

Simulation par le modèle «Mosicas_Ma» de scénarios pour améliorer l'Efficiences d'Utilisation de l'Eau d'Irrigation «EUEI» par la canne à sucre au Gharb, Maroc

Aabad^a M., J F Martiné^b, A. Falisse^c, A. Bouaziz^d et M. El-Messaoudi^a

^aCTCS/ORMVA du Gharb, Kénitra Maroc ^bCirad La Réunion

^cFac.Univ.Sciences Agronomiques, Gembloux, Belgique ^dIAV Hassan II Rabat

Résumé

En vue d'améliorer l'Efficiences d'Utilisation de l'Eau d'Irrigation «EUEI» par la canne à sucre dans les conditions du Gharb, 60 scénarios variés d'irrigation ont été simulés en utilisant le modèle «Mosicas_Ma», édition Maroc 2008. Ces scénarios virtuels, valables pour l'irrigation par aspersion comme en localisé "goutte à goutte", ont été planifiés pour des repousses de 12 mois de la variété calée CP70-321 en fonction des conditions pédo-climatiques de la région du Gharb et également des exigences techniques de la culture (emplacement du cycle, dose et fréquence des apports d'eau).

Les résultats des simulations montrent tout d'abord une diminution progressive de l'EUEI des différents scénarios en fonction de l'emplacement du cycle de récolte de janvier à juillet. Pour le régime d'irrigation témoin (100%ETM), des baisses importantes de rendement en cannes usinables ont été également enregistrées pour les cycles au-delà de mai (130 t.ha⁻¹ pour le cycle de mars contre 99 t.ha⁻¹ pour juillet). Par conséquent, les cycles tardifs (vers juillet) sont à déconseiller, en particulier dans les secteurs irrigués du Gharb, alors qu'en conditions pluviales ces cycles permettraient de mieux valoriser les eaux de précipitations que les autres cycles.

Ces réductions de rendement pourraient être liées, d'une part, au taux de satisfaction hydrique (ETR/ETM) de la culture (0.9 en janvier contre 0.6 pour juillet et au sol non couvert donc plus d'évaporation que de transpiration) et, d'autre part, surtout au fait que pour les cycles de début, la phase de grande croissance «boom stage» coïncide avec la période chaude (été) favorable à l'élaboration du maximum de rendement en tiges usinables, alors que pour les cycles très tardifs cette phase ne débute qu'en automne (plus frais).

Les doses d'irrigation ont été aussi affectées par la position du cycle. Elles sont estimées de 6.000 à 7.000 m³.ha⁻¹ pour les cycles situés entre janvier et mars et d'une quantité un peu plus faible pour le cycle de mai (5.000 à 6.000 m³.ha⁻¹). Les fréquences d'irrigation de 10 à 15 jours ont été plus efficaces pour améliorer l'EUEI de cette série de cycles, alors que des apports plus fréquents d'eau (5 à 10 jours) sous forme de petites doses ont réduit les «pertes apparentes» par drainage, mais permettraient d'augmenter l'évaporation avec pour résultante une réduction de EUEI.

Ainsi, en apportant des réponses rapides et peu coûteuses pour des situations complexes d'irrigation, l'utilisation du modèle «Mosicas_Ma» s'est révélée d'un intérêt particulier pour diversifier les résultats des expérimentations conventionnelles et aussi indiquer les voies d'une optimisation de l'EUEI par la canne à sucre au Gharb.

Mots clés: canne à sucre, irrigation, efficiences d'utilisation de l'eau, modèle, «Mosicas», simulation, scénarios, Gharb, Maroc.

Introduction

Si les données expérimentales ont permis depuis longtemps de préciser les périodes de sensibilité au manque d'eau et d'affiner la conduite technique des irrigations, peu d'expérimentations ont été conduites suffisamment longtemps pour définir dans une région donnée, une stratégie d'irrigation prévisionnelle et optimale, qui tient compte à la fois des types de sol et des aléas climatiques. Compte tenu des variabilités climatiques et édaphiques et aussi de la complexité de la réponse, les méthodes combinant les normes d'efficience et le bilan hydrique ne permettent pas d'optimiser correctement l'irrigation (Inman-Bamber N.G. and al., 1999). Ayant la faculté d'intégrer un maximum de faits liés aux interactions entre variables du continuum sol-plante-atmosphère et grâce à ses capacités de synthèse des connaissances et de pouvoir prévisionnel, la modélisation en tant qu'outil exploratoire de situations variées constitue un outil efficace d'aide à la gestion de l'eau. Elle permet d'explorer des scénarios nombreux et divers, difficilement accessibles à l'expérimentation conventionnelle, souvent longue et coûteuse. Dans ses travaux de modélisation sur la croissance de la canne à sucre, Martiné (1999) conclut également que la mise au point d'un modèle de croissance dynamique qui intègre le bilan hydrique constitue une voie prometteuse pour optimiser l'irrigation.

Dans l'optique de mettre au point des stratégies permettant d'améliorer l'Efficience d'Utilisation de l'Eau d'Irrigation (EUEI) par la canne à sucre au Gharb Maroc, le modèle «Moscas_Ma» (Aabad, 2008) a été utilisé pour simuler des scénarios variés d'irrigation de cette culture. Ce modèle de croissance de la canne à sucre, adapté pour les conditions du Gharb au Maroc, est dérivé du modèle «Moscas» initialement mis au point par le CIRAD (France) sous climat tropical de l'Île de La Réunion (Martiné, 2003).

1. MATERIEL ET METHODES

Dans le but de constituer une base de données des pratiques d'irrigation de la canne, une enquête a été effectuée en 2004 auprès des services de l'eau et de la production végétale de l'ORMVA du Gharb. Cette enquête a concerné dix années de gestion de l'eau et de la canne au Gharb (1995-2004) et a été réalisée dans trois différents secteurs où la canne est conduite sous irrigation par aspersion (secteur Centre 1), en gravitaire (secteur Centre 3) et selon les deux techniques (secteur Centre 2). Les résultats de l'enquête ont été synthétisés selon leurs natures sous forme de scénarios d'irrigation virtuels qui représentent au mieux la réalité de la conduite technique de la canne et des conditions pédoclimatiques du Gharb. Ceux relatifs aux secteurs irrigués par aspersion ont été formatés selon les exigences du modèle. Par prudence, les données liées aux secteurs équipés en gravitaire n'ont pas été prises en compte, le modèle n'ayant pas été testé dans ces conditions.

1.1 Définition des scénarios d'irrigation

Tout en respectant les normes des pratiques de la canne (CTCS, 2000) et des résultats de l'enquête, 60 scénarios virtuels d'irrigation de la canne au Gharb (tableau. 1) ont été définis, combinant quatre cycles de croissance (C) de 12 mois avec récoltes en janvier, C1; mars, C2; mai, C3 et juillet, C4, cinq besoins d'irrigation (BI 1 à 5 = 40, 60, 80, 100 et 120% ETM) et trois fréquences d'irrigation (FI 1 à 3 = 5, 10, 15 jours). Ces scénarios ont été diversifiés pour qu'ils soient représentatifs des situations très nombreuses de conduites techniques de la canne dans la région et surtout pour qu'ils permettent de faire un choix plus raisonné des stratégies d'irrigation les mieux adaptées.

Les besoins en eau d'irrigation journaliers (BI, mm) nécessaires pour compenser le déficit hydrique (DH, mm) de la culture ont été calculés en utilisant le bilan climatique (Aabad, 2008) où $BI (mm) = DH (mm) = ETM - Pe$ (pluies efficaces = 80% de P) avec une efficience d'irrigation

par aspersion de 85% (Bouaziz et Belabbass, 2002). Ce bilan est basé principalement sur l'évaporation du bac classe A (Ebac), installé "in situ" dans la station expérimentale du CTCS.

Tableau 1. Scénarios d'irrigation virtuelle retenus pour une simulation par le modèle «Moscas_Ma»

Cycles	BI1 (40%ETM)			BI2 (60%ETM)			BI3 (80%ETM)			BI4 (100%ETM)			BI5 (120%ETM)		
	FI5j	FI10j	FI15j	FI5j	FI10j	FI15j	FI5j	FI10j	FI15j	FI5j	FI10j	FI15j	FI5j	FI10j	FI15j
C1	FI5j	FI10j	FI15j	FI5j	FI10j	FI15j	FI5j	FI10j	FI15j	FI5j	FI10j	FI15j	FI5j	FI10j	FI15j
C2	FI5j	FI10j	FI15j	FI5j	FI10j	FI15j	FI5j	FI10j	FI15j	FI5j	FI10j	FI15j	FI5j	FI10j	FI15j
C3	FI5j	FI10j	FI15j	FI5j	FI10j	FI15j	FI5j	FI10j	FI15j	FI5j	FI10j	FI15j	FI5j	FI10j	FI15j
C4	FI5j	FI10j	FI15j	FI5j	FI10j	FI15j	FI5j	FI10j	FI15j	FI5j	FI10j	FI15j	FI5j	FI10j	FI15j

NB. Cycle 1 à 4 = cycles avec récolte en janvier (C1), mars, mai et juillet (C4). BI 1 à 5 = volumes d'eau d'irrigation variant entre 40 et 120% ETM avec un pas de 20%. FI 1 à 3 = fréquences d'irrigation : 5, 10, 15 jours.

1.2 Analyses et choix des scénarios

L'objectif de ce type de scénarios virtuels a été fixé pour réaliser des rendements potentiels. Comme il n'était pas possible de connaître avec certitude sur une période de dix années les stocks en eau du sol de chaque cycle, les quantités absolues qui auraient dû être rajoutées pour chaque situation ont été omises. Pour cette raison, la réserve utile du sol (Ru) a été remise à 90% de sa capacité au début de chaque cycle de récolte, ceci pour s'assurer que la canne ne soit pas soumise à un stress hydrique dès le démarrage de sa repousse, surtout en période de forte sécheresse.

L'ensemble des scénarios ont été testés par le modèle sur la base des données climatiques de dix années disponibles pour la région (1995-2004). L'analyse des résultats de simulation a été effectuée séparément par traitements (dose et fréquence d'irrigation) au sein de chaque cycle de récolte selon deux principaux critères: (i) Rendement canne (Rdtcan, t.ha⁻¹) et (ii) Efficience d'Utilisation de l'Eau d'Irrigation (EUEI, kg tiges usinables.m⁻³ d'eau irrigation) avec:

$$EUEI = [\text{Rdtcan (irrigué)} - \text{Rdtcan (pluvial)}] / (\text{volume eau irrigation})$$

Les stratégies efficaces ainsi identifiées, ont été confrontées aux résultats des expérimentations effectuées dans la région et également à ceux cités dans la littérature.

Les résultats de simulation de l'ensemble des scénarios ont subi un traitement statistique en vue de tester leurs variabilités interannuelles à l'intérieur et entre les cycles.

2. RESULTATS ET DISCUSSIONS DES SIMULATIONS POUR DIFFERENTS SCENARIOS D'IRRIGATION

2.1 Bilan des apports en eau d'irrigation

Il faut tout d'abord noter que les besoins en eau d'irrigation de la canne (Tableau 2, ΣETM; calcul sur base du bac classe A) régénérés par le modèle «Moscas_Ma» sur dix années (1995-2004) sont conformes aux résultats des expérimentations (Aabad, 2002 et 2008; Benhaida, 2001 et El Messaoudi, 1990). Pour le régime de référence (100 % ETM), ces besoins stricts ont été estimés en moyenne à 7.300 m³.ha⁻¹ pour les cycles de récolte allant de janvier à mars, 6.000 m³.ha⁻¹ autour de mai et 3.000 m³.ha⁻¹ pour les cycles tardifs vers juillet. Il va de soi que les quantités d'eau d'irrigation utilisées au Gharb (>10.000 m³.ha⁻¹) sont trop élevées et mal adaptées par rapport aux besoins réels de la canne à sucre. De plus, dans la pratique, une même dose est appliquée sur toutes les plantations sans distinguer ni les cycles (emplacement et âge), ni les catégories de cannes (vierge ou repousse), ni les types de sol.

Les «pertes apparentes en eau» par drainage sont d'autant plus importantes quand les doses d'irrigation sont élevées (Tableau 2). Ces pertes sont aussi augmentées par les précipitations élevées en début de campagne de récolte de janvier à mars par rapport à la fin de campagne entre mai et juillet (plus sec). Pour l'ensemble des cycles, les quantités d'eau drainées ont été substantiellement diminuées avec l'augmentation de la fréquence d'irrigation (FI1=5 jours).

Tableau 2. Résultats de simulation des rendements en tiges usinables et des quantités d'eau drainées des différents scénarios par cycle, en pluvial et par dose d'irrigation.

Cycles récolte	Besoins Irrigation	Doses irrig. m ³ .ha ⁻¹	Pluies mm	Drainage mm	Rdt pluv. t.ha ⁻¹	Rdt irrig. t.ha ⁻¹	EUEI* Kg tige.m ⁻³	ETR/ETM (ISH*)	TR/TM (ET*)
C1 janvier	BI1	2908	546	169	46	64	6,3	0,58	0,39
	BI2	4362	546	183	46	94	11,0	0,65	0,53
	BI3	5816	546	204	46	117	12,2	0,76	0,68
	BI4	7271	546	242	46	127	11,1	0,84	0,79
	BI5	8725	546	303	46	130	9,6	0,90	0,87
C2 mars	BI1	2934	546	164	53	77	8,4	0,60	0,46
	BI2	4401	546	181	53	107	12,3	0,69	0,59
	BI3	5868	546	195	53	124	12,2	0,79	0,73
	BI4	7335	546	221	53	130	10,6	0,88	0,86
	BI5	8802	546	294	53	131	8,9	0,93	0,92
C3 mai	BI1	2396	541	154	68	83	6,5	0,59	0,49
	BI2	3594	541	173	68	100	9,1	0,65	0,57
	BI3	4792	541	194	68	114	9,6	0,72	0,65
	BI4	5990	541	218	68	122	9,0	0,78	0,73
	BI5	7188	541	260	68	127	8,2	0,83	0,80
C4 juillet	BI1	1190	539	142	82	86	3,3	0,54	0,46
	BI2	1785	539	150	82	91	4,9	0,57	0,49
	BI3	2379	539	160	82	96	5,8	0,60	0,52
	BI4	2974	539	174	82	99	5,8	0,63	0,56
	BI5	3569	539	192	82	102	5,5	0,66	0,59

EUEI* = Efficacité d'utilisation de l'eau d'irrigation, ISH* = indice de satisfaction hydrique, ET* = efficacité de la transpiration liée à l'ETR, EUEI* = Efficacité d'utilisation de l'eau d'irrigation, ISH* = indice de satisfaction hydrique, ET* = efficacité de la transpiration liée à l'ETR

2.2 Rendement en tiges usinables

Les rendements en tiges simulés pour les différents scénarios virtuels (Tableau 2) sont élevés par rapport à ceux actuellement obtenus (70 t.ha⁻¹) dans le périmètre du Gharb (Aabad, 2008 et ORMVAG, 2006), mettant en évidence le fait que ces rendements restent bien en deçà du potentiel de la région. Les rendements ont été significativement affectés par l'emplacement du cycle de récolte et aussi par les quantités d'eau d'irrigation (figure 1). Pour le traitement 100% ETM, les rendements les plus élevés ont été obtenus en C2 et C1 (130 et 127 t.ha⁻¹) suivi de C3 et enfin C4 (122 et 100 t.ha⁻¹). Cette baisse des rendements entre les cycles de mars à juillet serait surtout liée au fait que pour les cycles de janvier et mars, la phase de grande croissance «boom stage» des tiges usinables coïncide avec l'été (période chaude), alors que pour les cycles très tardifs (juillet), cette phase ne débute qu'en automne (période fraîche). Ces derniers cycles ne profitent de l'été que pour la mise en place du couvert (feuillage/capteurs). Ce phénomène s'expliquerait aussi par le niveau des paramètres: Indice de Satisfaction Hydrique (ISH= ETR/ETM) et Efficacité de Transpiration de la plante liée à l'ETR (ET=TR/TM; rapport entre la Transpiration Réelle TR et la Transpiration Maximale TM, valeurs générées par le modèle «Mosicas_Ma»), qui sont tous les deux plus élevées (tableau 2) pour les cycles de début 0.88 et 0.86 en C2 (taux optimum de croissance de la canne, Langellier, 2005) contre seulement 0.63 et 0.56 en C4 (plus stressant).

Dans le but d'étudier l'importance de ces indicateurs pour expliquer la relation existante entre

l'utilisation de l'eau par la plante et la croissance des tiges, des régressions ont été établies entre le rendement et l'ISH (ETR/ETM) d'une part, et avec l'ET (TR/TM), d'autre part. Avec un coefficient de détermination plus élevé $R^2 = 0.92$ contre 0.82 pour l'ISH, l'ET s'est avérée fortement corrélée au rendement en tiges usinables (figure 2).

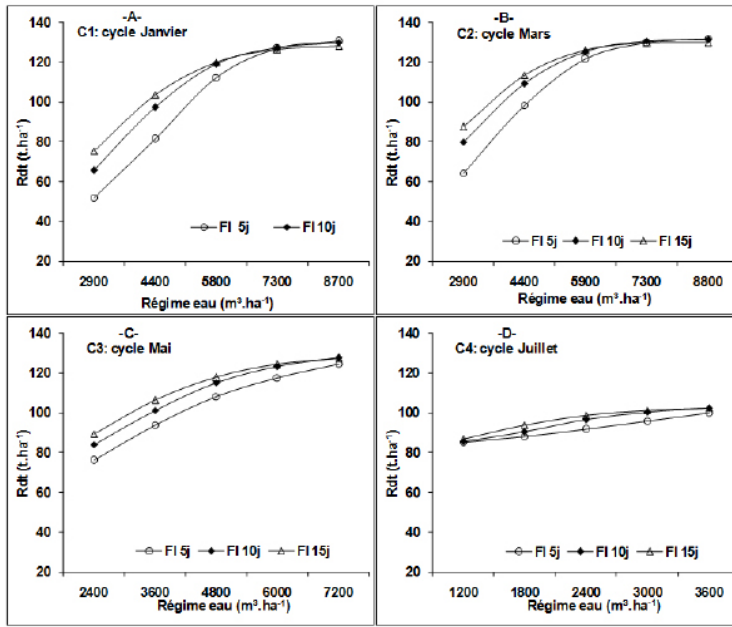


Figure 1. Rendements en tiges usinables simulés par cycle de récolte pour les différents scénarios virtuels d'irrigation

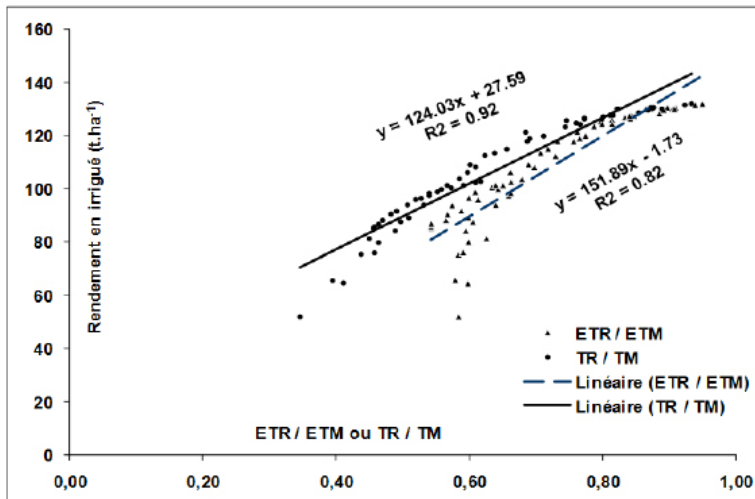


Figure 2. Régression entre le rendement canne avec l'indice de satisfaction hydrique (ISH, ETR/ETM) et l'Efficiency de transpiration liée à ETR (ET, TR/TM) des différents scénarios virtuels d'irrigation

Les rendements en canne dans le Gharb pourraient aussi être maximisés avec des apports d'eau à des taux un peu plus élevés (120%ETM, figure 1) soit environ $8.000 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ pour les cycles de récolte allant de janvier à mars, $7.000 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ pour les cycles autour de mai et une quantité encore plus faible de l'ordre de $4.000 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ pour les cycles tardifs vers juillet. La fréquence d'irrigation a un effet important sur le rendement, notamment pour les faibles doses d'irrigation. Afin de limiter les pertes en eau qui pourraient être dues au drainage des excès d'eau ou à l'évaporation en surface, il serait bénéfique pour des quantités d'eau inférieures à $6.000 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ de pratiquer des apports moins fréquents (10-15 jours) avec des doses plus importantes. Au-dessus de cette quantité, il serait bénéfique d'adopter des apports plus fréquents (5-10 jours) avec des doses raisonnables en fonction des disponibilités en eau (figure 1).

Les rendements réalisés en conditions pluviales par les cycles vers juillet sont les plus élevés $82 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ contre $46 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ en janvier (tableau 2). Les eaux de pluie sont donc mieux valorisées par les cycles de fin de campagnes et ce, en raison de (i) les cycles de début profitent des pluies pour la régénération des repousses (tallage et début de formation des tiges) et la phase de croissance active "boom stage" où les besoins en eau deviennent plus importants coïncide avec la période sèche (été) provoquant ainsi le stress hydrique de la culture (ii) les cycles tardifs utilisent les stocks en eau des précipitations pour le démarrage de la canne jusqu'à formation des tiges primaires puis utilisent les pluies de l'hiver jusqu'à la fin du cycle en juillet suivant pour la croissance des tiges usinables, et donc l'élaboration du rendement. Toutefois, en irrigué et même à très faibles doses, ces cycles sont les moins efficaces en utilisation de l'eau (EUEI = $3,3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, Tableau 2).

Visant la définition de stratégies qui permettent de mieux valoriser l'eau d'irrigation avec un maximum de rendement (figure 4, ci-après) et une stabilité des productions, les cycles tardifs vers juillet ne constituent pas une voie prometteuse.

2.3 Rendement de l'eau ou EUEI

Les efficacités d'utilisation de l'eau d'irrigation ($\text{kg canne} \cdot \text{m}^{-3}$, Tableau 2) calculées pour les différents scénarios ont des valeurs très comparables à celles obtenues dans les expérimentations réalisées dans le Gharb (AAbad, 2008; Benhaida, 2001 et El Messaoudi, 1990). Comme pour le rendement en canne, les EUEI les plus élevées, de l'ordre de $12 \text{ kg canne} \cdot \text{m}^{-3}$, ont été obtenues par les cycles de début de campagne C1 et C2 (Tableau 2). L'EUEI a aussi été affectée par le régime d'irrigation et des baisses importantes (figure 4) ont été enregistrées à partir des doses d'environ $6000 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ pour C1 et C2, $5000 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ en C3 et $3000 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ en C4.

L'influence de la fréquence d'irrigation sur l'EUEI est aussi très nette (figure 3). Celle-ci étant la plus élevée, jusqu'à $6.000 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ dans C1, C2 et C3, pour les fréquences de 15 et 10 jours. Pour C4, où les apports d'eau sont limités à $3.600 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ au maximum, la fréquence d'irrigation 15 jours (FI15j) apparaît comme étant plus efficace pour tous les régimes appliqués. Si les apports d'eau tous les 5 jours ont l'avantage de limiter les «pertes apparentes» par drainage, ils ont surtout l'inconvénient d'augmenter la proportion d'eau perdue par évaporation, avec pour résultantes des EUEI plus faibles dans tous les cycles (figure 3).

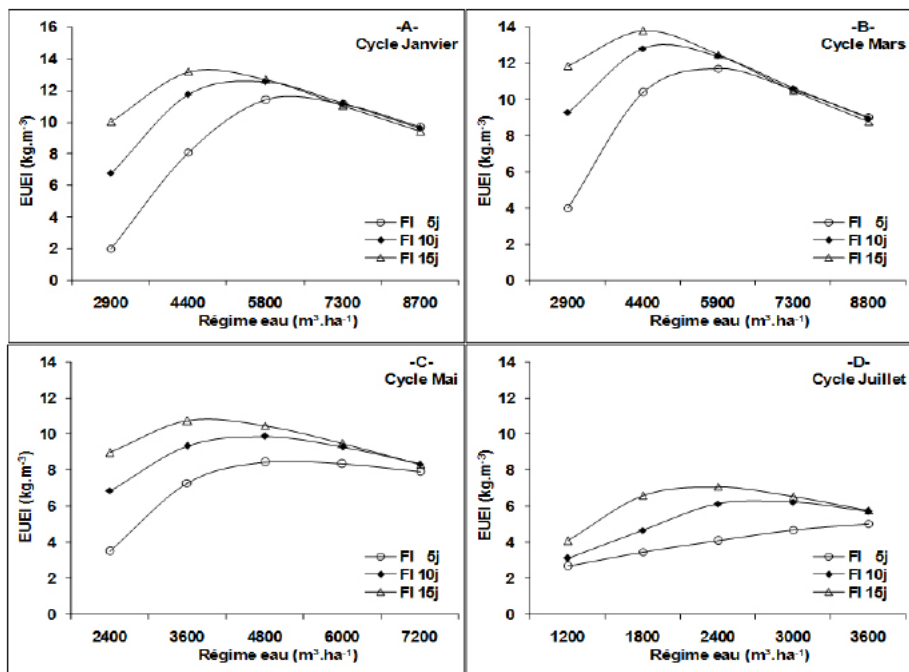


Figure 3. Efficience d'utilisation de l'eau d'irrigation par cycle de récolte, pour les différents scénarios virtuels d'irrigation.

2.4 Choix des scénarios efficaces

Dans le but de déterminer les stratégies qui permettraient de valoriser au mieux l'eau utilisée, les meilleurs scénarios d'irrigation seraient ceux dont les rendements réalisés en tiges usinables et dont les EUEI sont simultanément maximisés. Pour faire le choix de ses scénarios, des niveaux seuils ont été aussi fixés à 100 t.ha⁻¹ pour le rendement en canne et 10 kg canne.m⁻³ pour EUEI (figure 4). Ainsi, pour les deux cycles de canne de janvier (C1) et de mars (C2), les scénarios qui permettent de répondre à ces conditions sont ceux utilisant des doses d'irrigation de l'ordre de 6.000 à 7.000 m³.ha⁻¹ (F10j_D5800, F10j_D7300, F15j_D5800 et F15j_D7300, figure 4 A et B). Les fréquences d'irrigation étalées de 10 à 15 jours (FI10j et FI15j) ont permis d'augmenter le niveau de l'EUEI à plus de 12 kg.m⁻³ et les doses d'eau de 7.000 m³.ha⁻¹ et plus maximisent le rendement en canne jusqu'à plus de 125 t.ha⁻¹ (figure 4 A et B). Ceci laisse une marge de manœuvre pour ajuster les apports d'irrigation en fonction des situations et des priorités qui en dérivent (disponibilités élevées en eau et recherche d'un rendement maximum ou disponibilité limitée et recherche d'une EUEI maximale).

Pour le cycle de mai (C3), des doses d'eau de l'ordre de 5.000 à 6.000 m³.ha⁻¹ avec des fréquences d'apport de 10 à 15 jours (F10j_D4400, F10j_D5900, F15j_D4400 et F15j_D5900, figure 4 C) sont suffisantes pour optimiser l'irrigation de la canne à sucre dans le Gharb. Aussi, la recherche d'un rendement en canne maximal (> 120 t.ha⁻¹) est permise par des doses d'eau de 6.000 m³.ha⁻¹ et plus.

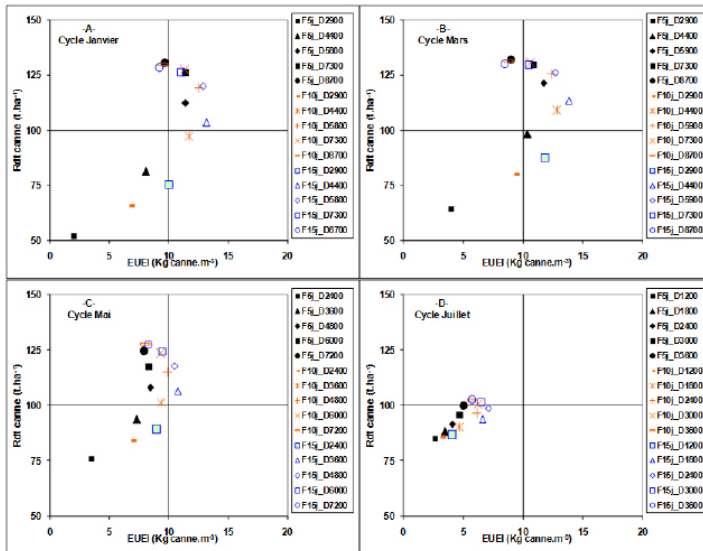


Figure 4. Rendements en canne et efficacités d'utilisation de l'eau réalisés par cycle de récolte pour les différents scénarios d'irrigation

En ce qui concerne le cycle de juillet (C4), les rendements de l'eau réalisés par l'ensemble des scénarios, notamment l'EUEI, se sont avérés très faibles ($< 7\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$) par rapport aux normes fixées et aux efficacités de l'eau obtenues pour les autres cycles (figure 4 D). Ces types de cycles tardifs n'apparaissent donc pas adaptés pour la conduite de la canne à sucre dans les secteurs irrigués du Gharb. Sauf si, pour une période donnée les réserves en eau des barrages seraient en excès, des apports d'irrigations à plus de $3.000\text{ m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$ permettraient d'aboutir à des rendements de $\pm 100\text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Le choix des variétés précoces et productives à planter dans des sols à "Ru" élevée pourrait être une alternative qui permet de remédier à ce genre de situations.

Conclusion

Pour compléter des expérimentations conventionnelles lentes et coûteuses, et afin de détecter d'autres stratégies d'irrigation encore plus efficaces, 60 scénarios virtuels, valables pour des repousses de 12 mois de la variété CP70-321 ont été simulés par le modèle «Mosicas_Ma». Ces scénarios ont permis de montrer que les doses d'irrigation optimales pour la canne au Gharb sont de l'ordre de $7.300\text{ m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$ pour les cycles de janvier à mars, de $6.000\text{ m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$ pour les cycles autour de mai et d'environ $3.000\text{ m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$ pour les cycles vers juillet. Ceci diffère des pratiques actuelles, où une dose unique ($>10.000\text{ m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$) est généralisée sur toutes les plantations sans distinguer ni les cycles (emplacement et âge), ni les catégories de cannes (vierge ou repousse), ni le type de sol.

Pour tous les cycles de récolte, les «pertes apparentes» en eau par drainage sont d'autant plus élevées avec l'augmentation des doses d'irrigation. Mais, s'ils permettent de réduire les pertes par drainage, des apports fréquents d'eau (5 à 10 jours) en quantité réduite favorisent l'évaporation et ne permettent pas d'accroître l'EUEI. Le choix rationnel des scénarios basé sur la combinaison des deux variables «rendement en canne» et «EUEI» montre que des doses de $6000\text{ à }7000\text{ m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$ sont meilleures pour optimiser la valorisation de l'eau d'irrigation des cycles récoltés entre janvier et mars. Jusqu'à une dose de $6.000\text{ m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$, les fréquences d'irrigation d'ordre 10 à 15 jours permettent d'améliorer encore l'EUEI dans cette gamme de scénarios. Avec les mêmes fréquences d'irrigation des cannes récoltées en mai, le meilleur rendement

de l'eau est alloué aux doses de 5000 à 6000 m³.ha⁻¹. En conditions pluviales, les cycles tardifs (vers juillet) permettraient de mieux valoriser les eaux de précipitations que les autres cycles, mais ils sont à déconseiller dans les secteurs irrigués du Gharb en raison des très faibles EUEI constatées pour tous les scénarios d'irrigation testés.

L'emplacement du cycle de récolte de janvier à juillet a eu un effet de diminution progressive de l'EUEI des différents scénarios et une baisse importante des rendements relatifs au témoin (100%ETM) a aussi été enregistrée pour les cycles au-delà de mai (130 t.ha⁻¹ pour le cycle de mars contre 99 t.ha⁻¹ pour juillet). Ces réductions remarquables seraient surtout liées au fait que pour les cycles de début, la période de grande croissance «Boom stage» (fabrication de tiges usinables) coïncide avec l'été (période chaude) alors que pour les cycles très tardifs, cette période ne débute qu'en automne (période fraîche). Ceci s'expliquerait aussi par le niveau de Indice de Satisfaction Hydrique (ISH= ETR/ETM) et l'Efficience de Transpiration de la plante liée à l'ETR (ET=TR/TM), qui sont tous les deux plus élevés pour les cycles de début 0.88 et 0.86 en C2 contre seulement 0.63 et 0.56 en C4.

Bien corrélée au rendement en canne, l'efficience de transpiration paraît expliquer de façon plus significative l'élaboration du rendement en canne que le paramètre indice de satisfaction hydrique.

Enfin, l'utilisation du modèle «Moscas_Ma» édition Maroc 2008 s'est révélée d'un intérêt particulier en apportant des réponses rapides et peu coûteuses, non accessibles à l'expérimentation conventionnelle, pour des situations complexes d'irrigation de la culture de canne à sucre au Gharb.

Références bibliographiques

Aabad M., 2002. Comparaison des effets de l'irrigation gravitaire et par aspersion sur le rendement et la qualité technologique de la canne à sucre dans le Gharb (Maroc). Mémoire de DEA, Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, Belgique.

Aabad M., 2008. Stratégies d'amélioration de l'efficience d'utilisation de l'eau d'irrigation par la canne à sucre au Gharb-Maroc, approches par expérimentations «*in situ*» et par adaptation et utilisation du modèle «MOSICAS». Thèse de doctorat de la Faculté universitaire des sciences agronomiques de Gembloux Belgique, 176p.

Benhaida H., 2001. Comportement de la betterave à sucre vis-à-vis du stress hydrique et sa valorisation de l'eau par rapport à la canne à sucre dans le Gharb. Mémoire de troisième cycle, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc.

Bouaziz A. et Belabbass K., 2002. Efficience productive de l'eau en irrigué au Maroc. Hommes, Terre et Eaux 32, 32-124.

CTCS, 2000. Rapports des expérimentations du CTCS 1995-2000: convention sur le développement de la canne à sucre dans le Gharb 1995-2000.

El Messaoudi M., 1990. Use of pan evaporation for estimating the total dose and programming the irrigation of sugarcane. Agricultural water management 17, 209.

Inman-Bamber N. G., Robertson M. J., Muchow R. C., Wood A. W., Pace R., and Spillman A. M. F., 1999. Boosting yields with limited irrigation water. Proc. Aust. Soc. Sugar cane Technol. n°21.

Langellier P., 2005. Identification des besoins en eau d'irrigation et des potentiels de production de la canne à sucre des terres à vocation agricole pour la zone de Saint Marie/Saint Suzanne, Réunion. UPR Systèmes canniers-Cirad-ca-Ta 71/09 - Avenue Agropolis - 34398 Montpellier.

Martiné J.-F., 1999. Croissance de la canne à sucre et stress hydrique: les apports d'un modèle. Agriculture et développement 24,21-28.

Martiné J.-F., 2003. Modélisation de la production potentielle de la canne à sucre en zone tropicale, sous conditions thermiques et hydriques contrastées. Application du modèle. Thèse de doctorat de l'Institut National Agronomique Paris-Grignon, 131p.

ORMVAG, 2006. Rapports annuels de la canne à sucre, 1999-2006. Kénitra, Maroc.