

Modélisation de la gestion hydraulique d'une retenue d'irrigation

Youssef DEMBÉLÉ *
Jean DUCHESNE **

Résumé

Un modèle hydraulique simple a été utilisé pour simuler les oscillations de la hauteur du plan d'eau de la retenue de Mogtédó (Centre du Burkina Faso), afin de déterminer la hauteur de ce plan d'eau en fin de campagne humide, pour différentes combinaisons entre les dates de repiquage du riz et les superficies irriguées. Aucune combinaison ne permet d'avoir une retenue pleine en fin de campagne. Le volume maximal possible (4/5 de la retenue) est obtenu, huit années sur dix, avec un repiquage à la mi-juin et une superficie de 150 ha. Mais la retenue peut encore conserver les trois quarts de son volume en repiquant le riz à la première décade de juillet sur une superficie de 120 ha.

Mots-clés : barrage, besoins en eau, dates de repiquage, riz, simulation, superficies irriguées, Mogtédó.

Modelling the hydraulic management of an irrigation reservoir

Abstract

A simple hydraulic model was used to simulate irrigation reservoir water levels at Mogtédó (Center of Burkina Faso), during wet season, with a view to determine the reservoir level at the end of the wet cultivation season. Different combinations of transplanting date/irrigated area were tested. No combination allows a full reservoir at the end of the wet season. The possible maximum reservoir storage (4/5 of the capacity) is reached, 8 years out 10, by transplanting the rice in the middle of June with an irrigated area of 150 ha. The combination of an irrigated area of 120 ha with transplanting of rice taking place during the first 10 days of July allows a reservoir storage equivalent to three-fourths of its.

Key words: Dam, water requirements, transplanting dates, rice, Irrigated areas, simulation, Mogtédó.

* INERA, 03 B.P. 7192 OUAGADOUGOU 03, Burkina Faso

** ENSA, Chaire de Génie rural - 65, rue de Saint Brieuc, 35042 RENNES CEDEX, France

Introduction

Le potentiel d'irrigation (capacité réelle de la retenue, disponibilité en terres irrigables, besoins en eau des cultures,...) de la plupart des forts nombreux petits barrages du Burkina Faso est assez mal connu (D'At de St FOULC *et al.*, 1986 ; MINISTÈRE DE L'EAU, 1991 ; IIMI/PMI-BF, 1993). En outre, l'intensité de l'évaporation au Burkina est telle que ces barrages, peu profonds (en général moins de 5 m), perdent systématiquement, chaque année, une lame d'eau de 2 mètres (PUECH, 1984 ; POUYAD, 1989) correspondant à une part importante de leur volume. On a donc intérêt à utiliser cette eau le plus tôt possible, en début de saison sèche, avant qu'elle ne se perde par évaporation (PUECH, *op. cité* ; BALDY, 1986). Mais cela n'est réalisable que par un calage optimal du cycle de la culture d'hivernage, en l'occurrence le riz, afin que celle-ci utilise le moins possible l'eau de la retenue au-delà de l'hivernage et libère tôt le champ pour les cultures de saison sèche.

Or, le repiquage du riz d'hivernage à Mogtéo est très étalé dans le temps (figure 1). Il se déroule à plus de 60 % au mois d'août. Et puis, la priorité est accordée par les paysans à la mise en place des cultures pluviales qui, contrairement à celle du riz, dépend d'une pluviométrie capricieuse susceptible de compromettre la campagne (SIVAKUMAR et GOUMOU, 1987).

Dans le cadre de la recherche de la meilleure date pour la mise en place du riz d'hivernage sur le périmètre de Mogtéo, un modèle hydraulique de simulation des oscillations du plan d'eau d'une retenue a été utilisé, en vue de déterminer :

- la date optimale de repiquage du riz en saison humide ;
- la superficie maximale irrigable pendant la campagne d'hivernage.

Ces deux paramètres sont ceux dont la combinaison permettra de conserver, à la récolte, le maximum d'eau dans la retenue pour les cultures de saison sèche.

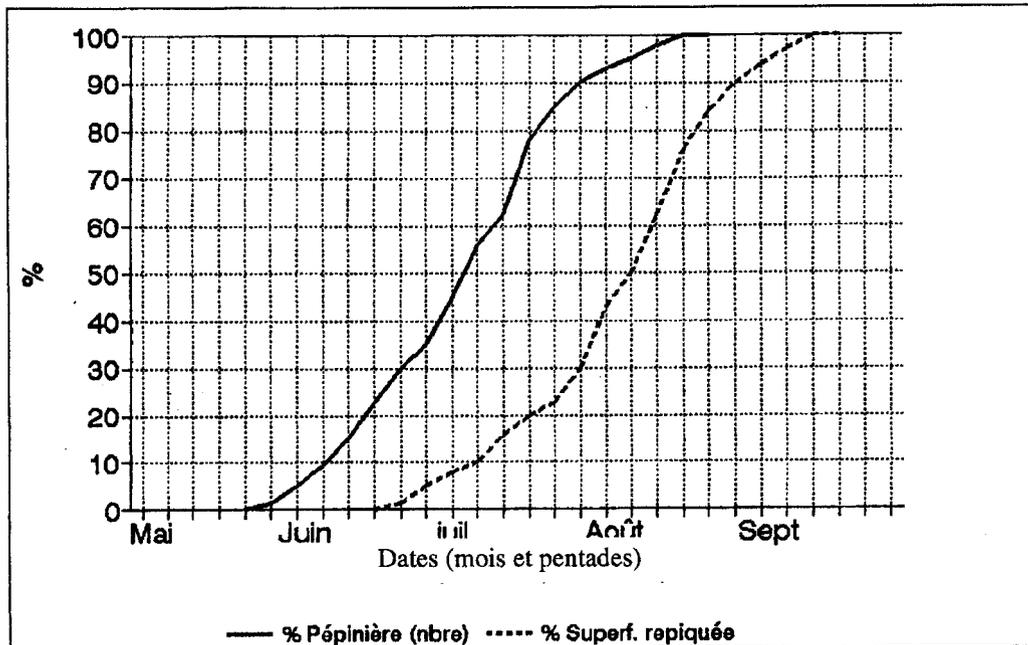


Figure 1. Évolution du pourcentage cumulé des superficies repiquées au cours de la période de repiquage du riz sur le périmètre de Mogtéo.

Matériels et méthodes

Description du site d'étude

Le périmètre irrigué de Mogtédó est situé à 85 km à l'est de Ouagadougou. Il a une superficie formelle de 93 ha, à laquelle il faut ajouter une trentaine d'hectares de parcelles spontanées (figure 2). Le petit barrage qui alimente en eau ce périmètre est à but multiple (alimentation en eau de la population et du cheptel, irrigation, pêche), mais l'irrigation est de loin l'usage le plus important. C'est un barrage en terre compactée d'une longueur de 2 637 m et d'une hauteur de 5 m doté d'un déversoir latéral de 650 m. Il a une capacité maximale de 6 560 000 m³ (BERA, 1993). Pédologiquement homogènes, les sols du périmètre sont profonds et à dominante argileuse (GAVAUD et PEREIRA-BARRETO, 1961). Les superficies exploitées par les paysans sont faibles (20 et 30 ares, pour la plupart).

Le climat du site est de type nord soudanien ; sa pluviométrie annuelle se situe entre 700 mm et 800 mm. L'évapotranspiration potentielle reste élevée durant la majeure partie de l'année (6 à 10 mm/j).

Les spéculations pratiquées sur ce périmètre sont, en saison humide, le riz et, en contre-saison, les cultures maraîchères (oignon, tomate, ...) et le riz (sur environ 50 % des superficies).

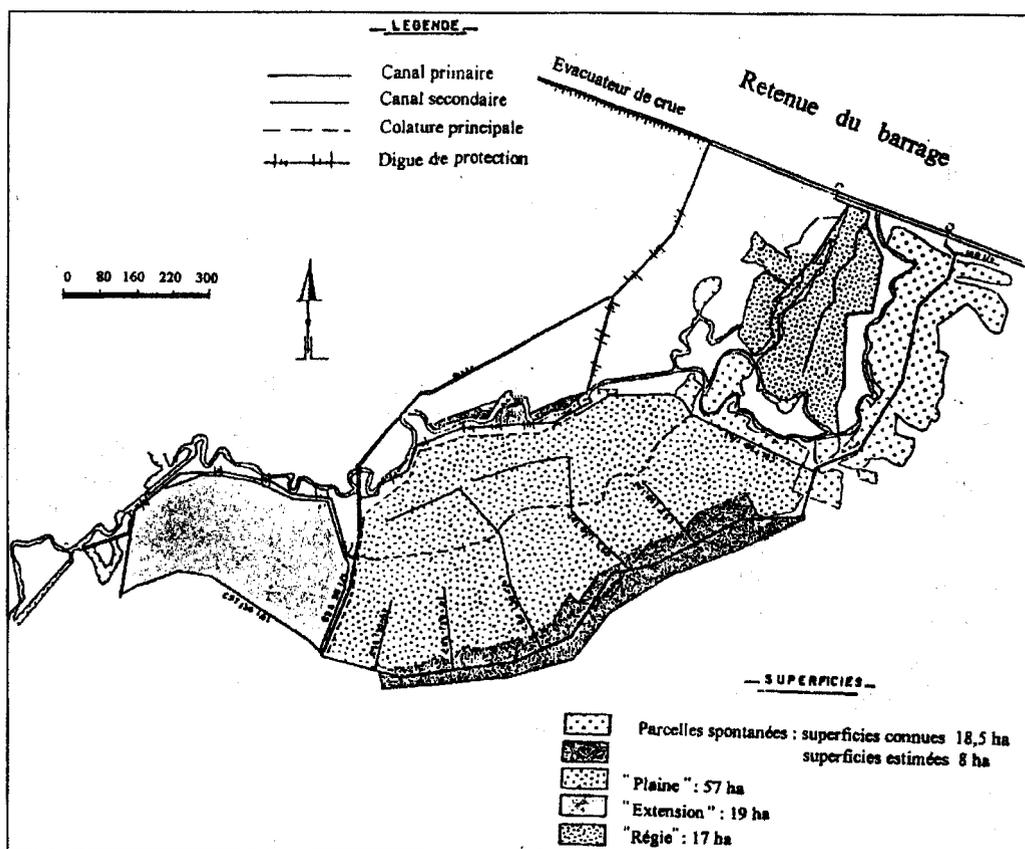


Figure 2. Plan du périmètre irrigué de Mogtédó (IIMI/PMI-BF, 1993).

Simulation des oscillations du plan d'eau de la retenue

La démarche a consisté à utiliser le modèle (1) ci-dessous (DEMBÉLÉ, 1995) pour simuler les oscillations journalières du plan d'eau de la retenue, au cours de la campagne humide, en fonction de différentes dates de repiquage du riz et de superficies irriguées :

$$H_f = H_i + 10 \cdot L_T \cdot S_{bv} / S_i + 0,1 \cdot P_{mo} - 0,1 \cdot C_j \quad (1)$$

avec

- H_i et H_f : hauteurs du plan d'eau de la retenue au début et à la fin de la journée (cm) ;
- S_i : surface du plan d'eau de la retenue au début de la journée (ha).
Elle est déduite de l'équation de la courbe hauteur / volume du barrage de Mogtédo (DEMBÉLÉ, 1995) ;
- L_T : lame ruisselée journalière (mm). Elle est calculée à partir de trois stations (Mogtédo, Méguet et Imiga) ;
- S_{bv} : superficie du bassin versant (492 km²) ;
- P_{mo} : pluie tombée sur la retenue. Elle est représentée par la pluviométrie journalière de Mogtédo (mm) ;
- C_j : consommation d'eau ou somme journalière des prélèvements d'eau au barrage pour l'irrigation et sous forme d'évaporation (mm).

Le modèle a été appliqué sur 54 combinaisons « dates de repiquage / superficies irriguées » obtenues à partir de :

- 6 superficies : 100, 120, 140, 160, 180, et 200 ha ;
- 9 dates de repiquage : 1^{re}, 2^e, 3^e décades de juin, juillet et août.

Ces combinaisons devaient couvrir le maximum d'années possible. Mais pour certaines années, les données limnimétriques étaient inexistantes, soit pour toute l'année, soit pour les premiers mois de la saison humide. Or, l'initialisation de la simulation se fait avec une H_i mesurée. Par conséquent, les simulations ne pouvaient être faites que pour les années 1983 et de 1985 à 1993 pour lesquelles on disposait des H_i . En outre, la longueur des chroniques pluviométriques utilisées était limitée à 17 ans par la série la plus courte, celle de la station de Méguet (1977-1993).

Pour contourner cet obstacle, il a fallu au préalable générer l'évolution du plan d'eau à partir du 1er mai (considéré comme date de début de l'hivernage) pour une superficie irriguée de 100 ha (à peu près la superficie « officielle » du périmètre), afin d'obtenir une H_i pour chacune des dates de repiquage simulées. Or, les variations interannuelles observées sur les hauteurs du plan d'eau mesurées au 1er mai sont très importantes. Les calculs effectués sur l'échantillon des dix années pour lesquelles les mesures limnimétriques existent, donnent une hauteur « initiale » moyenne de 76 cm pour un écart-type de 29,8 cm. Mais, on constate que, 8 années sur 10, cette hauteur se situe autour de 80 cm, chiffre qui a finalement été retenu comme hauteur initiale du plan d'eau du barrage (au 1er mai), pour les années 1977 à 1982 et 1984.

Chaque combinaison devait donc donner une courbe d'évolution de la hauteur du plan d'eau au cours de la campagne. La durée du cycle du riz entre le repiquage et la maturité est de 110 jours environ, l'arrêt des irrigations intervenant 10 jours avant la fin du cycle. Connaissant la date à laquelle la campagne prend fin, on déduit la hauteur du plan d'eau correspondant sur la courbe d'évolution de la hauteur du plan d'eau. En définitive, on obtient, pour chaque combinaison, un échantillon de 17 observations constitué des hauteurs atteintes par le plan d'eau de la retenue en fin de campagne.

Analyse des dates de déversement et des hauteurs du plan d'eau de la retenue en fin de campagne

Sur les données obtenues à partir des simulations, une analyse fréquentielle a été effectuée pour déterminer la date de déversement du barrage et la hauteur atteinte ou dépassée par le plan d'eau de la retenue, en fin de campagne, 8 années sur 10. Le calcul des probabilités expérimentales a été fait selon la méthode de Grigorten (RAES *et al.*, 1990) :

$$f(X) = (m - 0,44) / (n + 0,12) \quad (2)$$

avec $f(X)$: probabilité expérimentale de X ;

X : observations ;

m : rang de X dans l'ordre décroissant des n observations ;

n : nombre d'observations de l'échantillon.

Résultats et discussions

Simulation des oscillations du plan d'eau de la retenue en fonction des dates de repiquage du riz et des superficies irriguées

Les simulations portant sur les variations du plan d'eau du barrage ont été effectuées, année par année, sur la période 1977-1993, pour différentes combinaisons «dates de repiquage / superficies irriguées». Les résultats de 1986, donnés ici en exemple, sont illustrés par les figures 3 et 4. L'examen de ces résultats permet de retenir que plus la superficie irriguée est grande, plus le déversement est retardé quelle que soit la date de repiquage. Ceci est tout à fait logique, dans la mesure où un accroissement de la superficie s'accompagne d'une plus grande consommation d'eau à cause de l'augmentation des volumes d'eau requis pour l'évapotranspiration et la percolation, et surtout pour la préparation du sol (FUKUDA et TSUTSUI, 1973).

Quant à la date de repiquage, elle ne semble pas influencer notablement la date de déversement. Par contre, elle a une très grande influence sur la hauteur du plan d'eau à la fin d'une campagne humide donnée : plus le repiquage est tardif, plus faible sera la hauteur du plan d'eau en fin de campagne.

Analyse fréquentielle

Dates de déversement

La figure 4 indique les périodes de déversement, 8 années sur 10, des différentes combinaisons « dates de repiquage / superficies irriguées » qui ont été simulées. On peut remarquer qu'avec le repiquage de la première décade de juin, le déversement n'intervient, pour une superficie donnée, qu'entre la troisième et la cinquième pentade d'août, tandis qu'avec les repiquages qui ont lieu au mois d'août, le déversement a lieu entre la sixième pentade de juillet et la deuxième pentade d'août. Ce qui signifie qu'un repiquage précoce permet une meilleure utilisation de l'eau de la retenue par une réduction des pertes par déversement. En ce qui concerne l'influence de la superficie irriguée, on constate que les périodes de déversement varient entre la sixième pentade de juillet pour les superficies de 100 ha et 120 ha et la cinquième pentade d'août pour les superficies de 160 ha à 200 ha. Quelle que soit la date de repiquage du riz, la période de déversement reste pratiquement identique pour les superficies comprises entre 160 ha et 200 ha.

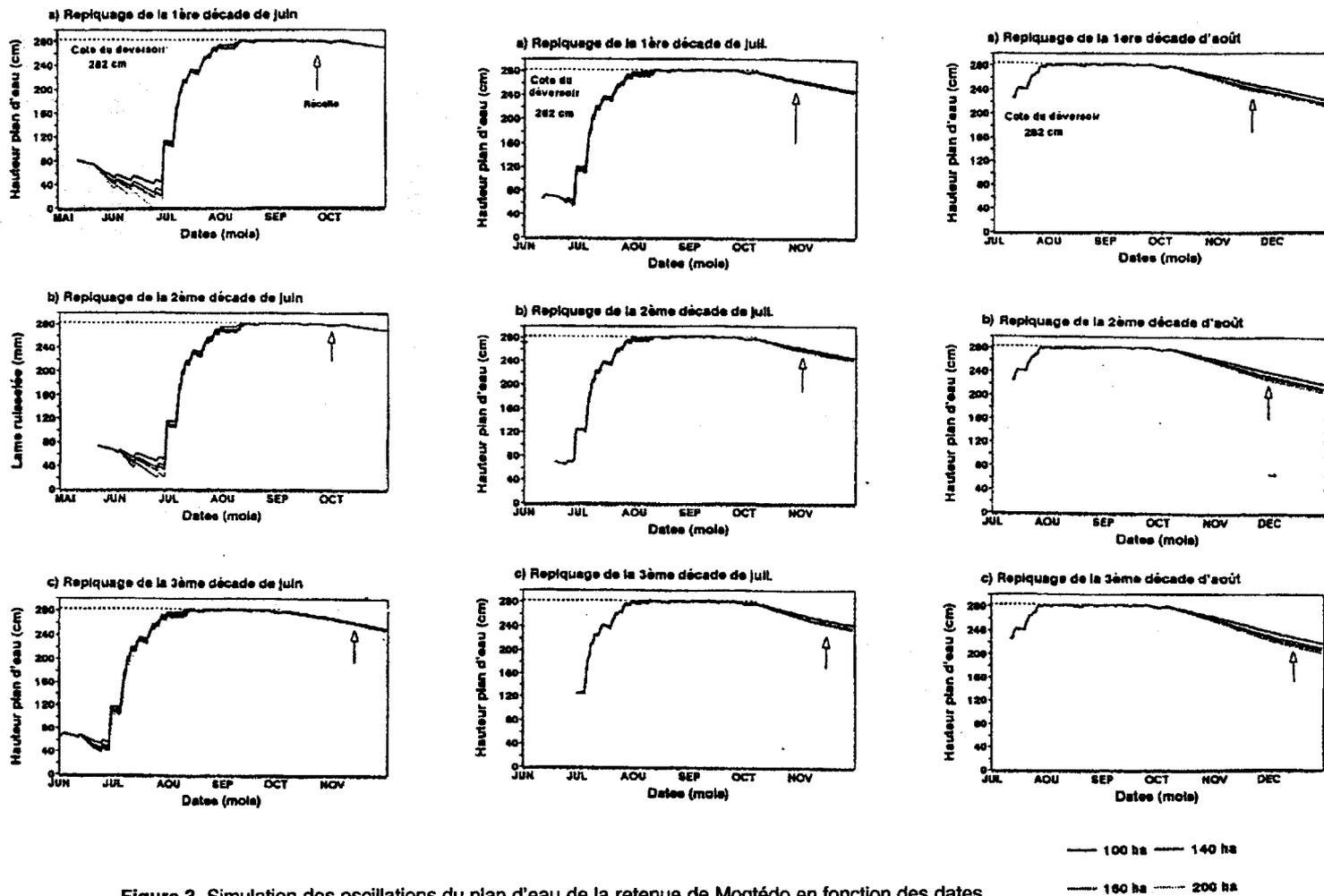


Figure 3. Simulation des oscillations du plan d'eau de la retenue de Mogtéo en fonction des dates de repiquage du riz en juin, juillet et août et des superficies irriguées.

— 100 ha — 140 ha
 - - - 180 ha - . - . 200 ha

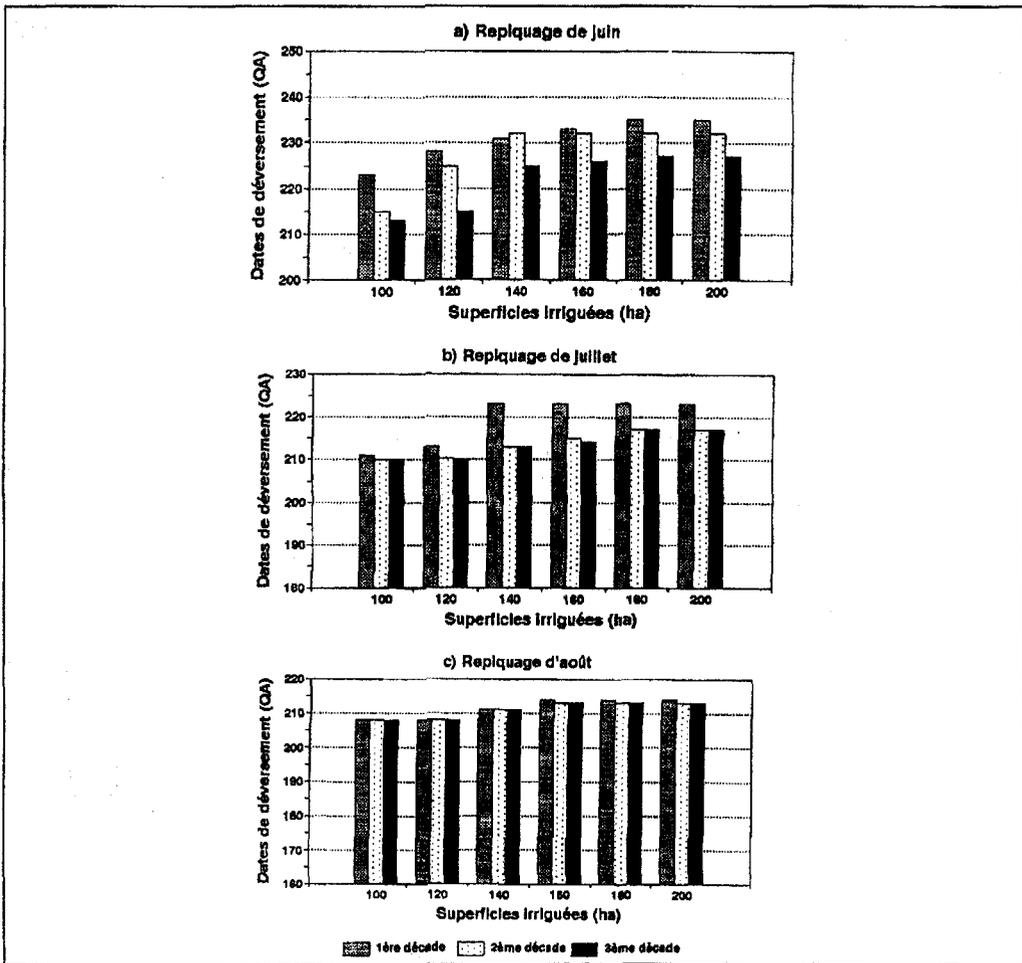


Figure 4. Dates de déversement du barrage de Mogtédo, 8 années sur 19, en fonction des dates de repiquage du riz et des superficies irriguées. Toutes les dates sont en quantième de l'année (QA)

Hauteurs du plan d'eau en fin de campagne

La figure 5 montre les hauteurs atteintes ou dépassées par le plan d'eau de la retenue, 8 années sur 10, en fin de campagne, pour différentes combinaisons « dates de repiquage / superficies irriguées ». Il en résulte qu'en aucun cas on n'obtient une retenue pleine en fin de campagne, même avec un repiquage précoce de début juin. Cette situation trouve son explication dans le fait que le déversement a lieu, dans 80 % des cas, entre la sixième pentade de juillet et la cinquième pentade d'août. Au-delà, c'est-à-dire en fin août et surtout en septembre, les écoulements et, par conséquent, les apports d'eau dans le barrage deviennent faibles, voire nuls, alors que la consommation en eau de la culture augmente, de même que l'évaporation du plan d'eau du barrage surtout à partir d'octobre (PUECH, 1984). L'examen de la figure 3 fait apparaître que les hauteurs les plus élevées qu'on observe en fin de campagne sont celles que l'on obtient avec les repiquages du mois de juin et, les plus faibles, celles obtenues avec les repiquages tardifs du mois d'août (de fin août notamment). Les repiquages de juin, surtout celui de la mi-juin, et encore plus celui du début de ce mois, peuvent favoriser un tarissement précoce de la retenue.

Ce risque s'accroît dès que la superficie irriguée dépasse 140 ha, notamment, en cas de retard dans l'installation de l'hivernage. Par conséquent, ces deux dates sont à déconseiller surtout lorsque, au début de juin, on constate que la hauteur du plan d'eau est inférieure à 60 cm. Mais plus elle est supérieure à ce seuil, moins il y aura de risques à repiquer le riz au début ou à la mi-juin. La meilleure période de repiquage se situerait entre la deuxième et la troisième décade de juin. Le riz repiqué durant cette période est récolté dans la dernière moitié de septembre et verra son cycle se dérouler presque entièrement pendant la saison des pluies, ce qui diminuera les besoins en eau d'irrigation. Mais, dans ce cas, la phase de maturation du riz ne bénéficiera pas d'une luminosité suffisante, ce qui peut se traduire par une diminution du rendement en grains (MUNAKATA, 1976).

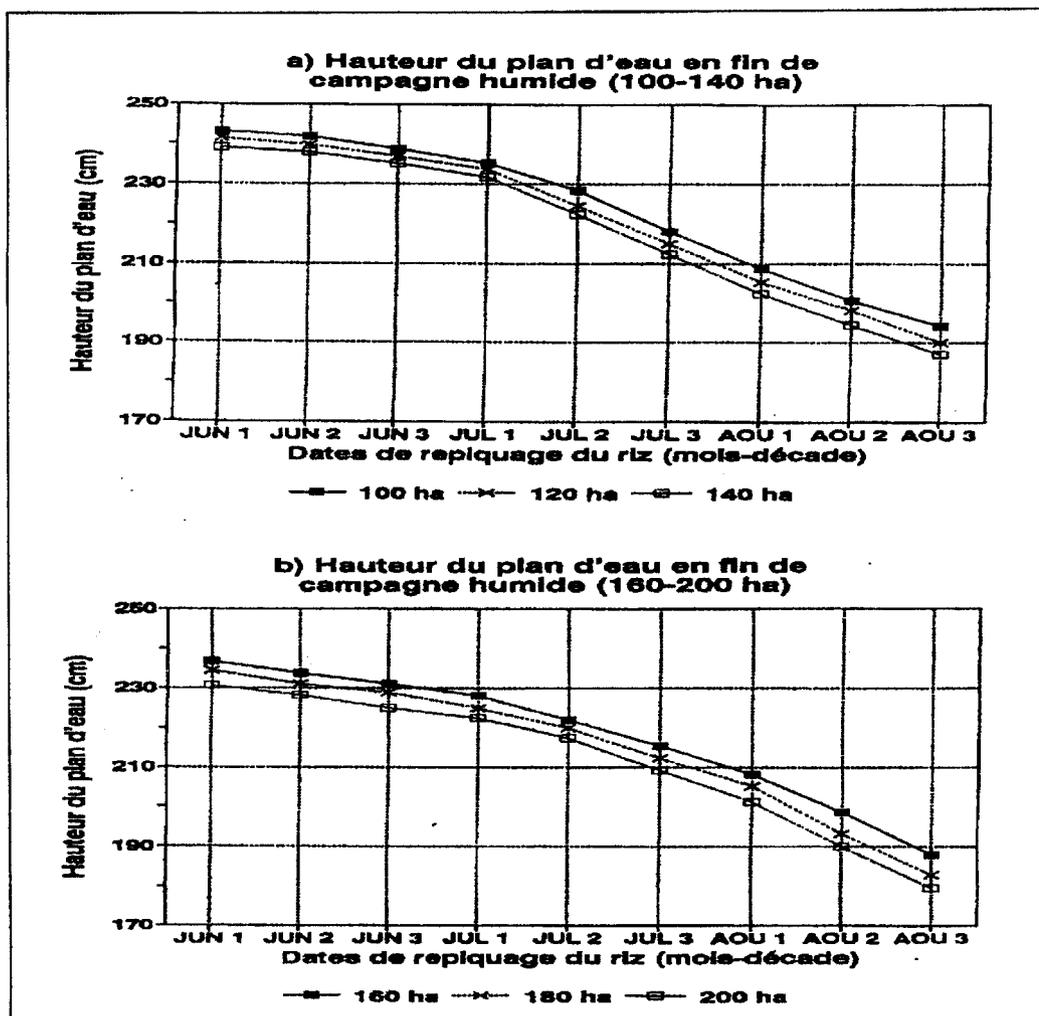


Figure 5. Hauteurs du plan d'eau de la retenue de Mogtêdo, en fin de campagne, 8 années sur (probabilité au dépassement de 80 %), en fonction des dates de repiquage du riz et des superficies irriguées : a) 100 à 140 ha ; b) 160 à 200 ha.

Par ailleurs, il ne faut pas perdre de vue que les paysans accordent une plus grande priorité, en début d'hivernage, à la mise en place des cultures pluviales (MOSELMANS *et al.*, 1991 ; SORY, 1995). Néanmoins, si l'hivernage est précoce, le repiquage de la troisième décade de juin se déroulera à une période où l'essentiel des semis et, dans une moindre mesure, des premiers sarclages sont terminés sur les champs pluviaux. La hauteur finale du plan d'eau à la fin d'une campagne humide dépend également de la date de repiquage. Plus le repiquage est tardif, plus faible sera la hauteur du plan d'eau en fin de campagne. Pour les dates de repiquage tardives, l'augmentation des besoins en eau du riz et la diminution de la pluie utile étant plus ou moins compensées par la baisse des quantités d'eau requises pour la préparation du sol. La diminution de la hauteur « finale » du plan d'eau avec le retard du repiquage n'est donc que partiellement imputable à l'irrigation. L'autre cause en est l'évaporation de plus en plus intense que subit le plan d'eau de la retenue (BALDY, 1986) sur une période de plus en plus longue. Or, les volumes d'eau évaporés en cette période ne sont plus compensés par des apports du bassin versant en lame ruisselée (OUÉDRAOGO, 1991).

La hauteur d'eau maximale qu'on peut obtenir, en fin de campagne, 8 années sur 10, est de 243 cm. Ce résultat est réalisé avec une superficie irriguée de 100 ha (situation actuelle), repiquée début juin (pratiquement impossible). Cette hauteur d'eau correspond à un peu plus des 4/5 du volume de la retenue. Le repiquage de la dernière décade de juin permet d'avoir, en fin de campagne, 8 années sur 10, une hauteur d'eau située entre 237 cm pour une superficie irriguée de 100 ha, et 225 cm pour une superficie de 200 ha.

En repiquant le riz dans la première décade de juillet (ce qui est possible, sauf si l'hivernage est tardif), on pourra toujours conserver, en fin de campagne, les trois quart (3/4) du volume d'eau de la retenue ; et la hauteur du plan d'eau correspondante sera de 230 cm environ. Cette condition est réalisée avec une superficie qui se situe entre 140 ha et 160 ha. Ceci autorise à retenir 150 ha comme superficie maximale irrigable à partir du barrage de Mogtédo, abstraction faite de la disponibilité réelle des sols rizicultivables. Une étude faite par COMPAORÉ et SANDWIDI (1993) montre qu'il existe une vingtaine d'hectares de terres aménageables pour la riziculture autour de la retenue, notamment à l'amont de celle-ci. Une investigation plus approfondie serait néanmoins nécessaire pour avoir plus de précisions à ce sujet. Il paraît, cependant, peu probable que les terres propices à la riziculture soient beaucoup plus importantes dans la zone d'emprise du barrage qui, de toute façon, est déjà fortement occupée par d'autres activités (D'At de St FOULC *et al.*, 1986).

Conclusion

Les simulations effectuées montrent que la période de repiquage du riz d'hivernage permettant d'avoir, à la récolte, le maximum d'eau dans la retenue (au moins les 4/5 du volume), se situe entre la mi-juin et fin juin, et que la superficie maximale irrigable est de 150 ha.

Il s'avère toutefois difficile de repiquer le riz pendant cette période, plutôt réservée par les paysans, à la mise en place des cultures pluviales. De plus, dans ce cas, les pépinières doivent être installées entre fin mai et début juin (période où il ne pleut pas encore assez). Mais, il serait encore possible de conserver, à la récolte du riz, les trois quarts (3/4) du volume de la retenue en réduisant les superficies irriguées et en retardant légèrement les dates de repiquage. Par exemple, le repiquage de 120 ha à la première décade de juillet ou le repiquage de 100 ha à la deuxième décade de juillet. La solution la plus réaliste et la plus utile serait de retenir la première de ces deux possibilités, car la deuxième, qui correspond pratiquement à la situation qui prévaut actuellement sur le périmètre, n'apportera rien de nouveau. En outre, cette solution qui préconise une augmentation de la superficie irrigable de 20 ha seulement peut être durable, car il ne faut pas oublier que

l'envasement de la retenue a progressé, pendant les trente dernières années, au rythme de 65 714 m³/an (IIMI/PMI-BF, 1993). On pourrait donc s'attendre, si le phénomène se poursuit à ce rythme, à une réduction significative du volume de la retenue avec le temps. Dans ce cas, si le périmètre à irriguer est trop grand, il pourrait subir des pénuries d'eau très sérieuses. □

Références bibliographiques

- BALDY CH., 1986.** Agrométéorologie et irrigation en zone soudano-sahélienne. *La Météorologie*, VII^e série, n° 14, 36-41.
- BERA, 1993.** Protection du barrage de Mogtédou, Province du Ganzourgou. Rapport final, Projet Sensibilisation/Ministère de l'Agriculture, Ouagadougou, 57 p.
- COMPAORÉ M. L. et SANDWIDI J. P., 1993.** Quelle planification pour la gestion de l'eau du barrage de Mogtédou. IIMI / PMI-BF, Ouagadougou, 12 p.
- D'AT DE ST FOULC, GILARD O. et PIATON H., 1986.** Petits barrages en terre au Burkina Faso. Bilan et analyse critique. CIEH/EIER, Ouagadougou (Burkina Faso), 82 p.
- DEMBÉLÉ Y., 1995.** Modélisation de la gestion hydraulique d'une retenue d'irrigation. Application au périmètre rizicole de Mogtédou. Thèse Doct., ENSA Rennes (France), 156 p.
- FUKUDA H. et TSUTSUI H., 1973.** Rice irrigation in Japan OCTA, Tokyo (Japan), 83 p.
- GAVAUD M. et PEREIRA-BARRETO S., 1961.** La Vallée de Mogtédou, ORSTOM, Centre de recherche pédologique de Hann, Dakar (Sénégal).
- IIMI/PMI-BF, 1993.** Projet Management de l'irrigation au Burkina Faso : Bilan et synthèse des travaux 1991-1993, IIMI, Ouagadougou (Burkina Faso), 300 p.
- MINISTERE DE L'EAU, 1991.** Étude du bilan d'eau au Burkina Faso : Inventaire des barrages et retenues d'eau au Burkina Faso, DIRH, Ministère de l'Environnement et de l'Eau Ouagadougou, 208 p.
- MOSELMAINS G., VAN DRIEL W. et DURAND J. M., 1991.** Étude de la gestion des petits périmètres irrigués gravitaires. Expérience du Burkina Faso. 1. Le système de production. Bull. de liaison du CIEH, nos 84-85, 25-34.
- MUNAKATA K., 1976.** Effects of temperature and light on the reproductive growth and ripening of rice. Proc. Symp. on climate and Rice, IRRI (Philippines) 565 p.
- OUÉDRAOGO I., 1991.** Contribution à l'évaluation de l'écoulement annuel sur des bassins versants de barrages au Burkina Faso. Mém. d'Ing., AGRHRYMET, Niamey (Niger), 112 p.
- POUYAUD B., 1989.** L'évaporation des nappes d'eau en climat soudano-sahélienne. In : The state of the art of hydrology and hydrogeology in the arid and semi-arid area of Africa, Proc. of the Sahel Forum, CIEH, Ouagadougou (Burkina Faso), 18-23 fév. 1989. Intern. Water Res. Ass., Urbana, Illinois (USA), 169-180.
- PUECH C., 1984.** Méthode de référence pour la conception et l'analyse des aménagements hydro-agricoles au Burkina Faso. Volume 1 : Hydrologie des petits barrages. CIEH, Sér. Hydrologie, 82 p.
- RAES D., SONG Z., MALLANTS D. et WYSEURE G., 1990.** Rainbow : Frequency analysis and probability plotting of hydrologic data test of homogeneity of hydrologic records. K. U. Leuven, Center of irrigation engineering (Belgium), 44 p.
- SIVAKUMAR M.K.V. et GNOUMOU F., 1987.** Agroclimatology of West Africa : Burkina Faso. Information paper, n° 23, ICRISAT, Patancheru (India), 192 p.
- SORY L., 1995.** Analyse de l'impact des systèmes de culture sur la riziculture irriguée dans les périmètres de Gorgo et d'Itenga. Mémoire fin d'études, IDR, IIMI/PMI-BF, Ouagadougou (Burkina Faso), 102 p.