

Modélisation du fonctionnement de retenues d'eau utilisées pour l'irrigation

François MOLLE

Ingénieur de l'ENGREF, Castries

Eric CADIER

Hydrologue à l'ORSTOM, Récife (Brésil)

Sylvio CAMPELLO

Coordinateur d'irrigation à la SUDENE, Récife (Brésil)

RESUME

Ce modèle se propose d'étudier l'ensemble des bilans hydriques concernant le parcours de l'eau depuis la pluie jusqu'à sa valorisation agricole.

Il utilise des séries de pluviométries journalières réelles auxquelles il soumet une modélisation du bassin versant, du réservoir et du périmètre irrigué.

Une fonction de production permet de tester la sensibilité de chaque facteur en terme de rendement et l'analyse fréquentielle des résultats rend possible un certain nombre d'optimisations à risque constant.

Le dimensionnement des petits périmètres irrigués est l'objectif principal de ce programme utilisable aussi pour des études théoriques.

This model studies the whole set of water balances concerning the water cycle, from rain to its agricultural use.

Daily rainfall series are applied to a modelization of the watershed basin, dam and irrigated area. A production function makes it possible to test the sensibility of each factor in terms of output and the frequency analysis of the results allows optimizations at constant risk to occur.

Sizing the small irrigated areas is the main purpose of this program which may also be used for theoretical studies.

1. - INTRODUCTION

Le travail présenté ici a été élaboré dans le contexte du Nordeste Brésilien et s'inscrit dans le cadre du développement de la petite irrigation dans cette région. Les barrages et retenues collinaires ou "açudes" y constituent la principale ressource en eau des zones cristallines et leur nombre dépasse les 50.000. Nous présentons ici un des modèles permettant d'évaluer les potentialités réelles de ces réservoirs, d'en rationaliser et d'en développer l'usage. Ce modèle constitue une simulation sur des séries de données atteignant une durée de 80 ans, d'un périmètre irrigué alimenté par un açude. Les spécificités climatiques du Nordeste (très grande irrégularité spatiale et temporelle des apports hydriques) rend caduque toute approche fondée sur des moyennes. La simulation permet une approche statistique et une analyse fréquentielle des résultats.

2. - PARAMETRES DU MODELE

La figure I synthétise les principaux paramètres pris en compte dans la simulation.

2-a Apports en eau

Nous disposons d'un certain nombre de données climatiques (E.T.P., évaporation BAC, évaporation de plan d'eau, humidité, températures...) et d'une banque de données de pluviométries journalières.

Un modèle hydrologique reprend ces pluviométries et évalue la lame d'eau écoulée en fonction d'un indice d'humidité du sol et d'une classification préalable du bassin versant selon ses caractéristiques fondamentales (relief, déclivité, perméabilité, couverture, taille...).

2-b Le réservoir

Une étude sur la géométrie des petits réservoirs nous a conduit à chercher des relations de la forme $V = KH^\alpha$ et $S = \alpha KH^{\alpha-1}$ où H est la profondeur du réservoir (en pied de retenue), S la superficie de son miroir d'eau et V le volume d'eau stocké. Pour des géométries régulières le coefficient K s'apparente à un indice d'"ouverture" de l'açude tandis que α coefficient de "forme", se relie à la concavité des cotés du réservoir. Ces deux paramètres sont faciles à déterminer quand on possède un relevé topographique $S_n = f(H_n)$ du réservoir. Une méthode simple dérivée d'une étude statistique sur α et K nous permet une évaluation à partir de l'information minimum que constitue un couple (H,S).

Les infiltrations, souvent non négligeables, peuvent-être déduites de l'observation de la baisse du niveau d'eau durant un mois sec et de sa comparaison avec une valeur théorique.

A chaque pas de temps les pertes par évaporation sont déduites de la superficie du miroir d'eau.

2-c Le périmètre irrigué

Le périmètre peut comprendre jusqu'ici trois cultures et le système d'irrigation utilisé est représenté par son efficience.

Le sol est caractérisé par sa capacité de rétention.

Chacune des cultures est modélisée par les paramètres suivants:

- Durée du cycle et sous décomposition phénologique en 5 stades (i).
- Coefficients de sensibilité au stress hydrique.
- Coefficients culturaux K_C^i (par stade).
- Paramètres de variation d'ETR en fonction de l'état du sol.
- Croissance racinaire.
- Point de flétrissement, durées critiques entraînant la mort de la culture.
- Production maximum sous irrigation et valeur commerciale.

3. - BILANS JOURNALIERS

La figure 2 décompose le calcul effectué par la simulation au pas de temps journalier.

Le bilan du réservoir entre les apports (lame ruisselée, pluie) et les sorties (volume déversé, évaporation, infiltration) permet, en fonction des caractéristiques géométriques la détermination d'un volume disponible.

Un autre module calcule par ailleurs les besoins en eau du jour qui, en situation normale, sont déduits des données climatologiques et des coefficients culturaux. En cas de situation de déficit une réduction des doses est nécessaire: la demande est partiellement satisfaite, le sol insuffisamment humecté et la plante enregistre un stress hydrique.

Le volume d'eau effectivement fourni est alors retiré du volume net du réservoir. Notons que des besoins en eau annexes, comme la consommation domestique, peuvent être facilement introduits dans ce bilan. La dose est fournie quotidiennement mais peut l'être à pas de temps plus important ou à partir d'un état limite et déterminé du sol.

4. - MODULE DE POLITIQUE

Ce module permet d'adapter à tout instant la politique d'irrigation à l'état des ressources disponibles.

Comme l'indique la figure 3, le module évalue tout d'abord l'espérance mathématique des apports sur la période couvrant les cycles des différentes cultures et, après état de la réserve présente, compare ce volume disponible "a priori" avec les besoins des cultures jusqu'à la fin de leur cycle. Le rapport des deux, soit PREV, permet de contrôler l'équilibre de

RAPPORT V.8

l'ensemble et sa place par rapport à des critères fixés appelés CRT (i), nous renseigne sur la politique à suivre. Sur une plage autour de l'unité (entre CRT(2) et CRT(3)) on considérera qu'il y a un équilibre satisfaisant et que l'on peut irriguer normalement c'est à dire au niveau optimum.

Au delà de CRT(3), les volumes disponibles prédominant, il sera loisible de planter, sous réserve que cet excédent permette l'entretien d'une superficie raisonnable.

En deça de CRT(2) on distingue deux degrés de déficit potentiels qui correspondent à des réductions de dose et de superficie irriguée. Cette réduction de dose peut être générale ou sélective (par exemple sur les cultures se trouvant à un stade peu sensible). Le modèle plante donc dès que la possibilité existe, modifie éventuellement le niveau de l'irrigation et enregistre les stress hydriques subis par les cultures.

La séquence de ces stress hydriques éventuels, tout au long du cycle, est intégrée dans une fonction de production qui évalue les rendements. La formule utilisée, dérivée des travaux de Doorembos et Kassam, est de la forme:

$$\frac{PR}{PM} = \prod_{i=1}^5 \left(1 - K_y \left(1 - \frac{ETR_i}{ETM_i} \right) \right)^{\lambda_i}$$

où PR est la production réelle, PM la production maximale et ETR_i, ETM_i les évapotranspirations réelles et maxima durant le stade i.

5. - EXPLOITATION DES RESULTATS

Toutes les variables de sortie désirables (entrées et sorties de l'açude, rendements, surfaces moyennes irriguées...) sont collectées au pas de temps annuel et analysées par quantiles et moyennes. Leur croisement et la recherche de corrélations est obtenue directement.

En faisant varier chacun des paramètres il est possible d'obtenir diverses optimisations et des renseignements sur leur sensibilité. Diverses modélisations théoriques (sol, fonction de production, consommation des plantes...) peuvent aussi être comparées et leurs différences évaluées en terme de rendement final.

Un module économique permet un certain nombre d'optimisations fondamentales pour le dimensionnement des petits périmètres d'irrigation. On peut ainsi croiser, par exemple, les coûts de production (fonction du nombre d'hectares installés) à un rendement économique brut de probabilité de retour fixée.

6. - PROLONGEMENTS - CONCLUSIONS

Cette modélisation sera utilisée pour caler des modèles mensuels plus simples et susceptibles d'être adaptés sur calculette ainsi que pour déterminer des normes régionales de dimensionnement de projet.

Notons qu'il est aussi possible de substituer au réservoir une modélisation de nappe phréatique et d'en rationaliser l'usage.

Outil par un développement accéléré et cohérent de la petite irrigation, ce modèle peut être utilisé à des fins de recherche théorique ou pour une série d'études hydrologiques (voir autre article présentée en question I).

DONNEES

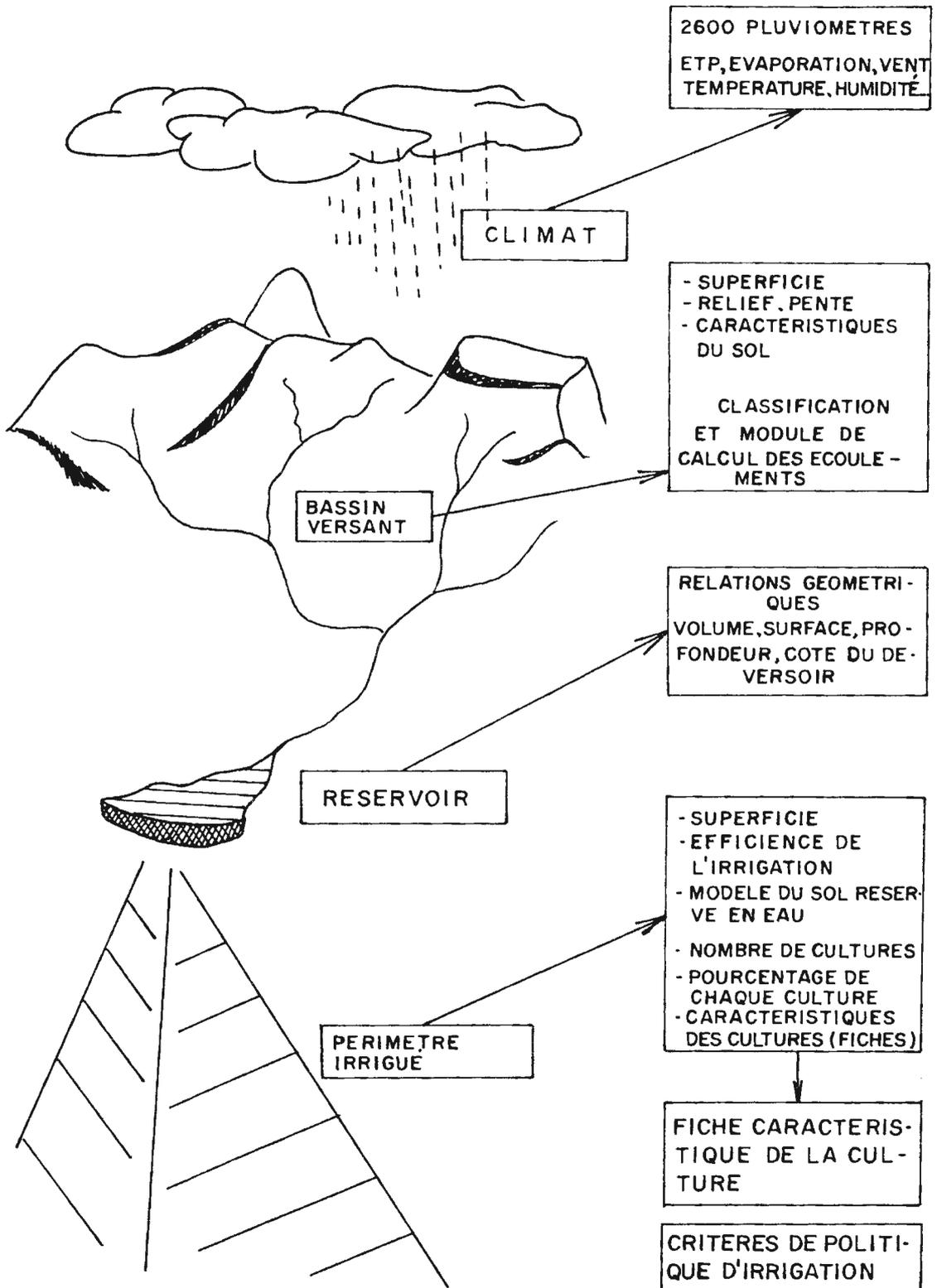


FIG. 1

PREVISION ET POLITIQUE

