ressource par la définition d'un programme de lâchures, d'arbitrer les conflits entre les utilisateurs, et de veiller à la préservation de la ressource.

LE MODELE DE SIMULATION HYDRAM

L'utilisation du modèle de simulation HYDRAM (Pouget & Dezetter, 1993) passe par trois étapes: la conception (représentation du système par le modèle), la simulation (simulation du fonctionnement), et l'analyse (analyse des simulations en termes de performances du système).

Construire des hydro-aménagements

Ensemble de composants physiques, avec des modalités de fonctionnement et de gestion, un hydro-aménagement constitue un système hiérarchisé destiné à atteindre un certain nombre d'objectifs (Votruba *et al.*, 1989). L'étude du système consiste en la confrontation de besoins et de ressources sous la contrainte des moyens mis en oeuvre pour solliciter ces dernières.

Les besoins La définition de la demande en eau est plus ou moins complexe suivant les besoins. Une demande en débit est le type de composant le plus simple. Les périmètres d'irrigation sont les plus complexes, le calcul de leur besoin devant notamment tenir compte de plusieurs facteurs dont la réserve en eau du sol. On

utilise la notion de disponibilité globale du système, définie par le rapport entre la somme des volumes disponibles au niveau des ressources et la somme des volumes des demandes à satisfaire, sur une période donnée. Il y a pénurie lorsque l'état de disponibilité globale est inférieur à 1. En cas de déficit, deux solutions sont possibles:

- tous les besoins ont la même priorité: ils seront théoriquement desservis avec un même coefficient de réduction, égal au coefficient de disponibilité globale.
- il existe une hiérarchie dans les besoins: les prioritaires bénéficient d'un pourcentage de satisfaction supérieur au pourcentage de disponibilité globale.

La satisfaction attendue se définit pour un besoin et pour un état de disponibilité globale donné, comme le rapport du volume distribuable au volume de la demande. La politique de distribution est introduite en définissant les satisfactions attendues pour 0% et 100% de disponibilité globale. Ces coefficients induisent une hiérarchie dans les besoins: les besoins assurés à 100% pour l'état de disponibilité le plus faible étant les plus prioritaires (Fig. 2).

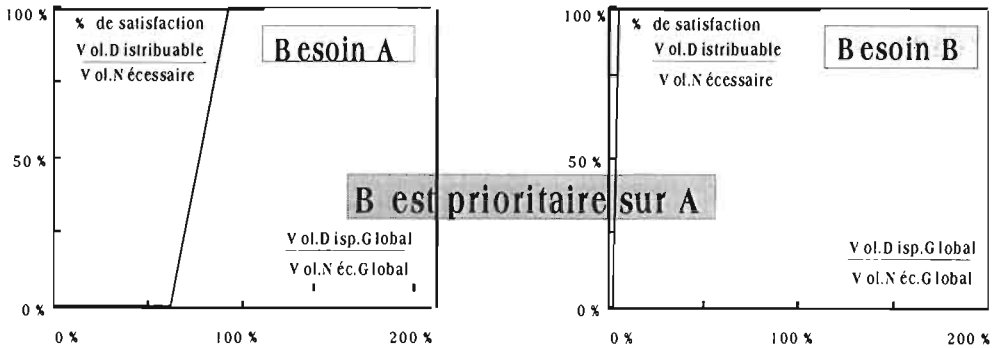


Fig. 2 Définition de la satisfaction attendue.

Les ressources L'expression du volume mobilisable constitue la caractéristique de base d'une ressource en eau. La politique de gestion des ressources est reproduite grâce à l'introduction de coefficients de sollicitation attendue qui induisent une hiérarchie dans les ressources. Le composant réservoir est un des éléments du système les plus complexes à spécifier de manière externe (Sigvaldason, 1976). En effet la notion de volume disponible est difficile à cerner dans un système où les réservoirs doivent permettre d'échelonner les déficits d'eau : une politique de gestion doit introduire des restrictions d'eau avant que tout le volume de stockage des retenues ait été consommé.

Les liens Le propre d'un lien est d'assurer le transfert d'eau d'un point à un autre.

Simuler la desserte en eau

La simulation doit offrir un moyen de discerner entre les défaillances du système dues à des limites de l'aménagement et celles qui résultent des règles de gestion adoptées, notamment au niveau des réservoirs.

Evaluer les performances

Les résultats globaux du fonctionnement d'un système sont essentiellement basés sur la confrontation entre les quantités d'eau demandées et celles réellement fournies. On étudie la fiabilité par le nombre et la répartition saisonnière des défaillances obtenues, à savoir les pas de temps pendant lesquels la demande n'est pas satisfaite. La vulnérabilité est mesurée par l'ampleur des déficits, qui définit le taux de pénurie. Comme pour toutes les fonctions du modèle, des outils à plusieurs niveaux de spécification permettent des approches plus ou moins poussées suivant les buts recherchés.

SCENARIOS ET SIMULATIONS

Dans le cas présent, les différents scénarios à tester ont été élaborés en collaboration avec la Direction Régionale de l'Hydraulique de Bobo Dioulasso, chargée de la gestion et de la planification de l'eau dans la région sud-ouest du Burkina Faso. Plusieurs scénarios d'évolution ont été envisagés. Nous en présenterons deux, ainsi que l'influence de la variabilité des ressources sur ces scénarios.

Le premier concerne la simulation de l'état actuel du système. Le second envisage la déconnexion du barrage de Toussiana pour le réserver au maraîchage. Les simulations sont effectuées au pas de temps mensuel sur la période 1960-1995. Pour ces deux scénarios, l'influence d'une baisse des ressources est testée en appliquant une baisse de 50% des écoulements et une baisse de 20% de la pluviométrie. Pour la base de données pluviométriques, 18 stations situées sur le bassin ou aux abords du bassin ont été utilisées. La base de données hydrométriques est constituée de trois stations fournissant les apports des retenues.

Pour les deux scénarios simulés, les principes suivants sont appliqués: (a) l'ordre de priorité des besoins est le suivant, du plus prioritaire au moins prioritaire: Eau potable; demandes industrielles, maraîchage et riz; canne à sucre; (b) l'efficacité d'irrigation est fixée à 65%.

Les résultats globaux de simulation des scénarios sont présentés dans les Tableaux 1, 2, 3 et 4.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Pour le premier scénario (Tableau 1), on a un système satisfaisant puisque 8 années sur 36 sont déficitaires, dont 5 avec des pénuries inférieures à 10%. En analyse mensuelle globale, 3,7% des pas de temps sont déficitaires. Compte tenu des priorités fixées, les besoins en eau potable sont assurés correctement et seuls les périmètres irrigués connaissent des déficits.

Pour le second scénario (Tableau 2), 18% des mois sont déficitaires et nous n'avons que 7 années sur 36 sans pénurie. On se retrouve donc dans un système qui souffre de pénuries chroniques qui surviennent principalement en fin de saison sèche. La déconnexion du barrage de Toussiana du système, le rend donc vulnérable.

Tableau 1 Scénario 1, texte d'analyse globale fourni par le modèle HYDRAM.

comoefin - système d'eau - simulation 1 de comoefin - résultats globaux		
fourniture	2 515 571.7	10 ³ m ³
déficits	41 624.3	10 ³ m ³
défaillances	16	
prélèvements	2 672 376.0	10 ³ m ³
Evénements extrêmes - distribution des besoins		
pénurie max.	70.5% - avril 1985	
durée max. de pénurie	3 mois de avril 1994 à juin 1994 avec une pénurie de 38.0%	
analyse des résultats	en 36 ans de gestion simulée on compte 28 ans sans pénurie, 5 ans à faible pénurie inférieure à 10.0%, 3 ans à pénurie moyenne.	

Les défaillances sont survenues pour les mois de février avec un taux de pénurie de 0.4%, mars avec un taux de pénurie de 2.3%, avril avec un taux de pénurie de 9.8%, mai avec un taux de pénurie de 1.5%, juin avec un taux de pénurie de 0.1%.

Sur les 18 besoins de l'aménagement, il est survenu au moins une défaillance sur:

- 10 besoins de priorité moyenne (18 au total) - le besoin le moins prioritaire, Karfigue de type périmètre d'irrigation, a connu une pénurie de 2.2% - Banfora de type demande en eau potable est le besoin le plus prioritaire à avoir connu une pénurie de 0.0%.

Tableau 2 Scénario 2 (déconnexion du barrage de Toussiana), texte d'analyse globale fourni par le modèle HYDRAM.

comfinst - système d'eau - simulation 1 de comfinst - résultats globaux		
fourniture	2 433 457.2	10 ³ m ³
déficits	173 439.9	10 ³ m ³
défaillances	76	
prélèvements	2 528 145.2	10 ³ m ³
Evénements extrêmes - distribution des besoins		
pénurie max.	77.7% - avril 1985	
durée max. de pénurie	5 mois de février 1994 à juin 1994 avec une pénurie de 25.5%	
analyse des résultats	en 36 ans de gestion simulée on compte 7 ans sans pénurie, 18 ans à faible pénurie inférieure à 10.0%, 11 ans à pénurie moyenne.	

Les défaillances sont survenues pour les mois de février avec un taux de pénurie de 7.0%, mars avec un taux de pénurie de 14.3%, avril avec un taux de pénurie de 24.3%, mai avec un taux de pénurie de 7.1%.

Sur les 17 besoins de l'aménagement, il est survenu au moins une défaillance sur:

- 12 besoins de priorité moyenne (17 au total) - le besoin le moins prioritaire, perim7 de type périmètre d'irrigation, a connu une pénurie de 6.0% - Banfora de type demande en eau potable est le besoin le plus prioritaire à avoir connu une pénurie de 6.9%.

Les Tableaux 3 et 4 montrent l'influence d'une variabilité des ressources sur ces deux systèmes. Pour le premier scénario, qui donnait un système acceptable, la baisse simulée des écoulements et de la pluviométrie conduit à un système aussi vulnérable que lorsqu'on déconnecte le barrage de Toussiana. L'influence de cette baisse est donc importante. Cette différence peut ainsi expliquer pourquoi de nombreux aménagements de la région, dont l'étude de faisabilité a été faite sur des données des décennies 50 et 60, ont maintenant des performances moindres. S'agissant du scénario 2, déjà déficitaire à l'origine, on obtient alors un système inacceptable avec des taux de pénurie de près de 50% pour les mois "critiques".

En conclusion, le système aménagé de la Comoé atteint ses limites d'extension par le manque de ressources en eau. Les ressources mobilisables supplémentaires

Tableau 3 Scénario 1 + baisse des ressources, texte d'analyse globale fourni par le modèle HYDRAM.

comofin - système d'eau - simulation 1 de comofin - résultats globaux		
fourniture	2 377 284.5	10 ³ m ³
déficits	377 441.1	10 ³ m ³
défaillances	77	
prélèvements	2 577 544.9	10 ³ m ³
Evénements extrêmes - distribution des besoins		
pénurie max.	100.0% - mars 1971	
durée max. de pénurie	5 mois de février à juin 1994 avec une pénurie de 41.3%	
analyse des résultats	en 36 ans de gestion simulée on compte 9 ans sans pénurie, 7 ans à faible pénurie inférieure à 10.0%, 12 ans à pénurie moyenne, 8 ans à forte pénurie supérieure à 25.0%, dont l'année 1984 (30.8%).	

Les défaillances sont survenues pour les mois de janvier avec un taux de pénurie de 1.0%, février avec un taux de pénurie de 9.8%, mars avec un taux de pénurie de 40.0%, avril avec un taux de pénurie de 39.6%, mai avec un taux de pénurie de 18.5%, juin avec un taux de pénurie de 1.2%.

Sur les 18 besoins de l'aménagement, il est survenu au moins une défaillance sur:

- 18 besoins de priorité moyenne (18 au total) - le besoin le moins prioritaire, perim7 de type périmètre d'irrigation, a connu une pénurie de 14.7% - Banfora de type demande en eau potable est le besoin le plus prioritaire à avoir connu une pénurie de 1.9%.

Tableau 4 Scénario 2 + baisse des ressources, texte d'analyse globale fourni par le modèle HYDRAM.

cofinst - système d'eau - simulation 1 de cofinst - résultats globaux		
fourniture	2 262 787.8	10 ³ m ³
déficits	511 880.6	10 ³ m ³
défaillances	126	
prélèvements	2 350 859.4	10 ³ m ³
Evénements extrêmes - distribution des besoins		
pénurie max.	82.8% - avril 1979	
durée max. de pénurie	6 mois de janvier à juin 1984 avec une pénurie de 48.5%	
analyse des résultats	en 36 ans de gestion simulée on compte 2 ans sans pénurie, 5 ans à faible pénurie inférieure à 10.0%, 17 ans à pénurie moyenne, 12 ans à forte pénurie supérieure à 25.0%, dont l'année 1984 (33.9%).	

Les défaillances sont survenues pour les mois de janvier avec un taux de pénurie de 2.7%, février avec un taux de pénurie de 20.9%, mars avec un taux de pénurie de 47.5%, avril avec un taux de pénurie de 50.8%, mai avec un taux de pénurie de 22.9%, juin avec un taux de pénurie de 1.4%.

Sur les 17 besoins de l'aménagement, il est survenu au moins une défaillance sur:

- 12 besoins de priorité moyenne (17 au total) - le besoin le moins prioritaire, perim7 de type périmètre d'irrigation, a connu une pénurie de 19.8% - Banfora de type demande en eau potable est le besoin le plus prioritaire à avoir connu une pénurie de 5.3%.

sont rares et leur mobilisation doit faire l'objet d'attentions particulières au regard des conséquences environnementales possibles. L'influence de la baisse constatée de la pluviométrie et des écoulements dans la région conduit à des systèmes d'eau dont le fonctionnement n'est pas du tout celui qui avait été prévu lors de la conception. L'utilisation du modèle de simulation HYDRAM doit permettre d'envisager d'autres scénarios de développement en relation avec tous les acteurs et utilisateurs du système.

Remerciements Les auteurs remercient le Conseil Général de la Guadeloupe; les travaux d'élaboration du modèle HYDRAM ont été cofinancés par le Conseil

Général de la Guadeloupe et l'ORSTOM; ainsi que la Direction Régionale de l'Hydraulique des hauts-bassins de Bobo Dioulasso.

REFERENCES

- Hubert, P., Carbonnel, J. P. & Chauche, A. (1989) Segmentation des séries hydrométriques. Application à des séries de précipitations et de débits de l'Afrique de l'ouest. *J. Hydrol.* **110**, 349-367.
- Pouget, J., C. & Dezetter, A. (1993) Water resources management in a tropical island environment. The case of Guadeloupe. In: *Hydrology of Warm Humid Regions* (ed. by J. S. Gladwell) (Proc. Yokohama Symp., July 1993), 365-374. IAHS Publ. no. 216.
- Servat, E., Paturel, J.-E., Lubes-Niel, H., Kouamé, B. & Masson, J.-M. (1997a) Variabilité des régimes pluviométriques en Afrique de l'ouest et centrale non sahélienne. *C.R. Acad. Sci., Paris* **324**, série IIa, 835-838.
- Servat, E., Paturel, J.-E., Lubes-Niel, H., Kouamé, B., Travaglio, M. & Marieu, B. (1997b) De la diminution des écoulements en Afrique de l'ouest et centrale. *C.R. Acad. Sci., Paris* **325**, série IIa, 679-682.
- Sigvaldason, O. T. (1976) A simulation model for operating a multipurpose multireservoir system. *Wat. Resour. Res.* **12**(2), 263-278.
- Votruba, L., Kos, Z., Nachazel, K., Ptera, A. & Zeman, V. (1989) *Analysis of Water Resource Systems*. Developments in Water Science no. 32, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.