

PERFORMANCES DE TROIS VARIETES DE CANNE A SUCRE SOUMISES AU RATIONNEMENT HYDRIQUE EN PREMATURATION AU NORD DE LA COTE D'IVOIRE

C.B. PENE¹ et M. KEHE²

¹CNRA, Station de Recherches de Ferké/Programme canne à sucre, 13 B.P. 989 Abidjan 13, Côte d'Ivoire

²CNRA, Coordination Scientifique Régionale/CNRA Korhogo, 01 B.P. 1740 Abidjan 01, Côte d'Ivoire

RESUME

Trois variétés tardives (Co 957, M 3145 et FR 8069) de canne à sucre (*Saccharum officinarum* L.) ont été évaluées en première année de plantation (culture vierge) dans des conditions de rationnement hydrique en station de recherches à Ferké, au Nord de la Côte d'Ivoire. L'étude vise à les cribler en fonction de leurs aptitudes à valoriser l'eau d'irrigation apportée. Le dispositif expérimental adopté était un split-plot avec pour facteur principal l'eau d'irrigation appliquée au stade de prématuration et pour facteur secondaire, la variété cultivée. Les consommations en eau de la culture ont été estimées par bilan hydrique simulé. Aucune différence significative liée au rationnement hydrique (ou à l'irrigation apportée) n'est apparue entre les rendements canne et sucre extractible respectivement. Cela montre que l'irrigation apportée en prématuration n'a pas été valorisée par la culture. De même, l'effet d'interaction entre l'eau d'irrigation et la variété n'était pas significatif. Il en résulte qu'aucune variété n'a réagi différemment à l'irrigation apportée. Toutefois, les rendements en canne et sucre de la variété M 3145 ont été significativement inférieurs à ceux de Co 957 et FR 8069. Celles-ci ont mieux répondu à l'eau consommée en moyenne durant leur cycle, probablement en raison de leur moindre aptitude à fleurir associée à un bon tallage. Cela montre l'intérêt de planter du matériel végétal tardif fleurissant très peu ou pas.

Mots clés : canne à sucre, irrigation, efficience, bilan hydrique, Ferké, Côte d'Ivoire.

ABSTRACT

PERFORMANCES OF THREE LATE-SEASON SUGARCANE VARIETIES UNDER WATER DEFICIT
AT THE YIELD FORMATION STAGE IN NORTHERN IVORY COAST

*Three late-season genotypes (Co 957, M 3145 and FR 8069) of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.), were tested as plant crop under water deficit conditions at Ferké Experimental Station in northern Ivory Coast for screening purposes regarding water use efficiency. The experimental design was a split-plot with four irrigation regimes applied at yield formation stage, as main treatments and cane genotypes, as sub-treatments. Both Cane and sugar yields differences obtained due to irrigation and water deficits were not significant, which resulted in very low water use efficiency. The interaction effect between irrigation water and cane genotype was not significant either, meaning that no genotype responded differently to irrigation treatments. However, the M 3145 genotype gave lower cane and sugar yields, as compared to those that showed higher water use efficiency, probably due to their lower tasseling ability combined with a good tillering potential. This confirms the importance of growing low tasseling cane genotypes as late-season crops.*

Key words : sugarcane, irrigation, efficiency, water balance, Ferké, Ivory Coast.

INTRODUCTION

La production sucrière ivoirienne, qui couvre la demande intérieure, varie entre 150 000 et 180 000 tonnes par an. Elle est assurée par deux opérateurs privés reprenant de l'ex-société d'Etat Sodesucre depuis juin 1997, au sein des quatre complexes sucriers du pays, dans les plantations industrielles pour environ 90 % des superficies. La production restante est réalisée dans les plantations villageoises créées par ces opérateurs, à la périphérie des blocs industriels, au profit des exploitants individuels ou coopératives agricoles. La canne à sucre (*Saccharum officinarum* L.) est cultivée sous irrigation par aspersion, en complément de la pluie, dans les parcelles industrielles sur près de 22 000 ha, soit environ 5 000 ha par complexe, alors qu'elle l'est en conditions pluviales dans les plantations villageoises sur environ 1 500 ha.

Le schéma d'évaluation agronomique des variétés de canne à sucre introduites dans le pays est tel que les performances du matériel végétal cultivé dans les périmètres sucriers, en particulier son aptitude à valoriser l'eau et/ou à tolérer la sécheresse, restent mal connues.

L'eau étant le premier facteur limitant des rendements de la canne à sucre dans le contexte ivoirien (Péné, 1997 ; Péné, 1999 a et b ; Péné, *et al.*, 1997 ; Péné et Tuo, 1996), la prise en compte de ces critères en sélection variétale devrait contribuer à mieux gérer l'irrigation à la parcelle et à optimiser le choix du matériel végétal destiné aux plantations villageoises.

L'étude vise à déterminer l'aptitude de trois variétés tardives de canne à sucre à utiliser au mieux l'eau d'irrigation durant leur phase de prématuration qui s'étend d'octobre jusqu'au début du sevrage, en février.

MATERIEL ET METHODES

CARACTERISTIQUES DU SITE

L'étude a été conduite à la Station expérimentale sur la canne à sucre du Centre National de Recherches Agronomiques (CNRA), à une dizaine de kilomètres au Sud-Ouest de la ville de Ferké (09° 35' de latitude nord, 05° 12' de

longitude ouest et à 323 m d'altitude). Le climat est de type tropical sub-humide ou sub-soudanien de transition (Guillaumet et Adjanohoun, 1971), avec deux saisons : l'une humide, s'étend de juin à septembre (soit 4 mois) et l'autre sèche, d'octobre à mai (soit 8 mois). De décembre à février, souffle l'harmattan (alizé boréal), un vent chaud et sec de secteur nord-est en provenance du Sahara. La pluviométrie moyenne annuelle cumule à 1 200 mm, avec un régime unimodal centré en août-septembre où 600 à 700 mm sont enregistrés (environ 50 à 60 %). La température moyenne journalière s'élève à 27° C, avec des écarts thermiques généralement faibles pour assurer une bonne maturation de la canne à sucre (9-13° C), sauf durant la période marquée par l'alizé boréal (15-20° C) qui s'étend de mi-novembre à mi-février. Dans l'année, le déficit hydrique climatique et la durée d'insolation y atteignent, en moyenne, respectivement 700 mm et 2 400 h.

Les sols sur cette station expérimentale, issus de schistes, sont moyennement à faiblement désaturés, de couleur jaune-ocre. Situés sur la plaine alluviale de la rivière du Lokpoho, un affluent en rive gauche du fleuve Bandama, ces sols sont majoritairement hydromorphes et présentent une bonne aptitude agricole avec des engorgements saisonniers à la pointe de l'hivernage (Bach, 1973; Langellier, 1984).

MATERIEL VEGETAL

Trois variétés de canne à sucre (Co 957, M 3145 et FR 8069) plantées à la fin de la campagne sucrière (cycle tardif de février-mars-avril) ont été testées. La mise en place de l'essai a été effectuée le 08 avril 2001 et la première récolte (en vierge) le 20 mars 2002. En Côte d'Ivoire, Co 957 est le matériel végétal tardif de référence, en raison de sa floraison quasiment nulle. Il sert de témoin dans les essais d'évaluation variétale implantés en fin de campagne sucrière. Par contre, M 3145 présente, au Nord du pays, une floraison moyenne à forte suivant les années, avec un taux variant de 45 à 70 %. Cette variété est particulièrement tolérante au charbon (*Ustilago scitamineae*) et est utilisée comme témoin dans les tests de sensibilité à cette maladie. Avant l'avènement de Co 957 comme variété tardive, M 3145 servait de témoin dans les essais variétaux de fin de campagne sucrière.

Les deux géotypes ont été importés comme variétés en circulation libre, puis adaptés aux conditions pédoclimatiques locales après une douzaine d'années d'expérimentation. En revanche, FR 8069 a été importé à l'état de variété présélectionnée qui, après des essais d'adaptation, est maintenant au stade de tests pilotes en conditions d'exploitation industrielles des périmètres sucriers. C'est une variété qui fleurit faiblement au Nord du pays, avec un taux inférieur à 15 %. En Côte d'Ivoire, la campagne sucrière s'étend sur cinq mois, soit de novembre à mars, et le cycle de récolte sur environ 12 mois.

SYSTEMES D'IRRIGATION

L'irrigation différenciée a été conduite à la raie dans les interlignes de canne durant la phase de prématuration de la culture (Figure 1), c'est-à-dire sur les quatre mois précédant la période de maturation (ou sevrage) qui s'étend d'octobre à janvier. L'eau, pompée en rivière, est canalisée

sous très faible pression (2,5 bar) à travers des rampes fixes placées en dérivation par rapport au réseau d'irrigation par aspersion de la station expérimentale. L'alimentation des raies de 6 m de long a été assurée par des raccords flexibles. Une vannette et un compteur volumétrique ont permis de maîtriser l'apport d'eau sur chaque microparcelle. Afin d'assurer une répartition homogène de l'eau dans les raies, les lignes de cannes ont été orientées perpendiculairement à la pente du parcellaire. Pendant les périodes d'irrigation uniforme (non différenciée) pour tous les traitements, l'arrosage a été assuré par aspersion classique (aux sprinklers) selon un dispositif en quadrillage 18 m x 18 m et en couverture totale (Figure 2). L'arrosage de l'essai à l'aspersion seule aurait nécessité des superficies bien plus importantes (324 m² au lieu de 90 m² par microparcelle) pour tenir compte des cloisons ou gardes (de 324 m² au lieu de 18 m²) entre les sous-blocs de parcelles recevant des doses différentes.

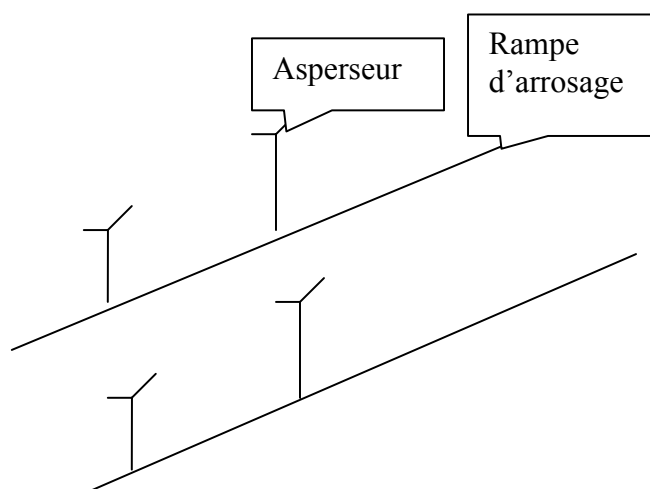


Figure 1 : Schéma du système d'irrigation par aspersion classique (aux sprinklers) en couverture totale.

Scheam of a classical sprinkler irrigation system with permanent lines.

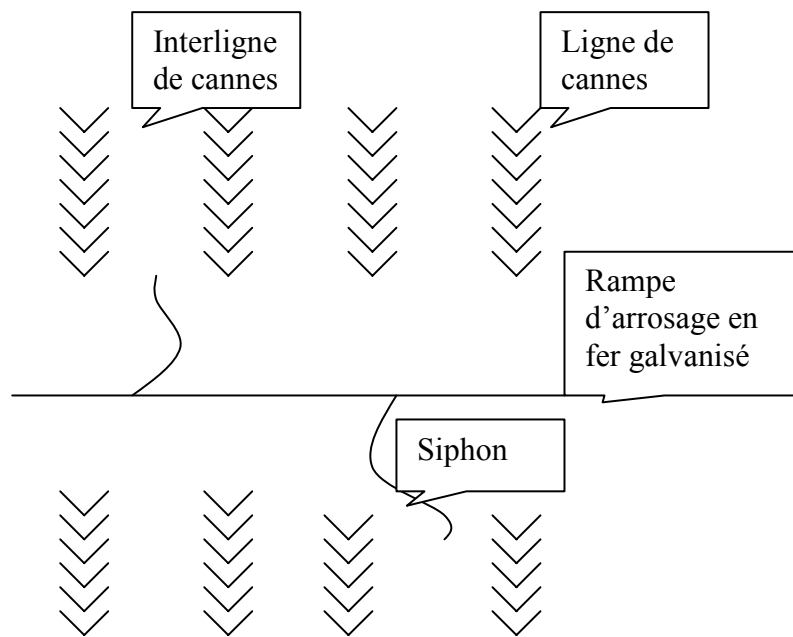


Figure 2 : Schéma du système d'irrigation par infiltration (par sillon ou à la raie) utilisant des rampes en fer galvanisé.

Scheam of furrow irrigation system using galvanized iron laterals.

BILAN HYDRIQUE SIMULE

Les consommations en eau de la culture ont été évaluées par simulation du bilan hydrique journalier (Belmans *et al.*, 1983). Le modèle utilisé (Bergeron, 1989 ; Fréteaud *et al.*, 1987 ; Forest et Kalms, 1984 ; Forest et Lidon, 1985 ; Péné *et al.*, 1997), repose sur la résolution de l'équation simplifiée du bilan de l'eau dans le sol exprimée comme suit :

$P + I - (ETR + D + R) = \Delta S$ (sur une période donnée),

où les différents termes sont exprimés en mm de hauteur d'eau avec :

P : pluie enregistrée au poste pluviométrique de la station expérimentale ;

I : dose d'irrigation apportée ;

ETR : évapotranspiration réelle calculée selon la fonction empirique d'Eagleman (1971) ;

R : ruissellement de surface sous culture, supposé négligeable compte tenu du travail du sol (labour, chiselage) et du mode de plantation à plat ou en courbes de niveau par rapport à la ligne de plus grande pente de la parcelle ;

ΔS : variation journalière du stock hydrique du sol ;

D : drainage (percolation profonde), déterminé par différence lorsque le stock hydrique dépasse la RU du sol estimée à 100 mm sur une profondeur d'enracinement effectif de 60 cm.

EFFICIENCE AGRONOMIQUE DE L'IRRIGATION

Deux définitions de l'efficacité agronomique de l'irrigation seront retenues dans cette étude (Bos, 1985 ; Décroix, 1986 ; Tanner et Sinclair, 1983) : l'efficacité d'application de l'eau d'irrigation (EAI) et l'efficacité d'utilisation de l'eau d'irrigation (EUI) qui se distinguent ici dans la prise en compte ou non des pertes d'arrosage par percolation profonde, les pertes par ruissellement étant négligeables dans nos conditions de culture. L'irrigation consommée ou évapotranspirée est égale à l'irrigation appliquée, déduite des pertes. L'efficacité de l'irrigation (exprimée en kg de canne ou sucre extractible par m³ d'eau) est définie comme étant le quotient du gain de rendement par rapport aux conditions pluviales sur l'eau d'irrigation

apportée. Aussi, l'efficacité d'utilisation est-elle supérieure ou égale à l'efficacité d'application. Celle-ci reflète les caractéristiques techniques du système d'irrigation alors que l'efficacité d'utilisation de l'irrigation traduit la capacité de la culture à produire des rendements élevés à des doses limitées. Dans les conditions de bonne gestion de l'irrigation où les pertes d'eau sont minimisées, ces deux grandeurs d'efficacité sont pratiquement égales (numériquement) pour un même traitement :

$$EAI = (Y_i - Y_0) / (I_i - I_0) \text{ et } EUI = (Y_i - Y_0) / (ETR_i - ETR_0)$$

où,

Y_i : rendement de tout traitement I_i autre que le traitement semi-pluvial I_0

Y_0 : rendement du traitement semi-pluvial I_0

I_i : irrigation appliquée au traitement I_i

I_0 : irrigation appliquée au traitement semi-pluvial I_0

ETR_i : ETR de tout traitement I_i autre que le traitement semi-pluvial I_0

ETR_0 : ETR du pluvial traitement semi-pluvial I_0

$ETR_i - ETR_0$: irrigation effectivement utilisée par la culture pour tout traitement I_i différent de I_0

EAI et EUI ne sont pas définies pour le traitement semi-pluvial I_0 considéré ici comme le référentiel de calcul d'efficacité.

L'efficacité d'utilisation de l'eau EUE (issue de la pluie et de l'irrigation) est définie comme le rapport du rendement en canne ou en sucre extractible à l'eau consommée par la culture (caractérisée par l'ETR) : $EUE = Y_i / ETR_i$

où,

Y_i : rendement de tout traitement I_i y compris le traitement semi-pluvial I_0

ETR_i : ETR de tout traitement I_i y compris le traitement semi-pluvial I_0 .

Contrairement à EAI et EUI, EUE est définie pour le traitement semi-pluvial I_0 .

DISPOSITIF EXPERIMENTAL

La parcelle d'essai a été disposée en un split-plot à 12 traitements (tableau 1) avec 2 facteurs étudiés et 4 répétitions. Le facteur principal était l'irrigation (I) avec 4 doses hebdomadaires

apportées au stade de prématuration, définies comme suit :

$I1$: dose normale pour satisfaire les besoins hydriques de la culture ;

$I\frac{3}{4}$: trois quarts de la dose normale $I1$;

$I\frac{1}{2}$: moitié de la dose normale $I1$;

$I0$: pas d'arrosage seulement au cours de la phase étudiée (régime pluvial partiel).

Le facteur secondaire était la variété (V), avec trois niveaux $V1$, $V2$ et $V3$ correspondant respectivement à Co 957, M 3145 et FR 8069.

L'irrigation (I) était apportée à une fréquence hebdomadaire suivant un bilan hydrique climatique établi, pour la dose normale (100 %), comme suit : $I = Kc \cdot Ev \text{ Bac} - P$

où, Kc : coefficient cultural, qui prend pour une canne de fin de campagne, successivement les valeurs de 0,5, 0,8 et 1,0 respectivement pendant les phases de germination-tallage (2 mois), début de cannaison (un mois et demi) et grande croissance-prématuration (8 mois et demi) ; $Ev \text{ Bac}$: évaporation du bac classe A ; P : pluviométrie enregistrée. Le précédent cultural était constitué d'une série d'essais de criblage de variétés de canne à sucre nouvellement introduites en Côte d'Ivoire.

Les autres facteurs de production ont été contrôlés de façon uniforme sur l'ensemble de la parcelle d'essai, en particulier, la préparation du sol (labour à la charrue à socs suivi du pulvérisage et du sillonnage) et le sarclage manuel effectué mensuellement, jusqu'à l'âge de trois à quatre mois, lorsque la couverture du sol dans les interlignes par le feuillage de la culture était assurée à environ 75 %.

Chaque microparcelle comportait 10 lignes de cannes de 6 m de long et distantes les unes des autres de 1,5 m, soit une superficie totale égale à 90 m², dont 72 m² utiles (8 lignes de 6 m). Les sous-blocs recevant des doses d'irrigation différentes étaient séparés les uns des autres par une ligne de canne, soit 3 m de garde. La superficie totale de l'essai était d'environ 6 900 m² dont 3 456 m² utiles.

L'analyse de la variance a porté sur les qualités technologiques de la canne et les rendements en canne et en sucre extractible à la récolte.

Tableau 1 : Apports en eau de l'essai conduit en vierge et première repousse de cannes à la station de Ferké.

Water treatments trial carried out on plant and 1st ratoon crops at Ferké Station.

Doses irrigation (I)	Variétés de canne à sucre (V)		
	Co 957 (V1)	M 3145 (V2)	FR 8069 (V3)
I1	I1V1	I1V2	I1V3
I $\frac{3}{4}$	I $\frac{3}{4}$ V1	I $\frac{3}{4}$ V2	I $\frac{3}{4}$ V3
I $\frac{1}{2}$	I $\frac{1}{2}$ V1	I $\frac{1}{2}$ V2	I $\frac{1}{2}$ V3
I0	I0V1	I0V2	I0V3

RESULTATS

LONGUEUR DES TIGES USINABLES A LA RECOLTE

La longueur moyenne des tiges usinables à la récolte, toutes doses d'irrigation confondues, a été significativement plus élevée pour M 3145 que celles de Co 957 et FR 8069, soit en moyenne 240 cm contre 210 et 190 cm, respectivement (Figure 3). Aucune différence significative n'a, par contre, été observée entre les longueurs moyennes de tige de ces deux dernières variétés.

RENDEMENTS ET QUALITES TECHNOLOGIQUES DE LA CANNE

Aucune différence significative entre les traitements liée à l'irrigation apportée n'a été observée (Tableau 2). Cela traduit le fait que cette irrigation apportée en prématuration n'ait pas été valorisée par la culture. En revanche, l'effet variétal a été significatif ($P < 5\%$) ou hautement significatif ($P < 1\%$). En particulier, M 3145 s'est avérée moins performante que Co 957 et FR 8069 aussi bien en rendements canne et sucre extractible qu'en qualités technologiques de la canne, excepté la richesse saccharine (Pol %C). Quant à Co 957 et FR 8069, elles ont présenté des performances équivalentes. Les rendements plus faibles obtenus pour M3145, malgré des longueurs de tiges usinables à la récolte plus importantes, s'expliquent par un moindre tallage de cette variété par rapport aux deux autres.

BILAN HYDRIQUE SIMULE

De l'irrigation apportée sur toute la durée du cycle cultural, les parts reçues pendant la prématuration ont cumulé à environ 380, 290 et 190 mm, respectivement pour les doses I1, I $\frac{3}{4}$ et I $\frac{1}{2}$ (tableau 3). D'importantes quantités d'eau de pluie (soit environ 550 mm) ont été perdues par percolation profonde, notamment pendant la pointe de l'hivernage (août-septembre). Près de 60 mm de pertes par percolation profonde ont résulté de l'irrigation apportée sur le cycle, dont seulement 14,5 mm en prématuration avec la dose normale I1.

L'évolution de l'indice de satisfaction hydrique de la culture durant le cycle fait apparaître 3 principales périodes (Figure 4) :

- la première qui s'étend depuis la plantation (début avril) jusqu'à la mi-mai, a été marquée par l'irrigation uniforme (non différenciée) sur tous les traitements ;
- la seconde qui part de la mi-mai à la mi-novembre, correspond à un régime hydrique strictement pluvial (sans apport d'irrigation) marqué par l'hivernage où des valeurs du rapport ETR/ETM supérieures à 90 % ont été enregistrées ;
- la troisième correspondant à l'application du rationnement hydrique, part de mi-novembre à mi-février. Elle n'a pu démarrer un mois plus tôt, c'est-à-dire au début de la saison sèche (à la mi-octobre) en raison de contraintes liées au système d'irrigation.

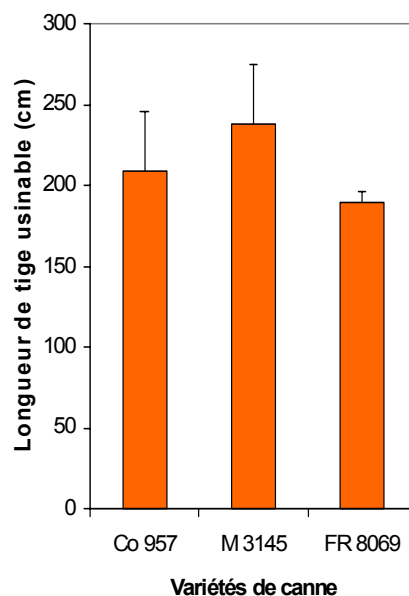


Figure 3 : Longueur moyenne de tiges usinables à la récolte suivant les variétés de canne à sucre testées à la Station de Ferké.

Average millable stalk length at harvest, as a function of the sugarcane varieties tested at Ferké Station.

Tableau 2 : Moyennes des rendements et des qualités technologiques des cannes en vierge obtenues à la station de Ferké.

Average plant crop yields and sugarcane quality parameters at Ferké Station.

Traitements	Rendements		Qualités technologiques			
	canne (t/ha)	sucres (t/ha)	Pol (%)	Pté (%)	Fibre (%)	SE (%)
I1V1	81,3	9,2	16,4	82,0	13,0	11,3
I1V2	56,4	5,7	15,8	76,1	12,2	10,2
I1V3	82,9	9,5	16,2	83,5	13,6	11,3
I3/4V1	81,8	8,9	16,0	81,1	13,5	10,9
I3/4V2	60,1	5,7	15,4	74,0	12,4	9,5
I3/4V3	73,8	8,2	16,2	81,2	13,7	11,1
I1/2V1	82,2	9,0	16,0	82,1	12,9	11,0
I1/2V2	56,3	6,0	15,4	83,3	12,3	10,4
I1/2V3	78,5	8,7	16,1	81,2	13,0	11,0
I0V1	74,3	7,5	15,4	78,8	13,1	10,2
I0V2	49,1	4,7	15,3	74,5	11,9	9,6
I0V3	68,0	7,2	15,8	80,7	13,5	10,7
Moyenne	70,4	7,5	15,8	79,9	12,3	10,6
Effet irrigation	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Effet bloc	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Effet variétal	**	**	ns	**	**	*
Interaction	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV _{irrigation} (%)	15	10	10	9	10	10
CV _{variétés} (%)	11	11	12	7	8	12

CV : coefficient de variation

** : différence hautement significative entre les moyennes (au seuil de 1 %)

* : différence significative entre les moyennes (au seuil de 5 %)

ns : pas de différence significative entre les moyennes (au seuil de 5 %)

Pol : teneur en saccharose ou richesse en sucre

Pté : teneur en saccharose dans la matière sèche dissoute ou pureté du jus de canne

Fibre : teneur en fibre de la canne

S.E. : teneur en sucre extractible de la canne

Tableau 3 : Bilan hydrique simulé calculé sur le cycle cultural de la canne à sucre à la Station de Ferké.
Simulated water balance over the sugarcane crop cycle at Ferké Station.

Traitements	Bilan hydrique			
	Irrigation (mm)	ETR (mm)	ETR/ETM (%)	Drainage (mm)
I1V1	469,0	1142,0	77,8	606,4
I1V2	469,0	1142,0	77,8	606,4
I1V3	469,0	1142,0	77,8	606,4
I3/4V1	377,5	1067,7	72,7	591,9
I3/4V2	377,5	1067,7	72,7	591,9
I3/4V3	377,5	1067,7	72,7	591,9
I1/2V1	281,4	974,4	66,3	591,9
I1/2V2	281,4	974,4	66,3	591,9
I1/2V3	281,4	974,4	66,3	591,9
I0V1	90,0	794,8	54,1	591,9
I0V2	90,0	794,8	54,1	591,9
I0V3	90,0	794,8 <td 54,1	591,9	

Pluie (cycle) : 1274,3 mm

ETM (cycle) : 1468,7 mm

Durée du cycle : du 08-04-2001 (plantation) au 15-02-2002 (début du sevrage)

Dose I0 : 90 mm (irrigation non différenciée sur tous les traitements pendant les phases de germination-tallage-grande croissance, bien avant la période de rationnement hydrique.

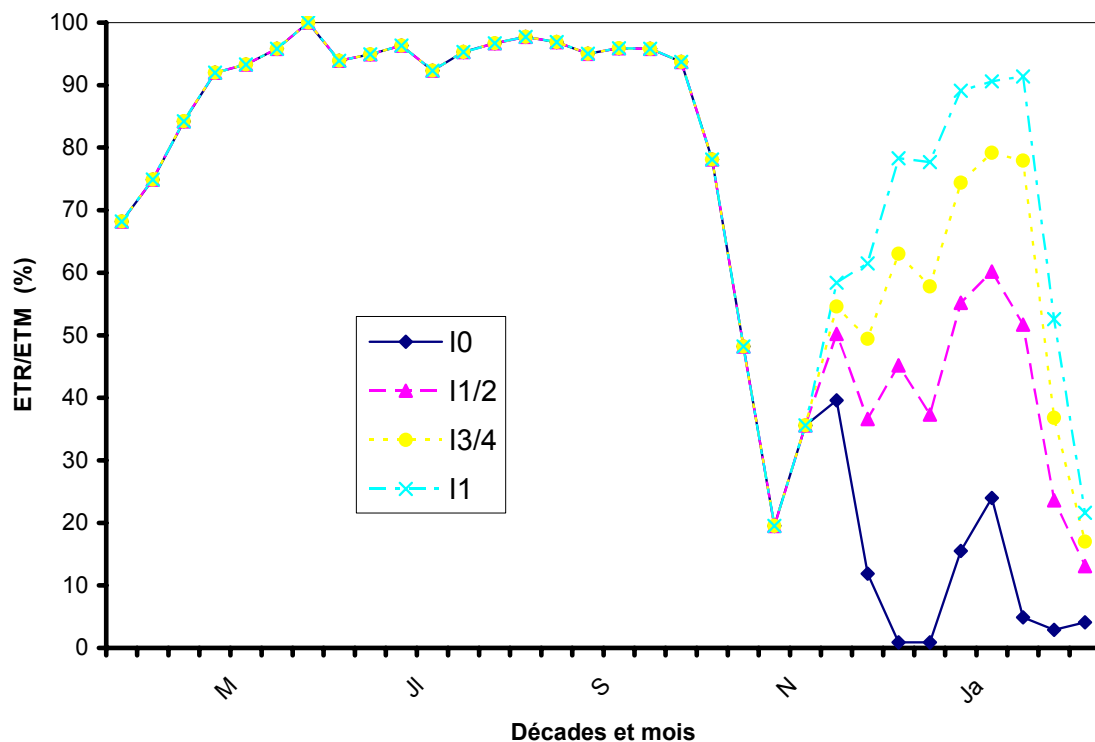


Figure 4 : Evolution de l'indice de satisfaction hydrique de la culture de canne à sucre durant son cycle à la Station de Ferké.

Crop water satisfaction index pattern over the sugarcane crop cycle at Ferké Station.

EFFICIENCE D'UTILISATION DE L'EAU

L'eau reçue en moyenne par la culture tout au long de son cycle, qu'elle soit pluviale ou issue de l'irrigation, a été plus faiblement valorisée par M 3145 comparativement à Co 957 et FR 8069 (Tableau 4). Celles-ci ont présenté une efficacité d'utilisation de l'eau quasi-identique. Quant à l'efficacité d'utilisation de l'irrigation apportée en prématuration, elle s'est avérée pratiquement nulle en raison de l'absence de

l'effet de l'irrigation sur les rendements. Cela ne s'explique probablement pas par la pluviométrie enregistrée durant la prématuration (77,5 mm), car le déficit hydrique sur la même période cumule à 387 mm (Tableau 5). L'irrigation apportée à la dose complète comble pratiquement ce déficit (environ 380 mm). Le redémarrage tardif de la campagne d'irrigation, soit à la troisième décennie de novembre au lieu de la première, pour des raisons techniques, semble avoir influé négativement sur la réponse différenciée des rendements suivant les doses d'arrosage.

Tableau 4 : Efficacité d'utilisation de l'eau (EUE) suivant les variétés de canne à sucre testées à la Station de Ferké.

Water use efficiency following sugarcane varieties tested at Ferké Station.

Variétés	EUE	
	Canne (kg/m ³)	Sucre extractible (kg/m ³)
Co 957 (V1)	8,0	0,9
M 3145 (V2)	5,6	0,6
FR 8069 (V3)	7,6	0,8

ETR moyenne relative à l'ensemble des traitements : 994,7 mm

Tableau 5 : Répartition par décennie des apports d'eau et du déficit hydrique de la canne à sucre en prématuration à la Station de Ferké.

Ten-day distribution of irrigation water and water deficit patterns over the yield formation stage of sugarcane at Ferké Station.

Paramètres hydriques	Période de rationnement hydrique (prématuration)											
	Novembre			Décembre			Janvier			Février		Total
	déc 1	déc 2	déc 3	déc 1	déc 2	déc 3	déc 1	déc 2	déc 3	déc 1	déc 2	
Pluie (mm)	1,5	22,5	13,5	0	0	0	41,5	0	0	0	0	77,5
Déficit hydrique (mm)	46,7	32,1	25,5	51,5	55,1	68,7	48,8	52,6	85,2	(79,7)	(38,3)	466,2
Irrigation (mm)												
I1	0	0	32,3	74,6	41,2	37,7	49,2	38,9	105,1	0	0	379,0
I3/4	0	0	24,2	55,9	30,9	28,3	36,9	32,5	78,8	0	0	287,5
I1/2	0	0	16,1	37,3	20,5	18,8	24,6	21,6	52,5	0	0	191,4
I0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

déc. 1, déc.2, ... : différentes décades

Déficit hydrique = Evapotranspiration maximum (ETM) - Evapotranspiration réelle (ETR) : les valeurs de déficit entre parenthèses (1ère et 2è décades de février) correspondant au sevrage n'ont pas été totalisées.

DISCUSSION

SIMULATION DU BILAN HYDRIQUE

Le modèle de bilan hydrique utilisé dans le cadre de ce travail a déjà été validé à différentes occasions sur un grand nombre de cultures, dont la canne à sucre dans des conditions pédoclimatiques assez proches des nôtres (Chopart et Vauciin, 1990 ; Fréteaud *et al.*, 1987 ; Forest et Kalms, 1984 ; Quideau, 1988).

L'utilisation d'un modèle de bilan hydrique implique l'acceptation d'une certaine imprécision dans l'estimation des paramètres de sortie, en l'occurrence l'évapotranspiration réelle et le drainage. La détermination de la précision du modèle nécessite qu'on le soumette à un test de sensibilité par rapport à la variation des paramètres d'entrée, la réserve en eau utile du sol (RU) notamment. Il a été montré en culture pluviale de canne à sucre (Bergeron, 1989) que le modèle utilisé était très peu sensible

(précision inférieure à 10 %) aux variations de la RU du sol et qu'il présentait, en année relativement sèche, une dérive importante par rapport à la réalité mesurée suivant le bilan hydrique tensio-neutronique. En année humide, par contre, les résultats de la simulation concordent avec ceux issus du bilan hydrique mesuré *in situ*. Or, un tel modèle est conçu pour gérer l'irrigation afin d'éviter l'apparition de stress hydriques susceptibles d'affecter le rendement final de la culture. Par conséquent, l'utilisation du modèle en culture irriguée, comme dans le cas de notre travail, est tout à fait plausible. Par ailleurs il a été montré, avec un modèle de conception proche (dénommé PROBE), que la sensibilité de la simulation à une imprécision liée à la RU du sol était sous la dépendance des conditions d'alimentation hydrique (Chopart et Vauclin, 1990). D'après ces auteurs, la sensibilité du modèle est plus faible lorsque ces conditions restent relativement proches de l'optimum ; en revanche, une imprécision sur l'estimation de l'évapotranspiration maximum ETM entraîne des erreurs sur les termes de sortie du bilan simulé par rapport à ceux obtenus suite aux mesures *in situ*.

Au nombre des autres faiblesses du modèle on peut noter (Chopart, 1990 ; Chopart et Vauclin, 1990):

la non prise en compte de la loi de croissance racinaire qui fait varier chaque jour la réserve utile racinaire du sol ;

l'impossibilité de séparer l'évaporation du sol nu (les remontées capillaires) de la transpiration de la culture dans l'évaluation de la demande évaporative en début de cycle cultural ;

le problème de la simulation de l'alimentation hydrique de la culture en présence d'une nappe phréatique à faible profondeur, non encore résolu.

La profondeur d'enracinement de la culture cannière, adoptée dans le cadre de ces études de caractérisation de l'alimentation hydrique par bilan simulé afin de calculer la RU du sol (60 cm), peut paraître sous-estimée. Certes, les racines cordons de la canne à sucre (assurant surtout un rôle d'ancrage dans le sol) peuvent atteindre parfois des profondeurs nettement plus importantes (plus de 100 cm) lorsque le sol ne présente pas d'induration (Chopart et Marion, 1994 ; Baran *et al.*, 1974 ;). Cela ne paraît pas être le cas dans les conditions d'exploitation de la culture industrielle où des observations de profils culturaux (Mel, 1991) ont montré une

très faible colonisation du sol par les racines en dessous de 60 cm. Cette profondeur d'enracinement efficace a été retenue pour dimensionner le volume du réservoir d'eau utile du sol dans le modèle de bilan hydrique.

EFFET DEPRESSIF DE LA FLORAISON SUR LES RENDEMENTS

En fin de campagne, la faible performance de M 3145, qui fleurit moyennement, par rapport à Co 957 et FR 8069 qui fleurissent très peu ou pas, a confirmé les résultats d'une étude antérieure conduite sur le même site (Péné *et al.*, 2001). L'observation empirique des planteurs selon laquelle la floraison exerce un effet dépressif sur le rendement et la qualité de la canne est aussi confortée (Alexander, 1973), ce qui est confirmé sur les cannes à cycle biannuel (Clements et Awada, 1964), avec une chute de rendement de 20 - 25 %. Il a été rapporté qu'en conditions hydriques de sol non limitantes, la canne à sucre pouvait perdre jusqu'à 50 % de son rendement potentiel en canne et en sucre quelques semaines après l'induction florale (Martin-Leake, 1946). La floraison peut être inhibée par interruption de la période nyctémérale, grâce à l'éclairage (Burr, 1950), la défoliation (Panje *et al.*, 1969), l'arrêt de l'irrigation et par épandage de produits chimiques (Humbert *et al.*, 1969).

CONCLUSION

Le rationnement hydrique appliqué en prématuration n'ayant induit aucune différence significative entre les rendements, l'irrigation apportée pendant ladite phase n'a pas été valorisée. En revanche, la variété M 3145 qui a un taux de floraison élevé (>50 %) pour une canne de fin de campagne s'est avérée moins performante que Co 957 et FR 8069, en termes de rendements et d'efficacité d'utilisation de l'eau. Ces variétés, quant à elles, ont présenté des performances quasi-identiques. Il est donc nécessaire de cultiver en fin de campagne des variétés fleurissant très peu ou pas afin d'éviter de limiter la production du matériel végétal. L'absence d'interaction entre l'irrigation et le matériel végétal, montre qu'aucune des variétés testées n'a réagi différemment au rationnement hydrique imposé durant la phase de prématuration.

REFERENCES

- Alexander (A.G.), 1973. Sugarcane physiology. Agric. Exp. Sta., Univ. of Puerto Rico. Amsterdam, Elsevier Sci. Publ. Comp, 752 p.
- Bach (M.), 1973. Etude pédologique du point d'essais canne à sucre. IRAT-Ferkessédougou. Ferkessédougou, IRAT, 18 p.
- Baran (R.), (D.) Bassereau et Gillet (N.), 1974. Measurement of available water and root development on an irrigated sugar cane crop in Ivory Coast. In : Proc. International Society of Sugar Cane Technologists' Congress 15. ISSCT : 726-735.
- Belmans (C.), (J.) Wesseling and (R.A.) Feddes. 1983. Simulation of model of the water balance of a cropped soil : SWATRE. *J. Hydrol.* 63 : 271-286.
- Bergeron (M.), 1989. Etude comparative du bilan hydrique simulé et du bilan hydrique mesuré avec une sonde à neutrons : Application à la culture de canne à sucre sur l'île de la Réunion. Rapport multigr. St-Pierre, CIRAD-IRAT, 29 p.
- Bos (M.G.), 1985. Summary of ICID definitions on irrigation efficiencies. In : Les besoins en eau des cultures. Actes de la conférence internationale, Paris, 11-14 septembre 1984. Paris, INRA : 899-910.
- Burr (G.O.), 1950. The flowering of sugarcane. In : Hawaiian Sugar Technologist Report. Hawai, HSTA : 47-49.
- Chopart (J.L.) et (M.) Vauclin. 1990. Water balance estimation model: field test and sensitivity analysis. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 54 (5) : 1377-1384.
- Chopart (J.L.) et Marion (D.), 1994. Caractérisation au champ de l'enracinement de la canne à sucre. Application à l'élaboration d'une méthode d'évaluation de la biomasse racinaire. Note technique. Bouaké, IDESSA, 20 p.
- Chopart (J.L.), 1990. Rôle du travail du sol sur les termes du bilan hydrique. Enracinement et rendement des cultures pluviales. In : Agronomie et ressources naturelles en régions tropicales. Actes des journées de la DRN, Montpellier, 12-15 septembre 1989. Montpellier, IRAT : 223-234.
- Clements (H.F.) and (M.) Awada, 1964. Factors affecting the flowering of sugarcane. *Indian J. Sugar Cane Res. Dev.* 8 : 140-159.
- Décroix (M.), 1986. Groupe de travail sur le rendement de l'irrigation. Version française des textes élaborés. Lahore, Pakistan, 28 sept. - 5 oct. 1986. Le Tholonet (Aix-en-Provence) : CIID/CEMAGREF, 43 p.
- Eagleman (J.R.). 1971. An experimentally derived model for actual evapotranspiration. *Agricult. Meteorol.* 8 (4-5) : 385-394.
- Forest (F.) et (J.M.) Kalms. 1984. Influence du régime d'alimentation en eau sur la production du riz pluvial. Simulation du bilan hydrique. *L'Agron. Trop.* 39 (1) : 42-50.
- Forest (F.) et Lidon (B.), 1985. Simulation du bilan hydrique pour l'exploitation du rendement et l'appui aux producteurs. In : Actes du colloque international sur la résistance à la sécheresse en zone intertropicale, Dakar, Sénégal, 24-27 septembre 1984. Dakar, CIRAD-ISRA : 55-65.
- Fréteaud (J.P.), (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.
- Guillaumet (J.L.) et Adjanohoun (E.), 1971. La végétation. In : Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. Mém. ORSTOM n° 50. Paris, ORSTOM : 157-263.
- Humbert (R.P.), (L.G.) Lima et Goveas (J.), 1969. Tassel control progress with Reglone in the Mexican sugar industry. In: *Sugarcane Conference Proceedings*. London: ISSCT 13: 462-467
- Langellier (P.), 1984. L'irrigation de la canne à sucre en Côte d'Ivoire : Synthèse des travaux réalisés en 1974-1979 et 1980-1983. Bouaké, IDESSA, 43 p.
- Martin-Leake (H.). 1946. The flowering of sugarcane. *Ind. Sugar J* 48 : 174-176.
- Mel (K.S.), 1991. Études pédologiques sur les complexes sucriers SODESUCRE : Campagnes 1987-1988 à 1990-1991. Rapport d'activité. Bouaké, SODESUCRE-IDESSA, 34 p.
- Panje (R.R.), Raja Rao (T.) and Srivastava (K.K.), 1969. Studies on the prevention of flowering in sugarcane: 1. Effect of suppression of flowering by defoliation on the yield and juice-quality of cane. In : *Sugarcane Conference Proceedings*. London, ISSCT 13: 468-475.
- Péné (C.B.), 1997. Pluviométrie et gestion de l'irrigation comme déterminants des rendements canniers en Côte d'Ivoire. In :

- (JF) Martiné (Ed.) Communications présentées au Congrès ARTAS-AFCAS, 12-18 octobre 1997, St. Denis de la Réunion. Sainte-Clotilde : ARTAS-AFCAS : 394-413.
- Péné (C.B.), 1999a. Diagnostic hydrique en culture cannière et gestion du risque climatique : cas de Ferké 2 et de Zuénoula, en Côte d'Ivoire. *Agricult. et Dév.* 24 (n° spécial) sur «La canne à sucre et l'eau» : 74-80.
- Péné (C.B.), 1999b. Gestion de l'irrigation en culture cannière : stratégies pour optimiser l'efficacité d'utilisation de l'eau dans les périmètres sucriers ivoiriens. Thèse de Doctorat d'Etat ès-Sciences Naturelles, Hydraulique Agricole, Université d'Abidjan-Cocody, UFR STRM. Abidjan, UAC-CNRA, 267 p.
- Péné (C.B.), (J.L.) Chopart et (D.A.) Assa. 1997. Gestion de l'irrigation à la parcelle en culture de canne à sucre (*Saccharum officinarum* L.) sous climat tropical humide, à travers le cas des régions nord et centre de la Côte d'Ivoire. *Sécher.* 8 (2) : 87-98.
- Péné (C.B.) et (K.) Tuo. 1996. Utilisation du diagnostic hydrique pour le pilotage optimal de l'irrigation de la canne à sucre en Côte d'Ivoire. *Sécher.* 7 (4) : 299-306.
- Péné (C.B.), (D.A.) Assa et (B.G.) Déa. 2001. Interaction eau d'irrigation-variétés de canne à sucre en conditions de rationnement hydrique. *Cah. Agricult.* 10 : 243-253.
- Quideau (P.), 1988. Appréciations de la situation hydrique d'une culture de canne à sucre à l'aide de quelques mesures et observations de terrain ; intérêt pour la conduite de l'irrigation. Note technique n° 03/88. Bouaké, IDESSA/FCS, 24 p.
- Tanner (C.B.) and (T.R.) Sinclair. 1983. Efficient water use in crop production : Research ? *In* : (HM) Taylor, (WR) Jordan and (TR) Sinclair (Ed.). Limitations to efficient water use in crop production. Madison : *Amer. Soc. Agron.* 1-27.