

## Interaction eau d'irrigation-variétés de canne à sucre en conditions de rationnement hydrique

Crépin B. Péné, Désiré A. Assa, Bernard G. Déa

**E**n Côte d'Ivoire, l'eau est le premier facteur limitant des rendements de la canne à sucre [1, 2] qui sont fort dépendants de la pluviométrie [3-5], ce qui justifie la nécessité de réajuster la politique d'irrigation menée dans les périmètres irrigués.

La stratégie proposée, tout en poursuivant l'effort d'investissement dans les secteurs clés de l'irrigation (ressources en eau, énergie, équipement de surface), vise à arroser plus et mieux de mars à juillet, période critique consécutive à la campagne de récolte où les disponibilités en bagasse pour la production d'énergie sur place nécessaire au pompage de l'eau d'irrigation sont très limitées. Cette période cumule des pluies faibles et irrégulières, la plus forte consommation en eau des cannes de début en forte croissance et une consommation en eau déjà significative pour les cannes de fin de cycle.

On pratiquera un rationnement hydrique raisonné dans les périodes où la culture valorise peu l'eau (tallage pour les cannes

de début et prématuration pour les cannes de fin ayant fléchi) [6, 7].

Au terme de trois campagnes consécutives à la privatisation de l'industrie sucrière ivoirienne (juin 1997), les investissements réalisés dans le domaine de l'irrigation ont induit une progression des rendements moyens atteignant 80 t de cannes/ha, avec une production sucrière tendant en 1999-2000 vers 50 000 t dans certains complexes agro-industriels.

La prise en compte de la valorisation de l'eau ou de la tolérance à la sécheresse en matière de sélection variétale devrait aussi faciliter la gestion des arrosages au niveau du parcellaire.

L'objectif de cette étude est de mettre en évidence les interactions du facteur irrigation et du facteur variétal afin de mieux caler le cycle des variétés de début, milieu ou fin de campagne de récolte, en fonction de leur aptitude à la floraison, et de valoriser l'eau d'irrigation. Elle vise aussi à identifier les aptitudes à la sécheresse dans le choix raisonné des variétés destinées à la culture pluviale en plantations villageoises.

dizaine de kilomètres au sud-ouest de la ville ivoirienne de Ferkessedougou (09° 35' de latitude Nord, 05° 12' de longitude Ouest et à 323 m d'altitude). Le climat est de type tropical subhumide ou subsoudanien de transition [8], avec deux saisons : l'une pluvieuse, s'étend de mars à octobre (soit 8 mois), et l'autre sèche, de novembre à février (soit 4 mois), avec présence, de décembre à février, de l'harmattan, vent chaud et sec du secteur nord-est, d'origine saharienne.

Les sols de la région sont de type ferrallitique moyennement désaturé (issus de granites ou de schistes) et de type ferrugineux tropical [9] ; ceux qui sont issus de granite sont pauvres en bases et peu fertiles. Les sols bruns eutrophes tropicaux, plus fertiles, se développent sur des matériaux issus de roches basiques et sont associés à un modelé du relief accidenté. Les sols hydromorphes occupent les bas-fonds, les petites vallées et les plaines alluviales du fleuve Bandama Blanc et de son affluent le Lokpoho.

Les sols de la station sont ferrallitiques, fortement à moyennement désaturés, de couleur jaune, avec deux faciès : l'un hydromorphe, largement majoritaire, et l'autre induré (présence d'une carapace à partir de 0,70 m de profondeur) où l'expérimentation a été conduite. Les études réalisées par la Sogetha [10] et l'Irat [11-14] montrent que ces sols présentent une bonne aptitude agricole, avec des engorgements saisonniers en bas de pente liés aux crues de la rivière du Lokpoho en hivernage (août-septembre).

C.B. Péné : CNRA, Station de recherche de Ferké/Programme canne à sucre, BP 121 Ferké, Côte d'Ivoire.

<Kgo.cnra@aviso.ci>

D.A. Assa : UFR Sciences de la terre et des ressources minières, Université d'Abidjan-Cocody, BP V 34 Abidjan, Côte d'Ivoire.

B.G. Déa : CNRA, Direction régionale de Korhogo/Coordination scientifique, BP 856 Korhogo, Côte d'Ivoire.

Tirés à part : C.B. Péné

Thème : Agronomie phytotechnie.

### Matériel et méthode

#### Caractéristiques du site

L'étude a été conduite à la station expérimentale sur la canne à sucre, à une

## Matériel végétal

Trois variétés commerciales cultivées en fin de campagne (cycle de février-mars) ont été testées : Co 957 et Co 997, d'origine indienne, et R 570 d'origine réunionnaise. La plantation a été effectuée le 05/04/1996 et les récoltes, les 15/03/1997 (en vierge) et 04/03/1998 (en première repousse). En Côte d'Ivoire, Co 957 ne fleurit pratiquement pas, tandis que Co 997 fleurit abondamment. Co 957 est particulièrement tolérante à la maladie du charbon (*Ustilago scitaminea*) et est utilisée comme témoin dans les tests de sensibilité à cette maladie. Quant à R 570, elle présente une aptitude plutôt moyenne à la floraison.

## Systèmes d'irrigation pratiqués

L'irrigation différenciée a été conduite à la raie dans les interlignes de canne. L'eau, pompée en rivière, est canalisée sous très faible pression (0,5 bar) à travers des rampes fixes (diamètre : 3 pouces) placées en dérivation par rapport au réseau d'irrigation par aspersion de la station expérimentale. L'alimentation des raies a été assurée par des raccords flexibles. Une vannette et un compteur volumétrique ont permis de maîtriser l'apport sur chaque microparcelle. Afin d'assurer une répartition homogène de l'eau dans les raies, les lignes de canne ont été orientées perpendiculairement à la pente du parcelaire. Pendant les périodes d'irrigation uniforme sur 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. L'arrosage de l'essai à l'aspersion seule aurait nécessité des superficies bien plus importantes (324 m<sup>2</sup> au lieu de 90 m<sup>2</sup> par microparcelle) pour tenir compte des cloisons ou gardes (de 324 m<sup>2</sup> au lieu de 18 m<sup>2</sup>) entre les sous-blocs de parcelles recevant des doses différentes. La période d'irrigation différenciée correspondant à un cycle cultural donné a été alternée avec l'irrigation homogène au cycle suivant pour minimiser les effets cumulés du stress hydrique sur une même phase phénologique d'un cycle à un autre et traiter deux thèmes d'étude dans un même essai. Rationner la canne juste avant maturation en vierge aura un effet peu marqué sur la première repousse,

contrairement au rationnement au stade tallage-grande croissance.

## Bilan hydrique du sol *in situ*

Le bilan de l'eau du sol a été mesuré *in situ* suivant la méthode tensio-neutronique (encadrés 1 et 2) qui consiste à mesurer le stock hydrique du sol à l'aide de l'humidimètre à neutrons associé à un couple de tensiomètres mesurant les flux hydriques (drainage profond ou éventuelle remontée de la nappe phréatique) au niveau du front racinaire. La mesure du bilan hydrique détermine l'évapotranspiration réelle de la culture pour les

différents traitements de l'essai et ce pour chaque cycle cultural, de façon à évaluer l'efficacité d'utilisation de l'eau. Dans sa forme simplifiée, l'équation du bilan hydrique du sol s'exprime comme suit :

$$P + I - (ETR + D + R) = \Delta S$$

où les différents termes de l'équation sont exprimés en mm (encadré 3).

## Efficiences agronomiques de l'irrigation

Deux définitions de l'efficacité agronomique de l'irrigation seront retenues

Encadré 1

### Mesure *in situ* du bilan hydrique

Deux microparcelles par traitement ont été équipées chacune d'un tube d'accès neutronique en aluminium implanté à 1,20 m de profondeur dans le sol. Ce qui fait un total de 24 microparcelles équipées pour les 12 traitements répartis sur 2 blocs (ou répétitions). Chaque site de mesure neutronique, localisé dans l'interligne à proximité immédiate d'une ligne de canne au centre de la microparcelle, comportait deux tensiomètres installés de part et d'autre de la cote de drainage (à 0,80 et 1,00 m de profondeur) afin de permettre le calcul des gradients hydrauliques. Les relevés neutroniques ont été effectués tous les 0,15 m, la première mesure étant assurée à 0,15 m de profondeur. Tout au long de chaque cycle cultural, les observations neutroniques et tensiométriques ont été réalisées trois ou quatre fois par semaine suivant les pluies enregistrées et les irrigations apportées. En effet, en l'absence de pluie, trois séries de mesures ont été effectuées par semaine, dont deux avant et après chaque irrigation. En cas de pluie à une date donnée, une série de relevés a été effectuée le lendemain. Les calculs de bilans hydriques ont été réalisés à l'aide du programme Probe (Programme de bilan de l'eau [15]).

L'expression de l'humidité volumique du sol (Hv) en fonction du rapport de comptage neutronique (R) a nécessité l'étalonnage de l'humidimètre par horizon suivant la méthode gravimétrique :

$$Hv = b \cdot R + a$$

où

$$R = N/Ns$$

avec N et Ns correspondant aux comptages, respectivement, dans le sol à une profondeur donnée et dans le blindage de la sonde qui comporte un milieu standard de référence ;

b et a : pente et ordonnée à l'origine, respectivement, dont les valeurs varient en fonction de la composition chimique du sol et de sa densité apparente.

L'ouverture d'une fosse pédologique au terme de la phase de grande croissance de la culture, afin de mesurer la densité apparente du sol dans les principaux horizons, a permis de constater que le front racinaire ne dépassait guère 0,80 m de profondeur. Cela s'explique par la présence d'un horizon induré (carapace) à partir de 0,70 m.

### *In situ* measurement of the hydric balance

Encadré 2

### Caractérisation hydrodynamique du sol

Un test de drainage interne a été réalisé [16, 17] afin de déterminer la relation  $K(\theta)$  entre la conductivité hydraulique et la teneur en eau volumique du sol :

$$K(\theta) = K_0 \exp[\beta(\theta - \theta_0)]$$

où  $\beta$  est une constante,  $K_0$  et  $\theta_0$  des valeurs de conductivité hydraulique et de teneur en eau, respectivement, correspondant au régime permanent d'infiltration. La représentation de la fonction  $K(\theta)$  dans un graphique semi-logarithmique permet de déterminer  $\beta$  et  $K_0$  comme étant la pente et l'ordonnée à l'origine, respectivement (figure 1). Pour les profondeurs 0,5, 1,0 et 1,5 m, ces paramètres sont tels que :

$$K_0 = 1,48 \cdot 10^{-21}, \beta = 184,8$$

(avec  $r^2 = 0,86$  et  $\theta_0$  négligeable devant  $\theta$ ). La relation  $K(\theta)$  permet ainsi de déterminer les flux hydriques à la cote de drainage  $z_D = 0,90$  m.

#### Hydrodynamic characterization of the soil

dans cette étude [18-20] : l'efficacité d'application de l'eau d'irrigation (EAI) et l'efficacité d'utilisation de l'eau d'irrigation (EUI) qui se distinguent 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  $m^3$  d'eau) est définie comme étant le quotient du gain de rendement (en canne ou sucre extractible) par rapport aux conditions pluviales sur l'eau d'irrigation apportée dont l'efficacité d'utilisation est supérieure ou égale à l'efficacité d'application qui reflète les caractéristiques techniques du système d'irrigation. En revanche, l'efficacité d'utilisation de l'irrigation traduit la capacité de la cul-

Encadré 3

### Les termes du bilan hydrique

P : pluie enregistrée dans le parc météorologique de la station expérimentale.

I : irrigation mesurée, dans le cas du système d'irrigation à la raie, à l'aide d'un compteur volumétrique : la dose d'arrosage étant le rapport du volume d'eau reçu par la microparcelle à la surface de celle-ci (dose = volume/surface). Dans le cas de l'irrigation par aspersion, la dose d'arrosage est le produit de la densité d'aspersion (7 mm/h en moyenne) par la durée d'apport.

ETR : évapotranspiration réelle de la culture, calculée par différence.

R : ruissellement de surface sous culture, supposé négligeable compte tenu du travail du sol et de l'orientation perpendiculaire des lignes de canne par rapport à la ligne de plus grande pente de la parcelle.

D : drainage (percolation profonde) calculé, selon la loi de Darcy, à partir des relevés neutroniques et tensiométriques effectués au voisinage de la cote de drainage  $z_D = 0,90$  m située sous le front racinaire.

$\Delta S$  : variation du stock hydrique du sol entre deux dates de relevés neutroniques.

#### Hydric balance terms

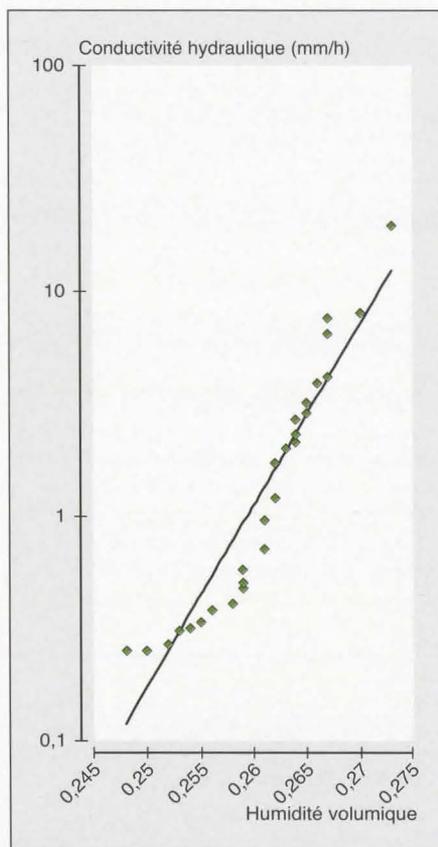


Figure 1. Conductivité hydraulique en fonction de la teneur en eau du sol pour les profondeurs 0,50, 1,0 et 1,5 m.

Figure 1. Hydraulic conductivity as a function of soil water content for 0.5, 1.0 and 1.5 m depth.

ture 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 (encadré 4).

### Dispositif expérimental

La parcelle d'essai a été disposée en un *split-plot* à 12 traitements avec 2 facteurs et 4 répétitions. Le facteur principal est l'irrigation avec 4 doses hebdomadaires apportées à un stade phénologique donné (prématuration en vierge, et tallage-grande croissance en première repousse). Les arrosages sont définis comme suit :

- 1 : dose normale pour satisfaire les besoins hydriques de la culture ;
- 3/4 : trois quarts de dose ;
- 1/2 : demi-dose ;
- 0 : pas d'arrosage au cours de la phase étudiée (régime semi-pluvial).

Le facteur secondaire est la variété, choisie en fonction de son aptitude à fleurir (ou *flécher* dans le jargon cannier) : V1 = Co 957 (fléchage nul) ; V2 = R 570 (fléchage moyen) ; V3 = Co 997 (fléchage fort).

L'irrigation (I) est apportée à une fréquence hebdomadaire suivant un bilan hydrique climatique établi, pour la dose normale (100 %), comme suit :

$$I = Kc \cdot Ev \text{ Bac} - P$$

## Calcul des efficacités agronomiques de l'irrigation

L'efficacité d'application

$$EAI = (Y_i - Y_0)/(I_i - I_0)$$

et l'efficacité d'utilisation

$$EUI = (Y_i - Y_0)/(ETR_i - ETR_0)$$

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 pluvial  $I_0$  ;

$ETR_0$  : ETR du 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 pluvial  $I_0$ .

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

### Calculation of irrigation agronomic efficiency

où  $K_c$  : 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 (1 mois et demi) et grande croissance-prématuration (8 mois et demi) ;  $E_v$  Bac : évaporation du bac classe A ;  $P$  : pluviométrie enregistrée. Les traitements sont récapitulés dans le *tableau 1*. Le précédent cultural était un

essai d'irrigation conduit avec la variété Co 449 (cultivée en début de campagne).

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 a comporté 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 m<sup>2</sup> dont 72 m<sup>2</sup> 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 cannes, soit 3 m de garde. La superficie totale de l'essai était d'environ 6 900 m<sup>2</sup> dont 3 456 m<sup>2</sup> utiles. L'analyse de la variance a porté sur les paramètres suivants : le taux de floraison, la longueur des tiges usinables de canne à la récolte, les qualités technologiques de la canne, en l'occurrence les teneurs en saccharose et en sucre extractible, et les rendements en canne et en sucre extractible à la récolte.

## Résultats

### Longueur des tiges usinables à la récolte

- En canne vierge : des différences hautement significatives existent entre les longueurs de tiges à la récolte. En considérant le facteur irrigation, il apparaît que la longueur moyenne des cannes du traitement pluvial partiel 0 est significativement inférieure ( $P < 5\%$ ) à celle des traitements irrigués 1, 3/4 et 1/2 pour lesquels les longueurs ne sont pas significativement différentes ( $P > 5\%$ ). La longueur moyenne des cannes relative à la variété V3 (Co 997), caractérisée par un taux de fléchage élevé, est significativement inférieure ( $P < 5\%$ ) à celle des cannes des variétés V1 et V2 qui ont des taux de fléchage respectivement nul et moyen. Quant à l'effet d'interaction irrigation x variété, il n'est pas significatif.

- En première repousse : des différences hautement significatives, liées aussi bien à l'irrigation qu'à la variété, ont été également observées entre les longueurs moyennes des tiges usinables à la récolte ; l'interaction irrigation x variété n'est pas significative ( $P > 5\%$ ).

La longueur moyenne des cannes relative au traitement pluvial partiel 0 est significativement inférieure à celle des autres traitements. Les tiges de canne issues de la variété V2 sont significativement plus longues que celles des variétés V1 et V3.

Tableau 1

### Traitements de l'essai conduit en vierge et 1<sup>re</sup> repousse à Ferké Station

Doses irrigation	Variétés de canne à sucre		
	V1	V2	V3
1	1 V1	1 V2	1 V3
3/4	3/4 V1	3/4 V2	3/4 V3
1/2	1/2 V1	1/2 V2	1/2 V3
0	0 V1	0 V2	0 V3

Different treatments regarding virgin and first ratoon crops at Ferké experimental station. V1 = Co 957, V2 = R 570 and V3 = Co 997

## Taux de fléchage moyen en première repousse

L'effet de l'irrigation sur le taux de fléchage moyen des cannes n'est pas significatif ( $P > 5\%$ ). En revanche, l'effet variétal est hautement significatif ( $P < 1\%$ ), avec des taux de fléchage moyens égaux à 0, 60 et 100 %, respectivement, pour les variétés V1, V2 et V3. L'effet d'interaction irrigation  $\times$  variété sur le taux de fléchage est significatif ( $P < 5\%$ ), ce qui traduit l'influence de l'apport d'eau dans le processus de floraison. Cette interaction est apparue au sein de la variété V2, où l'absence d'irrigation après-coupe en phase de grande croissance provoque une réduction significative du taux de fléchage ( $P < 5\%$ ), de 64 % (pour les traitements irrigués) à 40 %. L'interaction est nulle pour les variétés V1 et V3.

## Rendements et qualités technologiques de la canne à sucre

### En canne vierge, campagne 1996-1997 (tableau 2)

Des différences hautement significatives ( $P < 1\%$ ), dues tant à l'irrigation qu'au matériel végétal, s'observent entre les rendements en canne et en sucre extractible. Les réductions de rendements en canne dues à l'aptitude à la floraison atteignent 21 et 28 %, respectivement, pour les variétés V2 et V3 (par rapport à V1) tandis que, pour les rendements en sucre extractible, les réductions sont, respectivement, de 10,5 et 30 %. Les réductions de rendements en canne, liées au rationnement hydrique, égalent

9 et 27 %, respectivement, pour les traitements 1/2 et 0 ; les rendements sont les mêmes pour les traitements 1 et 3/4, ce qui suggère l'intérêt de pratiquer un rationnement modéré de l'irrigation. La réduction des rendements en sucre extractible, liée au rationnement hydrique, est de 21 % pour les traitements pluviaux partiels 0. Quant aux autres traitements 1, 1/2 et 3/4, ces rendements sont pratiquement égaux entre eux, ce qui confirme l'intérêt de pratiquer un rationnement de l'irrigation durant la phase de prématuration. Des différences significatives ( $P < 5\%$ ) s'observent entre les rendements en canne du fait de l'interaction irrigation-variété, ce qui montre l'effet dépressif du rationnement hydrique dans l'expression du potentiel variétal en termes de rendement canne. L'absence d'irrigation d'avant-coupe est d'autant plus dommageable sur la performance que la variété est plus apte à fleurir. Dans ce cas, la réduction du rendement en canne par rapport à la variété V1 irriguée à la dose normale 1 (143,8 t de canne/ha) est de 39 % pour V2 et 52 % pour V3. Concernant les rendements sucre extractible, l'interaction n'est pas significative ( $P > 5\%$ ).

Au niveau des qualités technologiques de la canne, on note suivant les traitements :

- des différences hautement significatives entre les richesses en sucre (Pol % C), liées à la fois à l'irrigation, à la variété et à l'interaction irrigation  $\times$  variété ;
- des différences hautement significatives entre les puretés (Pté % C), dues à la variété et à l'interaction irrigation  $\times$  variété, l'effet de l'irrigation n'étant pas significatif ;
- l'absence de différence significative ( $P > 5\%$ ) entre les teneurs des cannes en

fibres pour chacun des facteurs étudiés et pour l'interaction entre ceux-ci ;

- des différences hautement significatives entre les teneurs en sucre extractible (SE % C), dues au matériel végétal et à l'interaction irrigation  $\times$  variété, l'effet de l'irrigation seule étant significatif au seuil de 5 %.

### En première repousse, campagne 1997-1998 (tableau 3)

On observe :

- des différences hautement significatives entre les rendements en canne (en TC/ha), liées tant à l'irrigation qu'à la variété, l'interaction irrigation  $\times$  variété n'étant pas significative ( $P > 5\%$ ) ;
- des différences significatives entre les rendements en sucre extractible (en TSE/ha), dues à l'irrigation ( $P < 5\%$ ) et à la variété ( $P < 1\%$ ), l'interaction irrigation  $\times$  variétés n'étant pas significative ( $P > 5\%$ ).

Les rendements pour V1 atteignent 109,9 tonnes canne/ha (ou 11,3 tonnes sucre extr./ha), comparées à 75,9 tonnes canne/ha (ou 7,2 tonnes sucre extr./ha) pour V3. Les réductions de rendements en canne et en sucre extractible enregistrées sur V3 sont égales à 31 et 36 % de V1, respectivement. Pour la variété V2, la réduction des rendements est de 10 %. Il apparaît que le rendement en canne ou en sucre extractible est d'autant plus faible que le taux de fléchage est élevé. La réduction des rendements en canne liée au rationnement hydrique n'est significative que pour les traitements 1/2 et 0, avec environ 10 et 23 %, respectivement. La réduction des rendements en sucre extractible est de 15,5 % pour le traitement semi-pluvial 0.

En ce qui concerne les qualités technologiques de la canne, on note :

Tableau 2

### Récapitulation des résultats de l'analyse de variance (canne vierge) (1996-1997)

Critères statistiques	Rendements			Qualités technologiques			Long. tig.
	TC/ha	TSE/ha	Pol % C	Pté % C	Fbr % C	SE % C	
Effet irrigation	**	**	**	ns	ns	*	**
Effet variétal	**	**	**	**	ns	**	**
Interactions	*	ns	**	**	ns	**	ns
CV <sub>irrigation</sub> (%)	7,3	9,2	3,9	1,9	8,5	5,6	3,6
CV <sub>variété</sub> (%)	5,3	9,7	5,1	2,0	7,2	6,6	4,5

CV : coefficient de variation ; \*\* : différence hautement significative entre les moyennes (au seuil de 1 %) ; \* : différence significative entre les moyennes ; ns : pas de différence significative entre les moyennes (au seuil de 5 %) ; Long. tig. : longueur des tiges usinables à la récolte ; Pol : teneur en sucre.

### Recapitulation of virgin crop (1996-1997) variance analysis results

**Tableau 3**

**Récapitulatif des résultats de l'analyse de variance relatifs à la 1<sup>re</sup> repousse (1997-1998)**

Critères statistiques	Rendements		Qualités technologiques				Autres composantes	
	TC/ha	TSE/ha	Pol % C	Pté % C	Fbr % C	SE % C	Long. tig.	Fléch %
Effet irrigation	**	*	ns	ns	ns	ns	**	ns
Effet variétal	**	**	**	*	ns	**	**	**
Interactions	ns	ns	**	**	ns	**	ns	*
CV <sub>irrigation</sub> (%)	8,6	12,4	5,0	2,8	6,3	7,3	12,6	17,5
CV <sub>variété</sub> (%)	5,8	8,9	4,3	2,3	6,0	6,3	8,4	17,0

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 %) ; Long. tig. : longueur des tiges usinables à la récolte.

**Recapitulation of ratoon crop (1997-1998) variance analysis results**

- l'absence de différence significative, due à l'irrigation seule, pour chacune des qualités technologiques. Pour la teneur des cannes en fibre, l'effet variétal, d'une part, et l'interaction irrigation x variété, d'autre part, ne sont pas significatifs ;
- des différences hautement significatives (P < 1 %) entre les richesses des cannes en sucre (Pol % C) ou en sucre extractible (SE % C), dues à la variété et à l'interaction irrigation x variété ;
- des différences significatives entre les puretés, liées à la variété (P < 5 %) et à l'interaction irrigation x variété (P < 1 %).

**Bilan hydrique in situ**

Le bilan hydrique montre que les irrigations apportées durant la période de rationnement hydrique sont plus abondantes en vierge qu'en première repousse (les traitements 1, 3/4 et 1/2 totalisant, respectivement, pendant cette période, 656, 492 et 328 mm en vierge contre 118, 88 et 59 mm en première repousse), car la période de rationnement hydrique diffère non seulement par la durée mais aussi par l'importance des besoins en eau de la culture. Elle était plus longue en vierge (3 mois et 1/2), sur une culture de canne âgée de 8 mois en phase de prématuration (indice foliaire maximum), qu'en première repousse (2 mois) sur une jeune culture en phase de tallage-grande croissance (indice foliaire faible à moyenne). À noter qu'en première repousse, la période de rationnement hydrique a été plutôt brève en raison de l'arrêt de la campagne d'irrigation lié à l'abondance des pluies enregistrées en juin (230 mm). Inversement, l'irrigation non différenciée dont la dose cumulée correspond au pluvial 0 est plus

élevée (566 mm) en première repousse (phase de prématuration) qu'en vierge (phase tallage-grande croissance), avec 162 mm.

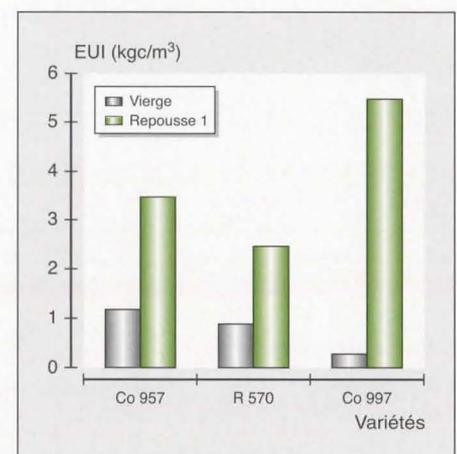
**Efficience de l'eau d'irrigation et de l'eau totale (pluie et irrigation)**

**Efficience d'utilisation de l'eau d'irrigation (EUI)**

Pour la canne vierge, les efficacités moyennes déterminées pour les variétés V1, V2 et V3 sont égales, respectivement, à 10,6, 5,5 et 9,6 kg de cannes/m<sup>3</sup> (ou 1,2, 0,9 et 0,3 kg de sucre extr./m<sup>3</sup>) ; pour la première repousse, elles atteignent respectivement 69,8, 62,8 et 49,9 kg de cannes/m<sup>3</sup> (soit 3,5, 2,5 et 5,5 kg de sucre extr./m<sup>3</sup>). Les différences entre les deux cycles culturaux sont à mettre en liaison avec la phase phénologique étudiée. Il apparaît, en effet (figure 2), que la valorisation est bien plus élevée durant la phase de tallage-grande croissance (première repousse) qu'en prématuration (canne vierge). Un rationnement hydrique modéré s'avère nécessaire en prématuration (le traitement 3/4 étant la dose optimale soit 650 mm en cumul sur le cycle dont 490 mm). L'efficience moyenne relative à ce traitement, pour les trois variétés confondues, est égale à 8,9 kg de cannes/m<sup>3</sup> ou encore 0,8 kg de sucre extr./m<sup>3</sup>. En revanche, l'irrigation à la dose normale doit être de mise en phase de tallage-grande croissance avec une efficience moyenne de 66,7 kg de cannes/m<sup>3</sup> ou 4,3 kg de sucre extr./m<sup>3</sup>.

La valorisation de l'eau d'irrigation en

prématuration a été faible pour la variété V3 : 0,3 kg de sucre extr./m<sup>3</sup> en moyenne pour les doses d'arrosage 1, 3/4 et 1/2, contre 0,9 et 1,2 kg de sucre extr./m<sup>3</sup>, respectivement pour les variétés V2 et V1. L'irrigation en phase de tallage-grande croissance a été bien valorisée pour chacune des variétés, avec des valeurs d'efficience moyenne (relativement aux doses 1, 3/4 et 1/2) de 3,5, 2,5 et 5,5 kg de sucre extr./m<sup>3</sup>, respectivement, pour les variétés V1, V2 et V3. On peut noter, chez V3, la très nette différence de valorisation de l'eau d'irrigation entre les deux phases étudiées. Il est à préciser que le critère sucre extr./m<sup>3</sup> intègre à la fois le rendement en canne et les qualités technologiques de la canne à sucre.



**Figure 2.** Efficience d'utilisation de l'irrigation (EUI) suivant la variété et le stade phénologique de la canne.

**Figure 2.** Irrigation water use efficiency (EUI) according to cane variety and growth stage.

## Efficience d'utilisation de l'eau totale (pluie et irrigation)

D'une manière générale, les efficacités d'utilisation de l'eau obtenues sont supérieures en vierge qu'en première repousse (30 % en kg de cannes/m<sup>3</sup> ou 20 % en kg de sucre extr./m<sup>3</sup>), ce qui correspond à des rendements plus élevés en vierge qu'en première repousse, avec une eau totale consommée (ETR) de 950 mm contre 1 110 mm. La baisse des rendements entre vierge et première repousse (passant de 107 à 95 t de cannes/ha ou de 10,7 à 9,6 t de sucre extr./ha) est due à l'âge de la culture. Car les rendements moyens des variétés correspondant aux traitements irrigués à la dose complète 1 passent de 118,1 à 104,7 t de cannes/ha (ou de 11,2 à 10,3 t de sucre extr./ha), respectivement, de la vierge à la première repousse, malgré une amélioration de la pluviométrie sur le cycle cultural (1 090 contre 1 250 mm), et en particulier sur la période critique avec 430 contre 560 mm (figures 3 et 4).

## Discussion

### Représentativité des mesures de bilan hydrique par la méthode tensio-neutronique

L'utilisation de la sonde à neutrons pour mesurer le bilan hydrique à la parcelle pose traditionnellement le problème de la représentativité de ces mesures, eu égard à l'hétérogénéité du sol. Selon le degré de précision recherché, un certain nombre de questions relatives au problème d'échantillonnage se posent chaque fois que l'on envisage de généraliser à une surface les valeurs observées en des points déterminés qui, en l'occurrence, proviennent de la mesure de volumes de sol relativement faibles (quelques dm<sup>3</sup> par point) [21]. Afin d'améliorer la fiabilité des

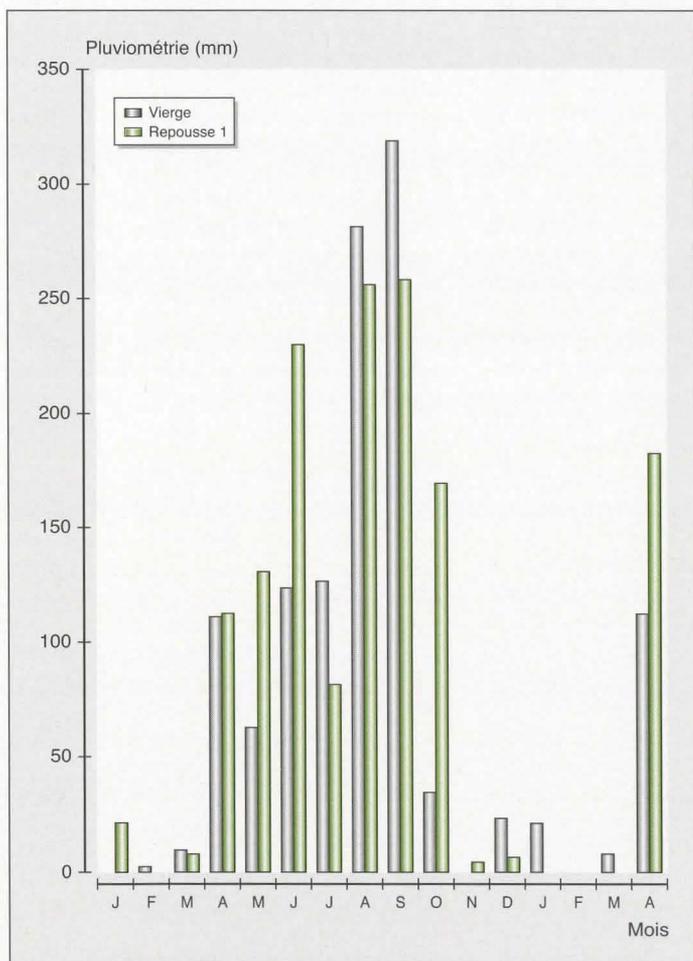
résultats du bilan hydrique tout en réduisant le temps de travail nécessaire pour effectuer les relevés de profils hydriques au cours de la journée, on a suggéré :

- d'accroître le nombre de sites de mesures (en termes de tubes d'accès neutronique) pour représenter un échantillon moyen ;
- de réduire le temps de comptage neutronique au niveau de l'humidimètre en adoptant un pas de temps court (20 à 30 s) plutôt que le long (1 à 2 min).

Le problème consiste à évaluer l'aptitude des mesures ponctuelles, réalisées à l'aide de la sonde à neutrons, à caractériser le comportement d'une parcelle cultivée. Différents aspects sont à noter [22].

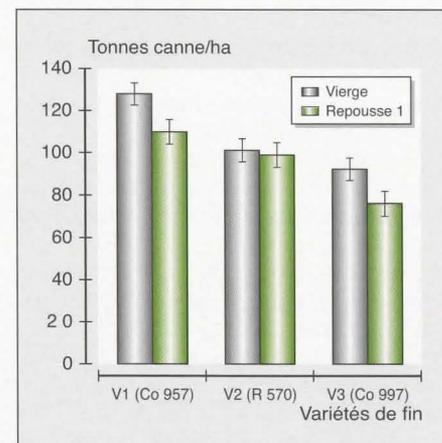
- Il existe une variabilité d'autant plus importante que l'on passe de la mesure de paramètres d'état (teneur en eau, potentiel hydrique, porosité, etc.), généralement décrits par une loi normale, à des paramètres de transfert, généralement décrits par une loi log-normale dont la détermination est souvent source d'imprécisions (coefficient de variation supérieur à 50 %). Dans ce dernier cas, l'application des méthodes statistiques classiques conduit à une centaine de répétitions pour obtenir une moyenne avec une précision égale à 10 %.

- Il existe très généralement une autocorrélation entre observations, de sorte qu'il est possible de réduire considérablement le nombre de répétitions, une partie de l'information contenue dans une mesure



**Figure 3.** Répartition des pluies mensuelles au cours du cycle cultural en canne vierge (1996-1997) et en 1<sup>re</sup> repousse (1997-1998), à Ferké Station. Phase de tallage-grande croissance : d'avril à octobre. Phase de prématuration : de novembre à février. Période de maturation (sevrage) : mars.

**Figure 3.** Rainfall patterns over crop cycle for both virgin (1996-1997) and first ratoon crops (1997-1998).



**Figure 4.** Rendements en canne des trois variétés cultivées en fin de campagne, obtenus en vierge ou en 1<sup>re</sup> repousse, à Ferké Station (respectivement en 1996-1997 et 1997-1998).

**Figure 4.** Cane yields of the three varieties grown over the late season, for virgin or first ratoon crops.

existant déjà dans une mesure corrélée. La mise en œuvre de ce concept implique un échantillonnage systématique et une analyse géostatistique, sous forme d'un corrélogramme ou d'un variogramme mettant en évidence les autocorrélations entre mesures [23, 24].

- Il s'agit d'appliquer la théorie de la similitude des milieux poreux pour montrer que la variabilité constatée dans les propriétés hydrodynamiques d'un sol peut être appréhendée par l'utilisation de facteurs d'échelle caractéristiques de chaque point de mesure. Cette théorie postule une relation entre les paramètres d'état et ceux de transfert dans un milieu donné.

Il découle quatre types de conséquences de ces considérations [25].

- *Liées à la méthode utilisée* : le choix d'un site de mesure caractérisant le stock hydrique moyen peut être admis comme étant représentatif du bilan hydrique à l'échelle de la parcelle. Cette sélection peut être réalisée par l'analyse de profils d'humidité à la tarière, ou selon d'autres critères (texture, masse volumique apparente, profondeur de la nappe, etc.) à condition que leurs influences sur le bilan hydrique (ou l'humidité) du sol soient formellement établies. Ceci concerne l'utilisation d'un humidimètre à neutrons lorsque le milieu est relativement homogène. Lorsque la variabilité du sol est importante ou lors d'un suivi hydrique à la tarière, quelques répétitions sont nécessaires pour améliorer la représentativité des résultats et le choix des emplacements devra tendre à réduire les autocorrélations entre eux : distance maximale, en privilégiant l'axe du gradient dans un milieu anisotrope.

- *Liées à la nature de l'expérimentation* : en effet, le problème est très différent selon que l'on étudie l'influence de divers facteurs ou traitements (travail du sol, fumure, variétés, etc.) sur le bilan hydrique dans le cadre d'une expérimentation agronomique ou que l'on souhaite simplement caractériser le bilan hydrique du sol pour une situation donnée (généralement une culture dans son environnement pédoclimatique). Dans le premier cas, c'est la signification même de l'essai qui est en jeu à travers la représentativité des sites d'étude et la précision des résultats. Le nombre de sites de mesure doit être fixé non seulement en fonction du sol et des incertitudes dues à la méthode, mais aussi en fonction des différences attendues entre

traitements et du degré de précision souhaité. Il peut être préférable de caractériser l'influence du traitement sur un facteur intermédiaire dont on connaît l'effet sur le bilan hydrique et que l'on peut quantifier par modélisation. Dans le second cas, une précision parfaite dans l'estimation du bilan hydrique n'est pas indispensable et il peut être préférable de privilégier la fréquence des observations à la multiplication des parcelles d'étude.

- *Liées à l'objet de l'expérimentation* : la variabilité plus élevée des paramètres de transfert impose des précautions accrues si leur mesure joue un rôle primordial dans l'expérimentation. Par ordre d'importance croissante, on peut citer :

- le suivi hydrique à l'humidimètre à neutrons ou à la tarière ;

- l'étude du bilan hydrique nécessitant une estimation de la percolation profonde (méthode tensionneutronique) ;

- la mesure des flux pour l'étude des phénomènes de transfert ou en liaison avec l'étude du bilan minéral.

- *Liées à la plante* : tous les termes du bilan hydrique sont influencés par l'hétérogénéité de l'infiltration (due à l'interception d'une partie de la pluviométrie par le feuillage et son écoulement préférentiel le long de la tige) et par l'hétérogénéité de l'extraction racinaire. Si la maille d'hétérogénéité est supérieure à l'échelle de mesure, un problème de représentativité se pose. C'est le cas pour les cultures plantées en lignes continues espacées (canne à sucre) ou en lignes discontinues espacées (vergers, couverts forestiers, grandes cultures industrielles, etc.). La solution consiste à caractériser l'humidité du sol dans différentes conditions (sèches, humides) le long de transects, afin de déterminer un emplacement représentatif (stock hydrique médian) pour le site d'étude ou à changer d'échelle de mesure. Dans ce dernier cas, un certain nombre de méthodes sont en cours d'élaboration : mesure du flux de sève par bilan de chaleur [26, 27] et variations du diamètre des tiges liées au déficit hydrique.

Nos mesures de profils hydriques correspondant à chaque traitement ont été effectuées avec deux répétitions (sur les quatre que comporte l'expérimentation) en adoptant le pas de temps de comptage long (toutes les 30 s), compromis entre nos contraintes de main-d'œuvre pour le suivi des expérimentations (profils hydriques, arrosage différencié à la

raie, observations phénologiques) et la fiabilité des résultats de bilan hydrique.

Les sites de mesures tensio-neutroniques ont été implantés dans les interlignes, à proximité immédiate des lignes de canne. Ce dispositif ne mesure qu'en partie les flux hydriques préférentiels sous les raies en irrigation gravitaire, notamment pour les doses d'arrosage relativement élevées (dose complète et dose trois quarts). Toutefois, les différences de rendements et d'efficacité d'utilisation de l'eau assez marquées que l'on observe dans cette étude militent pour le caractère plausible des consommations en eau (ETR) déterminées par bilan hydrique suivant les différents traitements.

## Rationnement hydrique et floraison

Pour la variété V2, le stress hydrique appliqué au stade de prématuration réduit le taux de fléchage. Il est reconnu que l'application d'un rationnement hydrique modéré prévient la floraison dans les parcelles industrielles de canne à sucre [28-30]. L'irrigation accélère la floraison de la canne à sucre en Inde [31], tandis que le faible potentiel hydrique du sol régule la floraison au Natal (Afrique du Sud) [32]. À Los Mochis et au Mexique, l'interruption de l'irrigation du 10 août au 20 septembre prévient la floraison [33].

Dans notre étude, le stress hydrique n'a pas eu d'incidence appréciable sur le taux de fléchage des variétés V1 et V3 même s'il pourrait avoir retardé la floraison de V2 et V3.

Les rendements en canne et en sucre extractible des variétés testées sont d'autant plus faibles qu'elles sont plus aptes à fleurir. Hormis la pureté du jus, les valeurs les plus faibles quant aux qualités technologiques de la canne ont été obtenues en première repousse pour la variété V3 ayant fleuri intensément. L'observation empirique des planteurs selon laquelle la floraison exerce un effet dépressif sur le rendement et la qualité de la canne est ainsi confortée [34], ce qui est confirmé sur les cannes à cycle biennuel [35], avec une chute de rendement de 20-25 %. Il a été rapporté que, 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 [36].

On peut inhiber la floraison par interruption de la période nyctémérale, grâce à l'éclaircissement [37], la défoliation [38], l'arrêt de l'irrigation et par épandage de produits chimiques [33].

Les contraintes d'exploitation aidant (arrêt de la sucrerie pour cause de panne, problème de transport des cannes à l'usine, etc.), il est courant que le planning initial de récolte des parcelles ne soit pas respecté et que les délais de sevrage de certaines parcelles soient largement dépassés. En fait, le sevrage, qui dure au maximum un mois, est une technique culturale permettant de parachever la maturation des cannes (accumulation de saccharose), par arrêt de l'irrigation [39]. D'où l'idée de faire coïncider la campagne de récolte avec la saison sèche afin de mieux maîtriser la maturation des cannes en l'absence des pluies, grâce au contrôle de l'alimentation hydrique par l'irrigation.

Pour éviter la surmaturation des cannes à récolter (dessèchement avancé avec perte de richesse en sucre), on procède souvent

à des irrigations si les premières pluies de février-mars sont retardées. En réalité, cela est dommageable pour la qualité de la canne : en effet, les conditions hydriques favorables du sol entraînent plutôt une diminution importante de la richesse en sucre (par inversion du saccharose) car la culture tend à mobiliser ses réserves lors de la croissance des rejets aériens ou souterrains [40].

Dans les périmètres sucriers ivoiriens, la plupart des parcelles sont cultivées en milieu et fin de campagne avec des variétés qui fleurissent, ce qui explique leurs rendements inférieurs à ceux des parcelles cultivées en début de campagne, soit, respectivement, 65 à 70 t contre 90 à 100 t de cannes/ha [3].

La sélection variétale de la canne à sucre en Côte d'Ivoire, fondée jusque-là sur le rendement en sucre extractible et la tolérance aux maladies, a proposé quelques variétés dites « plastiques » car cultivées aussi bien en début qu'en fin ou milieu de campagne, notamment Co 449, R 750 et plus récemment Co 997. Ces

variétés, qui présentent chacune un taux de fléchage assez fort à très fort, sont nécessairement exigeantes en eau en phase de prématuration lorsqu'elles sont cultivées en milieu ou en fin de campagne. Mais, compte tenu des contraintes d'exploitation, elles bénéficient rarement d'une irrigation soutenue à cette phase, ce qui les expose à des chutes importantes de rendements et de richesse en sucre par surmaturation. Le cas de la variété Co 449 qui a, des années durant, servi de témoin dans les essais variétaux est le plus édifiant. Elle occupait, il y a quelques années, une superficie considérable dans les complexes sucriers de Ferké 1 et 2, mais elle a connu des chutes sévères de rendements dues à l'insuffisance de l'irrigation avant-coupe. Pour cette raison, on assiste dans ces périmètres à l'abandon de Co 449 qui, en culture pluviale (chez les paysans), a été remplacée par la variété R 570, ces deux variétés ayant un taux de fléchage pratiquement similaire. En culture pluviale, il est impératif de caler le cycle en début de campagne (et non en milieu ou fin) pour éviter de limiter la production.

## Summary

### Interaction between irrigation water and sugarcane genotypes under water deficit conditions

C.B. Péné, D.A. Assa, B.G. Déa

*A field experiment on interactions involving irrigation water and three sugarcane genotypes was carried out over a two year period, as virgin and first ratoon crops, at the CNRA Research Station of Ferkessedougou (northern Ivory Coast). A split plot design was used with irrigation water applied over a particular growth stage as main factor and crop variety as sub-factor (Table 1). Crop water uptake was estimated through soil water balance evaluation based on neutron probe and tensiometer measurements (Figure 1).*

*Irrigation water x cane genotype interactions, with reference to yield formation stage, were significant on cane yields and quality, fiber content excepted. In particular, cane yield decline was observed as the result of both water deficit and genotype blooming ability. As far as water deficit over the tillering-boom stage was concerned, the interaction effect was significant on cane quality (fiber content excepted) and crop blooming percentage. Preharvest irrigation withdrawal resulted in significant reduction in the blooming rate of R 570 genotype (from 64 down to 40%). Significant reduction in sugar and cane yields as well as of stalk length at harvest (from 9 up to 52%) was observed as results of both water deficit imposed at the preharvest stage or tillering-boom stage, and cane genotype blooming ability (Table 2 and 3, Figure 4). A moderate use of water deficit is suggested (25% reduction of irrigation water requirements), corresponding to about 500 mm as total irrigation water applied over the yield formation stage. Water use efficiency values regarding that optimum irrigation regime were lower, as crop blooming ability increased (Figure 2). The normal watering regime is rather beneficial at the tillering-boom stage.*

Cahiers Agricultures 2001 ; 10 : 243-53.

## Conclusion

### Rationnement hydrique en phase de prématuration (canne vierge)

Les interactions irrigation X variétés ont des effets significatifs sur les rendements en canne et les qualités technologiques des cannes, à l'exception du taux de fibre. En particulier, on observe une réduction des rendements en canne et en sucre extractible due à la fois au rationnement hydrique et à l'aptitude des variétés à fleurir.

La dose optimale cumulée d'irrigation correspond au traitement 3/4, soit une dose de 650 mm dont environ 500 mm ont été apportés en phase de prématuration. Les efficacités d'utilisation de l'eau d'irrigation relatives à cette dose optimale sont égales à 1,3, 0,9 et 0,3 kg de sucre extr./m<sup>3</sup>, respectivement pour les variétés V1, V2 et V3. La valorisation de l'eau d'irrigation au stade de prématuration est d'autant plus faible que la variété est plus apte à fleurir.

## Rationnement hydrique en phase de tallage-grande croissance (première repousse)

Les interactions irrigation x variétés ont des effets significatifs sur les qualités technologiques des cannes (sauf la teneur en fibre) et sur leur taux de floraison. En particulier, l'absence d'irrigation après-coupe de la canne vierge réduit à 40 % le taux de floraison de la variété R 570 (64 % pour les traitements irrigués). Le rationnement hydrique réduit de 10 à 36 % les rendements (canne et sucre extractible) et la longueur des tiges usinables à la récolte. C'est pourquoi la conduite de l'irrigation à la dose normale 1 doit être de mise au cours de la phase de tallage-grande croissance sur une canne de fin.

Concernant l'effet variétal, on observe une réduction des rendements en canne et en sucre extractible d'autant plus forte que la variété est plus apte à la floraison. Par ailleurs, la qualité des cannes (richesse en sucre, pureté, sucre extractible) est significativement inférieure pour V3 (à floraison maximale) à celle des deux autres variétés. L'efficacité moyenne d'utilisation de l'eau totale par V3 atteint 6,8 kg de cannes/m<sup>3</sup> (ou 0,6 kg de sucre extr./m<sup>3</sup>) contre 9,9 kg de cannes/m<sup>3</sup> (ou 1 kg de sucre extr./m<sup>3</sup>) et 8,9 kg de cannes/m<sup>3</sup> (ou 0,9 kg de sucre extr./m<sup>3</sup>), respectivement pour les variétés V1 et V2 ■

## Références

1. Péné CB, Chopart JL, Assa A. 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. *Sécheresse* 1997 ; 8 : 87-98.
2. Péné CB. *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'État ès Sciences naturelles, Hydraulique agricole, Université d'Abidjan-Cocody, UFR STRM. Abidjan : UAC-CNRA, 1999 ; 267 p.
3. Péné CB, Tuo K. Utilisation du diagnostic hydrique pour le pilotage optimal de l'irrigation de la canne à sucre en Côte d'Ivoire. *Sécheresse* 1996 ; 7 : 299-306.
4. Péné CB. Pluviométrie et gestion de l'irrigation comme déterminants des rendements canniers en Côte d'Ivoire. In : Martiné JF, ed. *Congrès ARTAS-AFCAS*, 12-18 octobre 1997, Saint-Denis de la Réunion. Sainte-Clotilde : ARTAS-AFCAS, 1997 : 394-413.

5. Péné CB. Diagnostic hydrique en culture cannière et gestion du risque climatique : cas de Ferké 2 et de Zuénoula, en Côte d'Ivoire. À paraître dans *Agriculture et Développement* 1999 ; n° 23 (spécial) sur « L'eau et la canne à sucre ».
6. Péné CB, Édi KG. Sugarcane yield response to deficit irrigation at two growth stages. *Agron Afr* 1995 ; 7 : 117-26.
7. Péné CB, Édi KG. Sugarcane yield response to deficit irrigation at two growth stages. In : Kirda C, Moutonnet P, Hera H, Nielsen DR eds. *Crop yield response to deficit irrigation*. Dordrecht/Boston/London : Kluwer Academic publishers, 1999 : 136-60.
8. Guillaumet JL, Adjanohoun E. La végétation. In : *Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire*. Mém. Orstom n° 50. Paris : Orstom, 1971 : 157-263.
9. Poilecot P, Bonfou K, Dosso H, et al. *Un écosystème de savane soudanienne : le parc National de la Comoé (Côte d'Ivoire)*. Gilly : Unesco, 1991 ; 346 p.
10. Jongen A, Donnay JR, Baudy P. *Étude pédologique dans la région de Ferkessédougou (Dossier canne à sucre)*. Ferkessédougou : Sogetha, 1967 ; 50 p.
11. Brouwers M, Jenny F. *Étude des caractéristiques hydrodynamiques des sols des blocs A-B-C-D : étude complémentaire à l'étude pédologique sur la région de Ferkessédougou*. Ferkessédougou : Irat, 1970 ; 36 p.
12. Cadillon M. *Étude pédologique du point d'essais canne à sucre de Fondonkaha (Ferkessédougou)*. Bouaké : Irat, 1971 ; 42 p.
13. Bach M. *Étude pédologique du point d'essais canne à sucre. Irat-Ferkessédougou*. Ferkessédougou : Irat, 1973 ; 18 p.
14. Langellier P. *Étude des sols du complexe sucrier de la Sodesucre à Ferkessédougou*. Ferkessédougou : Irat, 1976 ; 37 p.
15. Chopart JL, Siband P. *PROBE, programme de bilan de l'eau*. Mémoires et travaux de l'Irat n° 17. Paris : Cirad-Irat, 1988 ; 76 p.
16. Libardi PL, Reichardt K, Nielsen DR, Biggar JW. Simple field methods for estimating soil hydraulic conductivity. *Soil Sci Soc Am J* 1980 ; 44 : 3-7.
17. Vauclin M, Vachaud G. Caractérisation hydrodynamique des sols : analyse simplifiée des essais de drainage interne. *Agronomie* 1987 ; 7 : 647-55.
18. Bos MG. 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, 1985 : 899-910.
19. Décroix M. *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, 1986 ; 43 p.
20. Tanner CB, Sinclair TR. Efficient water use in crop production: research? In : Taylor HM, Jordan WR, Sinclair TR, eds. *Limitations to efficient water use in crop production*. Madison : Amer Soc of Agron 1983 : 1-27.
21. Peyremorte P, Philippeau G. Optimisation de l'échantillonnage pour déterminer les bilans hydriques sous culture au moyen de l'humidité à neutrons. In : *Proceedings of a Symposium on « Isotopes and radiation techniques in soil-plant relationships including forestry »*. December 13-17, 1971, Vienna, Austria. Vienna : IAEA, 1972 : 621-30.

22. Vachaud G. Bilan hydrique, par mesure dans le sol, à l'échelle d'une parcelle cultivée. In : *Sécheresse en zone intertropicale : quelles recherches pour le moyen terme ?* Dakar, Sénégal, 24-27 septembre 1984. Paris : Cirad-Cilf, 1984 : 20-5.
23. Nielsen DR, Biggar JW, Erh KT. Spatial variability of field measured soil water properties. *Hilgardia* 1973 ; 42 : 215-59.
24. Reichardt K, Libardi PL, Nielsen DR. Unsaturated hydraulic conductivity determination by a scaling technique. *Soil Science* 1975 ; 120 : 165-8.
25. Marlet S. *Les méthodes d'évaluation du bilan hydrique des sols cultivés : étude bibliographique*. Montpellier : Cirad-Irat, 1988 ; 106 p.
26. Sakuratani T. A heat balance method for measuring water flow in the stem of intact plant. *J Agric Meteorol* 1981 ; 37 : 9-17.
27. Cohen Y, Fuchs M, Falkenflug V, Moreshet S. Calibrated heat pulse method for determining water uptake in cotton. *Agron J* 1988 ; 80 : 398-402.
28. Clements HF. *Sugarcane crop logging and crop control*. London : Pitman Publishing Limited, 1980 ; 520 p.
29. Clements HF, Awada M. *The flowering of sugarcane*. Hawai : Hawaiian Acad Sci, 1962 ; 20 p.
30. Chu TL, Serapion JL. Flower initiation and tassel emergence in sugarcane. *J Agric Univ P R* 1971 ; 55 : 101-15.
31. Vijayaradhy N, Narasimham R. Control of flowering of sugarcane. In : *Sugarcane Conference Proceedings*. Bombay : ISSCT 1954 ; 8 : 371-401.
32. Brett PGC. Investigations on sugarcane breeding in Natal during 1949. In : *Sugarcane Conference Proceedings*. Natal : SASTA 1950 ; 24 : 99-105.
33. Humbert RP, Lima LG, Goveas J. Tassel control progress with Reglone in the Mexican sugar industry. In : *Sugarcane Conference Proceedings*. London : ISSCT 1969 ; 13 : 462-7.
34. Alexander AG. *Sugarcane physiology*. Agric Exp Sta, Univ of Puerto Rico. Amsterdam : Elsevier Sci Publ Comp, 1973 ; 752 p.
35. Clements HF, Awada M. Factors affecting the flowering of sugarcane. *Indian J Sugar Cane Res Dev* 1964 ; 8 : 140-59.
36. Martin-Leake H. The flowering of sugarcane. *Sugar J* 1946 ; 48 : 174-6.
37. Burr GO. The flowering of sugarcane. In : *Hawaiian Sugar Technologist Report*. Hawai : HSTA, 1950 : 47-9.
38. Panje RR, Raja Rao T, Srivastava KK. 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 1969 ; 13 : 468-75.
39. Humbert RP, Zamora M, Fraser TB. Ripening and maturity control progress at Ingenio Los Mochis. In : *Sugarcane Conference Proceedings*. Réduit : ISSCT 1967 ; 12 : 446-52.
40. Hartt CE. Effects of moisture supply upon translocation and storage of C-14 in sugarcane. *Plant Physiol* 1967 ; 42 : 338-46.

---

## Résumé

L'interaction entre l'eau d'irrigation et les rendements de trois variétés de canne à sucre a été étudiée sur deux années (vierge et 1<sup>re</sup> repousse) à la station de recherche CNRA de Ferkessedougou (Nord de la Côte d'Ivoire). Le dispositif expérimental adopté est un *split-plot* avec, pour facteur principal, l'eau d'irrigation appliquée à un stade phénologique donné de la culture, et, comme facteur secondaire, la variété. Les consommations en eau de la culture ont été mesurées par bilan hydrique du sol fondé sur des mesures tensio-neutroniques. Le rationnement hydrique en prématuration montre des effets d'interaction avec les rendements canne et les qualités technologiques, à l'exception du taux de fibre. On observe une réduction des rendements canne due à la fois au rationnement hydrique et à l'aptitude des variétés à fleurir. En phase de tallage-grande croissance, l'interaction est significative sur les qualités technologiques des cannes (sauf la teneur en fibre) et sur le taux de floraison du matériel végétal. L'absence d'irrigation après-coupe réduit le taux de floraison de la variété R 570 de 64 % (traitements irrigués) à 40 %. Le rationnement hydrique appliqué en prématuration ou en tallage-grande croissance, d'une part, et l'aptitude des variétés à la floraison, d'autre part, réduisent les rendements (canne et sucre extractible) et la longueur des tiges usinables à la récolte de 9 à 52 %. En prématuration, un rationnement hydrique modéré (de 25 % par rapport à la dose normale) peut être préconisé, soit une dose cumulée de l'ordre de 500 mm. Les efficacités d'utilisation de l'eau, relatives à cette dose optimale, sont d'autant plus faibles que la variété est plus apte à fleurir. En phase de tallage-grande croissance, par contre, la conduite de l'irrigation à la dose normale doit être préconisée.

---