

UTILISATION DE LA MODELISATION DU BILAN HYDRIQUE POUR DETERMINER LES DATES DE SEMIS ET EFFECTUER UN ZONAGE AGROCLIMATIQUE (TOGO MERIDIONAL)

Roland Poss
H. Saragoni

Resumen

El rendimiento del maíz en buenas condiciones de alimentación mineral depende mucho de dos parámetros del balance hídrico : la evapotranspiración total, que caracteriza un potencial de rendimiento, y la falta de agua durante la floración, que constituye un factor de riesgo. La simulación de estos parámetros permite proponer una estrategia óptima de siembra de dos variedades de maíz. Se definen a continuación rendimientos potenciales a escala regional, simulando el balance hídrico en todas las estaciones climáticas de Togo meridional. Eso permite una división en zonas agroclimáticas de las potencialidades del maíz, que revela un gradiente norte-sur considerable durante la segunda temporada de cultivo.

Résumé

Le rendement du maïs, dans des conditions de bonne alimentation minérale, est fortement lié à deux paramètres du bilan hydrique : l'évapotranspiration totale, qui caractérise un potentiel de rendement, et le manque d'eau à la floraison, qui constitue un facteur de risque. La simulation de ces paramètres permet de proposer une stratégie optimale de semis pour deux variétés de maïs. Des rendements potentiels sont également définis à l'échelle régionale, en simulant le bilan hydrique sur l'ensemble des postes climatiques de la zone. Ceci permet de réaliser un zonage agropédoclimatique des potentialités du maïs, qui met en évidence une importante variabilité du nord au sud au cours de la deuxième saison de culture.

Summary

Under good conditions of mineral supply, maize yield is highly connected with two parameters of the water balance : total evapotranspiration, which characterizes a yield potential, and water stress, a factor of risk at the flowering stage. Simulating of the two parameters makes it possible to propose an optimal sowing strategy for two maize varieties. Potential yields are then defined at the region level, by simulating the water balance on all the climatological stations of the area, thereby making it possible to zone maize potential on the basis of agroclimatic and soil conditions. This zoning shows an important North-South gradient during the second crop season.

Introduction

Le sud du Togo est une région vitale pour l'agriculture du pays, car elle rassemble sur moins du dixième du territoire le tiers de la population totale (800 000 hab.). Le taux d'augmentation de 3 % par an de la densité de population, qui dépasse déjà fréquemment plusieurs centaines d'habitants au kilomètre carré, entraîne une disparition quasi-totale des jachères et un épuisement des sols (Dabin, 1956; Raunet, 1973). La nécessaire amélioration de la production agricole ne peut donc passer que par une augmentation des rendements en améliorant la gestion du milieu.

Depuis plusieurs décennies, les agronomes ont étudié des itinéraires techniques associant le travail du sol et la fertilisation minérale, afin de maintenir, ou même d'améliorer, le potentiel de fertilité du sol (Marquette, 1986). Leurs résultats sont en cours de vulgarisation, et une augmentation substantielle des rendements peut être obtenue ainsi. Une autre voie est de choisir, parmi les variétés récemment créées par les sélectionneurs, celles qui sont le mieux adaptées au climat. Le choix d'une variété pour une région donnée, et le calage de son cycle cultural, sont des problèmes délicats en raison de la variabilité interannuelle des pluies. Nous allons exposer ici la méthode retenue pour les résoudre, et les résultats obtenus en ce qui concerne le maïs, aliment de base de toutes les populations du littoral du Golfe du Bénin.

Matériel et Méthodes

Caler le cycle cultural d'une plante en zone intertropicale nécessite de connaître ses besoins en eau, et l'effet de stress hydrique à différents stades de développement sur le rendement (Dancette, 1983). Les consommations en eau de deux variétés de maïs ont été étudiées au champ pendant deux ans en conditions de bonne alimentation minérale.

La variété NH1F1, créée en 1968 par l'IRAT au Bénin, est la seule variété qui soit vulgarisée, grâce à certains caractères qui la font bien accepter par le monde paysan. C'est une variété à cycle de 110 jours, dont la potentialité est de 45 q.ha⁻¹ dans les conditions climatiques de la région. La variété La Posta (cycle de 120 jours), qui est une des premières sélections du CIMMYT et est à l'origine de la population 43, présente une potentialité supérieure (environ 55 q.ha⁻¹). Elle est moins bien acceptée par les paysans, car plus difficile à moudre.

L'évolution du stock d'eau du sol et le drainage profond ont été évalués à l'aide d'humidimètres à neutrons et de tensiomètres (Poss et Saragoni, 1987). Ces mesures, réalisées sur parcelles irriguées et non irriguées, ont permis de définir les besoins en eau de la plante au cours des différents stades de développement (coefficients culturaux) et de réaliser le calage d'un modèle de simulation du bilan hydrique (Freteaud *et al.*, 1987). Le modèle utilisé, dérivé du modèle BIP de l'IRAT (Franquin et Forest, 1977), permet de reconstituer de manière satisfaisante les différents termes du bilan hydrique à l'échelle d'une période de cinq jours, du stade physiologique et du cycle cultural. Comme les données d'entrée du modèle sont principalement les pluviométries journalières, il est possible de simuler les bilans hydriques sur de nombreux postes climatiques pendant plusieurs décennies.

Résultats et discussion

Pour étudier l'effet des stress hydriques sur le rendement, les rendements obtenus dans des conditions de fertilisation satisfaisante pendant 11 ans (avec deux cycles culturaux par an) sur deux stations expérimentales ont été utilisés. Pour chacune des 22 campagnes agricoles, le bilan hydrique a été calculé. Des relations entre les paramètres hydriques reconstitués et les rendements mesurés ont ensuite été recherchées.

Deux relations ont été trouvées. La première, de type linéaire, lie l'évapotranspiration réelle du maïs au cours de l'ensemble de son cycle cultural (ETR-cycle) aux rendements ($r = 0,86$ pour 33 observations, Fig. 1) : pour obtenir les meilleurs rendements moyens, il faut donc rechercher la date de semis qui correspond aux valeurs d'ETR-cycle les plus élevées.

La deuxième, qui traduit l'effet des stress hydriques au moment de la floraison sur le rendement (évapotranspiration réelle/évapotranspiration maximale à la floraison, ETR/ETM-floraison), n'est pas linéaire (Fig. 2) : si les besoins à la floraison sont satisfaits à moins de 60 %, les rendements deviennent très faibles, quelles que soient les conditions hydriques sur le reste du cycle. Comme toujours pour le maïs (Robins et Domingo, 1953; Denmead et Shaw, 1960; Salter et Goode, 1967), le stress hydrique à la floraison constitue donc pour les producteurs togolais un risque considérable. Le calage du cycle cultural doit donc concilier une espérance de rendement moyen la plus élevée possible (ETR-cycle maximum) avec un risque minimum (ETR/ETM-floraison maximum).

RELATION ENTRE ETR CYCLE CULTURAL SIMULEE RENDEMENT MESURE

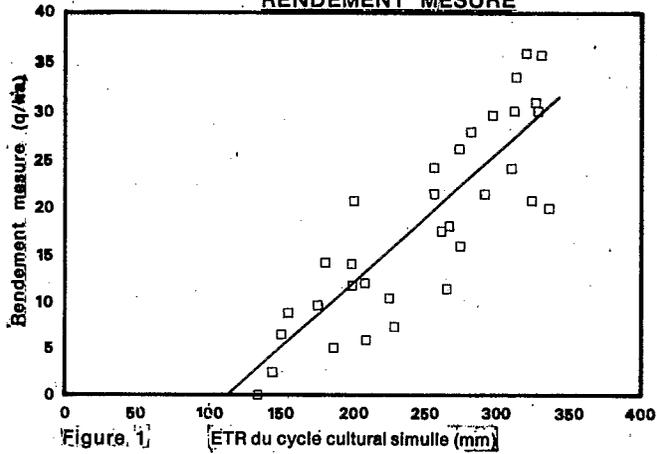


Fig. 1. Relation entre ETR cycle cultural simulée, et rendement mesuré.

RELATION RENDEMENT - ETR/ETM FLORAISON

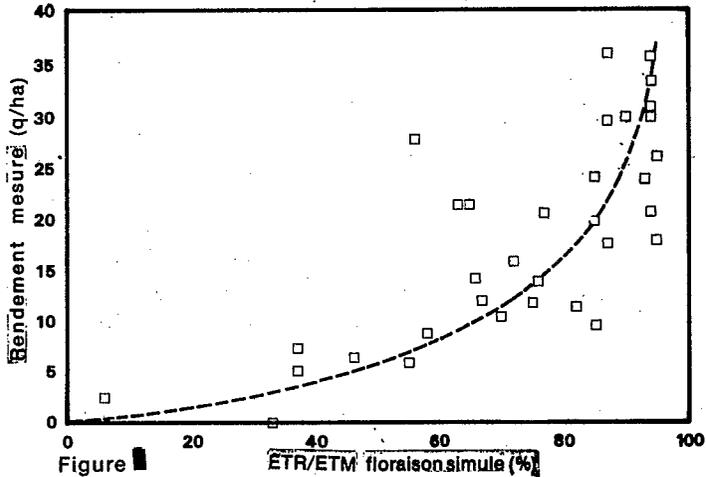


Fig. 2. Relation entre rendement et ETR/ETM floraison.

Après avoir défini une période au cours de laquelle la pluviosité était comparable à celle observée actuellement (1965 à 1985 au Togo méridional), les moyennes de chacun des deux paramètres ont été calculées en fonction des dates de semis (Fig. 3) : l'intersection des périodes optimales pour chaque paramètre permet de définir les dates extrêmes de semis pour la variété étudiée et pour chaque poste climatique de la région. En intégrant l'ensemble des postes climatiques et la nécessité d'avoir une pluie pour assurer le semis dans des conditions satisfaisantes, il a été possible d'obtenir les dates de semis optimales pour les deux variétés (Tableau 1). De plus, cette étude a permis de démontrer qu'il n'était pas possible d'utiliser des variétés à cycle long au cours de la deuxième saison de culture.

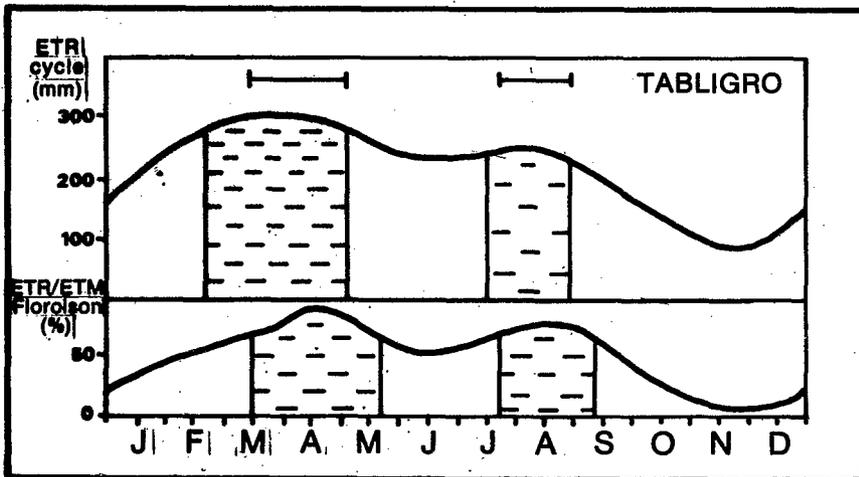


Fig. 3. Evolution des paramètres hydriques en fonction de la date de semis.

TABLEAU 1
DATES DE SEMIS OPTIMALES DES MAIS NH1F1 ET LA POSTA
AU TOGO MERIDIONAL

Variété	Première saison des pluies			Deuxième saison des pluies		
	Semis le plus tôt	Semis le plus tard	Optimum: semis lorsque les pluies dépassent 20 mm après le	Semis le plus tôt	Semis le plus tard	Optimum: semis lorsque les pluies dépassent 15 mm après le
Maïs NH1 F1 (110 jours)	20 mars	15 mai	1 ^{er} avril	15 juillet	15 septembre	10 août
Maïs La Posta (120 jours)	15 mars	5 mai	20 mars			

Le choix d'une variété dans une zone donnée nécessite de connaître les rendements potentiels de chacune des variétés possibles. L'utilisation de la simulation du bilan hydrique a permis de résoudre ce problème. Pour les 15 stations climatiques de la région, le bilan hydrique a été calculé pour les deux variétés sur 20 années consécutives, en appliquant la date de semis optimale définie par l'étude précédente. A l'aide de la relation entre l'ETR-cycle et le rendement (Fig. 1), un rendement moyen en a été déduit, ce qui a permis de dresser des cartes réalisant un zonage agroclimatique de la région (Fig. 4).

Dans le cas étudié, un fort contraste apparaît entre le littoral, peu productif car peu pluvieux, et l'intérieur du pays, où les pluies sont plus abondantes. Les faibles rendements observés sur le littoral résultent donc de problèmes d'alimentation hydrique, impossible à résoudre actuellement car l'irrigation n'est pas rentable. Ces résultats conduisent à préconiser aux organismes de développement de ne pas conseiller le maïs en deuxième saison de culture sur le littoral, mais de s'orienter plutôt vers des productions végétales moins exigeantes en eau.

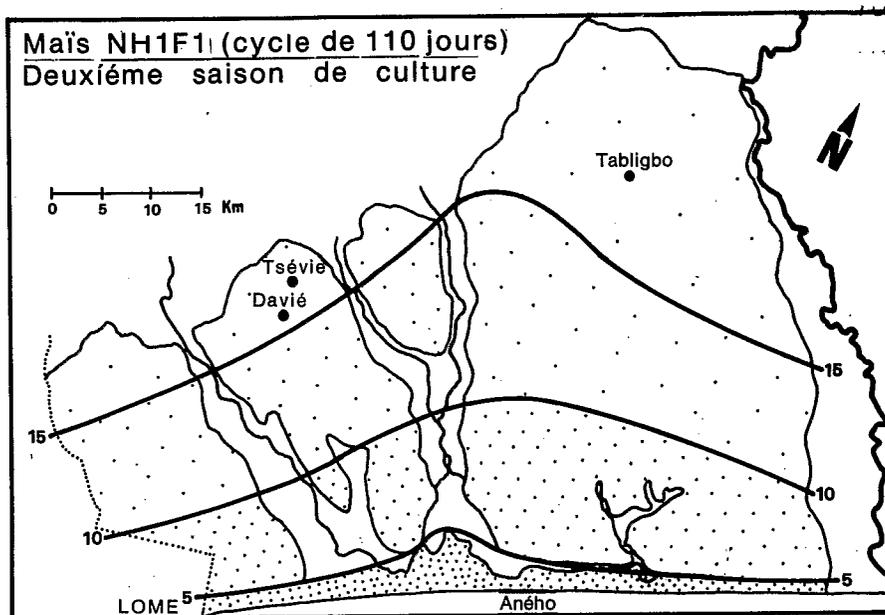


Fig. 4. Rendement potentiel moyen (q.ha⁻¹) du maïs en deuxième saison de culture.

Conclusion

L'utilisation d'un modèle de simulation du bilan hydrique calé sur des données de terrain a donc permis de définir les contraintes et les potentialités de la culture du maïs dans le sud du Togo.

L'étude comparée des rendements observés et des paramètres hydriques obtenus par simulation sur la même période a fourni une évaluation de la productivité du maïs en fonction des conditions pluviométriques. En simulant différentes périodes de semis, une stratégie optimale de semis a pu être élaborée en augmentant le potentiel de rendement et en diminuant le risque à la floraison.

A l'échelle régionale, un zonage agropédoclimatique a été réalisé, révélant un important gradient de potentialités. Cette approche, qui intègre les hétérogénéités spatiales et temporelles, a permis d'obtenir des résultats agronomiques immédiats. Elle est en cours d'extension à d'autres régions du Togo, et elle devrait pouvoir s'appliquer également dans de nombreux autres pays tropicaux.

Bibliographie

- Dabin, B.** 1956. Contribution à l'étude de la fertilité des terres de Barre. *L'Agron. Trop.*, 11(4): 490-506.
- Dancette, C.** 1983. Estimation des besoins en eau des principales cultures pluviales en zone soudano-sahélienne. *L'Agron. Trop.*, 38(4): 281-294.
- Denmead, O.T. et R.H. Shaw** 1960. Effects of soil moisture stress at different stages of growth on the development and yield of corn. *Agron. J.*, 52: 272-274
- Franquin, P. et F. Forest.** 1977. Des programmes pour l'évaluation et l'analyse fréquentielle des termes du bilan hydrique. *L'Agron. Trop.*, 32 (1): 7-11
- Freteaud, J.C., R. Poss et H. Saragoni.** 1987. Ajustement d'un modèle de bilan hydrique à des mesures tensio-neutroniques *in situ* sous culture de maïs. *L'Agron. Trop.*, 42 (2): 94-102.
- Marquette, J.** 1986. Maintien et amélioration des rendements du maïs sur les terres de Barre dans le sud du Togo. *L'Agron. Trop.*, 41(2): 132-148.
- Poss, R. et H. Saragoni.** 1987. Quelques problèmes posés par l'estimation du bilan hydrique en plein champ. *Bull. GFHN*, 22: 32-46.
- Robins, J.S. et C.E. Domingo** 1953. Some effects of severe soil moisture deficits at specific growth stages in corn. *Agron. J.*, 45: 618-621.
- Salter, J.P. et J.E. Goode.** 1967. Crop responses to water at different stages of growth. *Commonw. Bur. Hortic. Plant Crop Res., Rev.* 2.