

Avertissement en irrigation pour la culture de pomme de terre dans le périmètre du Loukkos (Maroc)

Ahmed SKIREDJ¹, Ali BÉKRAOUI² & Mourad EL ALAOUI¹

(Reçu le 19/01/2000 ; Révisé le 08/03/2001 ; Accepté le 10/04/2001)

الإخبار عن سقي البطاطس بحوض اللكوس

أجريت تجربة على صنفين من البطاطس "سبونتا" و "نكولا" في حوض اللكوس حول أنجع طريقة للإخبار عن السقي وذلك باختبار الطرق الآتية : ليزمتر، جفنة أ، معادلة "بنمان" وطريقة الفلاح. ولقد أسفرت النتائج عن سمو طريقة الليزومتر وصنف "سبونتا" (محصول 52,5 طنا للهكتار) مقارنة مع صنف "نكولا" (44,5 طنا للهكتار). كما كانت معادلة "بنمان" أنجع طريقة لاستعمال الماء (16,5 كلغ لكل متر مكعب من الماء بالنسبة لصنف "سبونتا"). وتقدر حاجيات البطاطس من الماء ب 357 مم للدورة الكاملة، منها 70 مم إبان الغرس والظهور و 170 مم خلال النمو وانتفاخ الدرنات و 117 مم خلال النضج.

الكلمات المفتاحية : الإشعار - الري - البطاطس - الرش - الليزومتر - جفنة التبخر قسم أ - معادلة بنمان

Avertissement en irrigation pour la culture de pomme de terre dans le périmètre du Loukkos (Maroc)

Quatre outils d'avertissement en irrigation ont été testés sur deux variétés de pomme de terre, Spunta et Nicola, dans le périmètre du Loukkos. Le mode "lysimétrie" a été satisfaisant. Les rendements obtenus sont de 52,5 t/ha pour Spunta et 44,5 t/ha pour Nicola. Les besoins en eau pour la culture sont de l'ordre de 357 mm par cycle cultural. Par contre, l'efficacité de l'utilisation de l'eau (EUE) a été la plus élevée avec le mode Penman Montieth (PM), soit 16,5 kg/m³ d'eau pour la variété Spunta.

Mots clés : Avertissement - Irrigation - Pomme de terre - Aspersion - Lysimètre - Bac classe A - Penman Montieth - Loukkos - Maroc

Potato irrigation warning in Lukkoss area (Morocco)

Different means of irrigation warning were tested on two varieties of potatoes, Spunta and Nicola, in Lukkoss area. The trial showed that Lysimeter was the best mean of irrigation warning for maximum growth and yield : 52.5 t/ha for Spunta and 44.5 t/ha for Nicola. Potato water requirements were 357 mm during the overall cycle. Penman formula of irrigation warning was the most economical mean of water use by plants : 16.5 kg of tubers/m³ of water for Spunta variety.

Key words : Warning - Irrigation - Potato - Sprinkling - Lysimeter - Class A pan - Penman Montieth - Lukkoss - Morocco

¹ Département d'Horticulture, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, B.P. 6202-Instituts, 10101 Rabat

² Service des expérimentations des Essais et de la Normalisation (AGR), 461 Avenue Hassan II, Rabat, Maroc

[□] Auteur correspondant ; e-mail : a.skiredj@iav.ac.ma

INTRODUCTION

La programmation des apports d'eau constitue une composante essentielle de la planification économique et sociale. Elle contribue de manière décisive à la réalisation des objectifs nationaux majeurs en matière d'accès à l'eau potable des populations, de production agricole en vue de garantir la sécurité alimentaire du pays, de valoriser les potentialités énergétiques, de protéger l'environnement et de développer les zones défavorisées.

Dans le périmètre du Loukkos, la gestion de l'eau à la parcelle manque d'adaptation et de maîtrise. Les principales causes de cette mauvaise gestion d'eau sont la méconnaissance des normes d'irrigation, l'inexistence d'un système pratique d'avertissement en irrigation et l'inadaptation des conseils des spécialistes à la réalité du terrain (Bekraoui, 1999). Dans le cadre d'une bonne programmation et d'une gestion optimale des apports d'eau, il est indispensable de tester différents outils d'avertissement en irrigation et d'adapter leur utilisation aux conditions de la région.

Afin de constituer un référentiel local d'une bonne gestion d'eau à la parcelle, on a mené un essai sur le comportement de deux variétés de pomme de terre, Spunta et Nicola, les plus utilisées dans le Loukkos (Chibane.; 1999) en fonction de différents outils d'avertissement en irrigation : lysimètre, bac classe A, formule empirique de Penman Monteith (PM) et mode commun utilisé par les agriculteurs du secteur R'mel du périmètre du Loukkos (MA) ; ce mode a été déterminé en 1998 par enquête et suivi de différentes exploitations (Jbilou & Shisah, 1998).

Les principaux objectifs de cet essai sont la détermination de la méthode la plus adaptée aux conditions du Loukkos pour avertir en irrigation de la culture de pomme de terre, la validation de l'approche climatique pour la planification des irrigations par aspersion et la détermination des potentialités de production de la pomme de terre selon la méthode optimale d'avertissement en irrigation.

MATÉRIEL & MÉTHODES

Les essais ont été effectués à la station expérimentale de mise en valeur agricole de Sakh-Soukh (SEMVA), dans le périmètre du Loukkos

(ORMVAL). Les principales coordonnées de repère de cette station sont : altitude de 70 mètres, latitude Nord de 8,5 degrés et longitude Ouest de 35,17 degrés.

Les conditions climatiques qui ont régné durant la période de culture (du 5 février 1999 au 20 mai 1999) ont été favorables : absence de gel, moyenne des minima 6,36°C, moyenne des maxima 20,5°C, température moyenne du sol 18,87°C. La pluviométrie qui a eu lieu durant le cycle cultural a été de 105 mm, soit 54,27 % des précipitations normales de la région, mais elle a été complétée par des apports d'eau d'irrigation ; ces apports ont différé selon l'outil d'avertissement en irrigation. La parcelle étant protégée par un haut brise-vent de cyprès, sa partie ombragée n'a pas été cultivée.

Le sol de la parcelle est sablonneux (80 % de sable sur une profondeur de plus de 0,6 m), de faible teneur en matière organique (1 %), assez bien pourvu en phosphore assimilable (48 ppm) et en potassium échangeable (115 ppm). Il a un pH 6,8 et une faible salinité (0,035 mmhos/cm). La réserve facilement utilisable du sol est de 12 mm. Sa perméabilité est élevée (11,5 cm/h). Le sol ne présente donc aucune anomalie pour la culture (selon les normes de Wright & Stark, 1990).

L'eau d'irrigation est sans risque de salinité (EC: 0,52 mmhos/cm), ni d'alcalinité (pH 7,0). Les analyses physiques (du sol) et chimiques (du sol et de l'eau d'irrigation) ont été effectuées au laboratoire du SEEN (service d'expérimentation et de normalisation) selon les méthodes classiques (mentionnées par Bekraoui & Skiredj, 1997).

L'essai a été conduit en blocs aléatoires complets à parcelles divisées (Split-plot) et à trois répétitions. Le premier facteur de division a compris les outils d'avertissement en irrigation (Tableau 1). Le second facteur de division des parcelles a concerné le matériel végétal avec deux niveaux (Spunta et Nicola). La parcelle élémentaire (PE) de 144 m² est constituée de 17 billons de 12 mètres de long. Elle a compris deux zones (une zone réservée aux observations sur le végétal et une zone restant intacte réservée à la récolte; la superficie de celle-ci a été de 75 % de celle de la PE. Le tableau 2 résume le train technique de la culture.

L'aspersion a été utilisée comme mode d'irrigation. Elle a été effectuée par trois unités mobiles (une unité par borne d'eau par bloc). Les asperseurs, de type Roland-France, avaient une portée de 12 mètres, une pression de service de 4 bars et une

Tableau 1. Traitements étudiés

Outil d'avertissement	Materiel végétal	Notation
Bac A (on mesure le pouvoir évaporant)	Spunta	BS
Bac A	Nicola	BN
Lysimetre à drainage naturel	Spunta	LS
Lysimetre	Nicola	LN
Pénman- Monteith (on estime l'évapor-transpiration par calcul)	Spunta	PMS
Pénman- Monteith	Nicola	PMN
Mode d'irrigation des agriculteurs du secteur R'mel (MA)	Spunta	(MA) S
Mode (MA)	Nicola	(MA) N

Tableau 2. Itinéraire technique de la culture

Travaux réalisés	Date de réalisation	Observations
Précédent cultural		Arachide
Préparation du sol		
1 ^{er} passage de Cover Crop	15 / 12 / 1998	
2 ^{ème} passage de Cover Crop	20 / 12 / 1998	
Chisel	28 / 01 / 1999	
Billonnage	01 / 02 / 1999	63 kg N/ha (Sulfate d'ammoniaque) +
Engrais de fond	03 / 02 / 1999	45 kg P2O5/ha (Supertriple) + 80 kg K2O/ha (Sulfate de potasse)
Plantation	05 / 02 / 1999	Manuelle, tubercules entiers Lignes simples 0,30m x 0,70 m = 48.000 plants /ha.
Binage et désherbage	19/03/99 et 31/03/99	Manuel (2 réalisations)
Buttages	31/03/99 et 20/04/99	Manuel (2 réalisations)
fumure de couverture	15/03/99	50 kg N/ha (Ammonitrate: AN)+20 kg K2O/ha (Sulf. de Potasse: SP) + 20 kg/ha de nitrate de Magnésie (Nmg).
	02/04/99	50 kg N/ha (Ammonitrate) + 100 kg K2O/ha (SP)+130 kg/ha (NMg).
	22/04/99	40 kg N/ha (AN) + 100 kg K2O/ha (SP) + 64 kg/ha (Nmg).
	02/05/99	10 kg N/ha (AN) + 60 kg K2O/ha (SP) + 30 kg/ha NMg.
Traitements phytosanitaires	14-26/ 03/99	6 traitements fongiques
	10-20-28/ 04/99	2 apports insecticides
Maturité	10/05/99	Stade 94 JAP
Récolte	17 / 05 / 99	Manuelle (101 JAP)
Fin de culture	20/05/99	Fin du cycle cultural (104 jours)

pluviométrie de 12 mm/heure. Pour éviter le chevauchement des irrigations des différents traitements, les unités expérimentales ont été séparées par des bordures de 6 mètres et les blocs ont été séparés par des pistes de 12 mètres. Les bordures et les pistes ont été cultivées aussi en pomme de terre afin d'éviter l'effet d'advection.

Le pilotage des irrigations a été effectué en se basant sur les outils d'avertissement (Figure 1):

1. Lysimétrie à drainage naturel

Le lysimètre (Sirjacobs, 1988) a été confectionné sur une parcelle élémentaire d'un bloc avec 1 m (de long) x 0,6 m (de large) x 0,4 m (de profondeur). Le fond du lysimètre a été couvert de film plastique noir de 100 microns et d'une couche de 5 cm de gravier avant de déposer la couche de sol et le drain de 5 cm de diamètre qui donne sur une fosse de collecte. La solution drainée a été mesurée

quotidiennement à l'aide d'une éprouvette au moment de déterminer la dose d'apport. Cette dose (D) a été de l'ordre de celle de l'apport du jour précédent (lorsque le volume du drainat V était égal à 10 % de D). Elle a été majorée de 10 % (lorsque le volume V du drainat était faible, nettement inférieur à 10 % de D) ou minorée de 10 % (lorsque V était nettement supérieur à 10 % de D). Les apports d'eau ont été effectués quotidiennement au niveau du lysimètre mais cumulés jusqu'à 12 mm (Réserve Facilement Utilisable : RFU) et affectés du coefficient 80 % pour le reste de la parcelle. Au moment de l'irrigation de la parcelle, le lysimètre est couvert d'une bâche en plastique transparent afin de ne pas fausser les mesures.

L'évapotranspiration maximale est donnée par la relation : $ETM = P + I - D + ds$, avec P: Pluviométrie en mm, I: apports d'eau par irrigation en mm, D: mesures du drainage en mm et ds: stock initial - stock final de l'eau du sol.

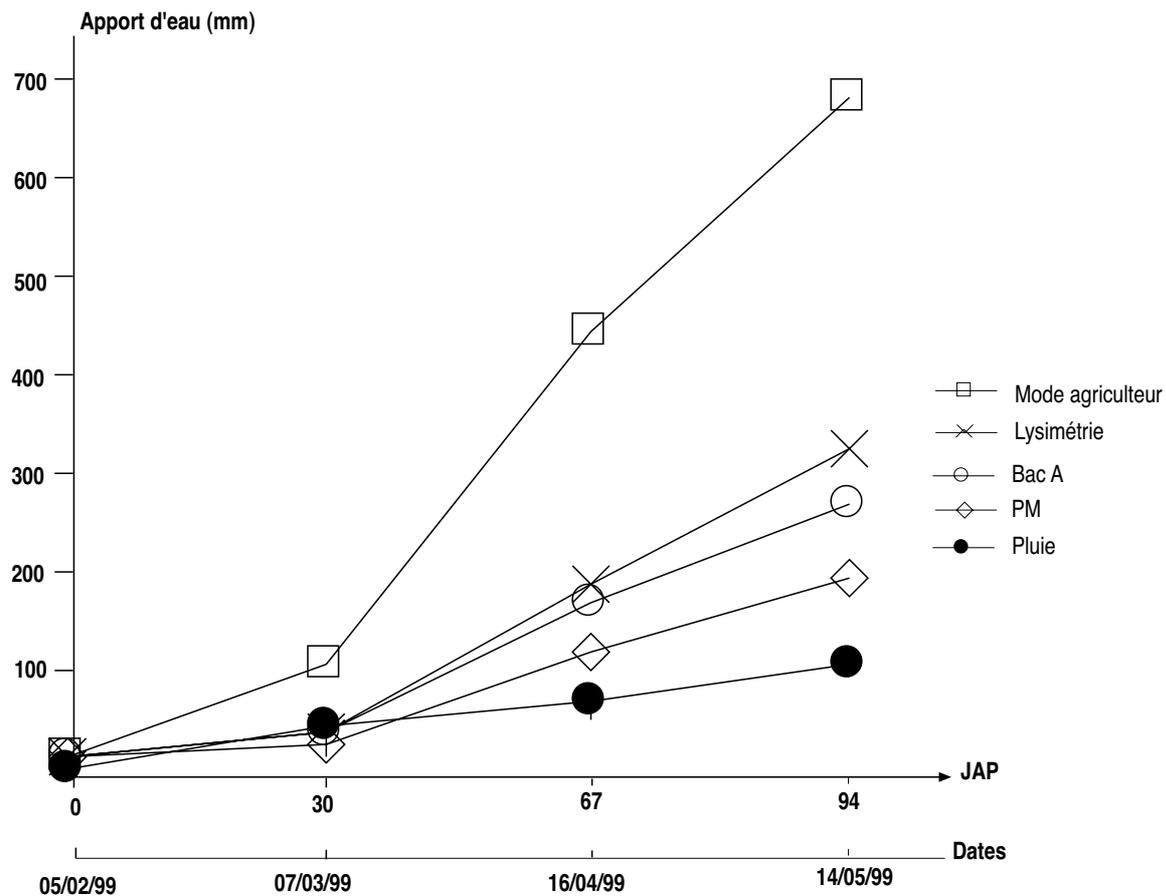


Figure 1. Apports d'eau selon l'outil d'avertissement en irrigation

2. Bac classe A

Le bac a été placé au niveau du carré de la station météorologique sur une plateforme surélevée de 25 cm par rapport à la surface du sol (Zizi, 1988). Après chaque mesure quotidienne, il est ramené à niveau. Comme pour le lysimètre (Allen & Fisher, 1990 ; Andrianasolo, 1996), le cumul, affecté du coefficient 80 % a été apporté chaque fois que sa valeur atteint la RFU (12 mm). Le coefficient de correction de 80 %, recommandé par Bekraoui (1996), a été trouvé optimal dans des essais antérieurs réalisés dans les périmètres du Loukkos (Jbilou & Shisah, 1998) et des Doukkala (Bekraoui & Skiredj, 1997).

3. Formule empirique de PM

L'ETM (évapotranspiration maximale) est donnée par la formule suivante :

$$ETM = Et_0 \times Kc$$

Et_0 = évapotranspiration de référence

Kc = coefficient cultural

Les coefficients culturaux (Kc) suivants ont été utilisés (Bekraoui & Skiredj, 1997 ; VanKempen *et al.*, 1996) : 0,5 en phase (1) "plantation-levée", 0,8 en phase de "croissance-début recouvrement du sol", 0,9 en phase de "tubérisation - grossissement des tubercules - début jaunissement des feuilles" et 0,7 lors de la "mâturité".

Le calcul de ET_0 a été effectué quotidiennement selon les données climatiques du jour précédent. Le cumul calculé des ET_0 de chaque jour a ensuite été multiplié par le coefficient cultural correspondant à la phase de la plante (Abouchouar, 1997). Lorsque la quantité totale cumulée atteignait la RFU (12 mm), l'irrigation était déclenchée.

4. Mode agriculteur

Le mode agriculteur a consisté en un apport de 12 mm/irrigation (reconstituant la réserve facilement utilisable du sol) avec 8 arrosages durant la phase 1 (de la plantation jusqu'à la levée, sur 30 JAP, soit un apport de 108 mm), 28 arrosages durant la phase 2 (de la levée au début grossissement, sur 37

jours, soit un apport de 336 mm) et 22 arrosages durant la phase 3 (du début grossissement des tubercules à la maturité, sur 27 jours, soit un apport de 240 mm). L'irrigation a été arrêtée à la maturité des tubercules, soit 7 jours avant la récolte.

RÉSULTATS & DISCUSSION

1. Apports d'eau selon les outils d'avertissement en irrigation

Le tableau 3 donne les apports d'eau effectués en fonction des outils d'avertissement en irrigation. Pendant la phase (1) "plantation-levée" qui a duré 30 jours, la pluviométrie enregistrée a été de 46,5 mm, les apports d'eau ont été les plus élevés (108 mm) au niveau du traitement MA (mode agriculteur). Ils ont été de 36 mm pour le lysimètre et le bac classe A et de 24 mm pour le traitement Penman Monteith (PM). D'après la bibliographie, cette phase (1) n'est pas sensible à un déficit hydrique (Bekraoui & Skiredj, 1997). Les apports d'eau semblent être exagérés pour le mode agriculteur.

Pendant la phase (2) "levée-début grossissement des tubercules" qui a duré 37 jours, la pluviométrie n'a pas dépassé 19,5 mm. Elle a été complétée par les apports hydriques suivants : 336 mm pour MA, 150 mm pour le lysimètre, 130 mm pour le bac classe A et 92 mm pour la formule PM. D'après la bibliographie, cette phase comprend trois stades critiques : stade mi-croissance, stade tubérisation et stade individualisation des tubercules (Bekraoui & Skiredj, 1997). Tout déficit hydrique pendant cette phase risque de pénaliser la production. Ce risque semble, à première vue, accompagner la "formule PM" puisque les apports d'eau qu'elle a permis sont les plus faibles. Un excès d'apport d'eau risque aussi de réduire la production et la rentabilité de la culture (Jbilou & Shisah, 1998). Ce risque accompagne plutôt l'outil "MA" utilisé par les agriculteurs du secteur R'mel de la région.

La dernière phase (3) de 27 jours "début grossissement-maturité des tubercules" a connu

une pluviométrie de 39 mm et des apports hydriques de 240 mm pour MA, 140 mm pour la lysimétrie, 100 mm pour le bac A et 78 mm pour la formule PM. Cette phase est également connue, d'après la bibliographie, comme phase critique pour le déficit hydrique, mais à un moindre degré par rapport à la phase 2 (Bekraoui & Skiredj, 1997). Sa courte durée (27 jours) augmente l'intensité de pénalisation de la production qu'un outil mal adapté à l'avertissement en irrigation risque de provoquer.

Les apports totaux en eau (pluie + irrigation) se sont donc élevés à 789 mm pour le mode MA, 431 mm pour la lysimétrie, 371 mm pour le bac classe A et 299 mm pour la formule empirique de PM. Le traitement "MA" a donc été le plus arrosé au niveau de chaque phase du cycle de la culture. Le traitement "PM" a été le plus sec.

Les différences de comportement de la culture (croissance et production) seront analysées en fonction de ces différents apports d'eau effectués par phase culturale.

2. Croissance de la plante

2.1. Nombre de tiges par plante

Ce nombre a été, en moyenne, de 4,54 tiges/plante (4,66 tiges/plante pour Spunta et 4,43 tiges/plante pour Nicola), sans différence significative entre variétés (Tableau 4). Il a été, par contre, significativement lié à l'outil d'avertissement en irrigation. En effet, Les plantes ont produit (moyenne des deux variétés) 5,25 tiges/plante avec le mode MA (apport élevé d'eau : 789 mm) et 4,3 tiges/plante avec les autres modes d'irrigation (sans différence significative entre eux). Aucune différence significative du nombre de tiges par plante n'a donc été trouvée alors que l'écart d'apport total d'eau (pluie + irrigation) a été de 132 mm : 299 mm (pour PM) et 431 mm (pour la lysimétrie).

Tableau 3. Apports d'eau selon les outils d'avertissement en irrigation

Phase	Plantation-levée (30 jours)	Levée-début grossissement (37 j)	Début grossissement maturité (27 j)	Plantation-maturité (94 j)
mm pluie	46,5	19,5	39	105
Bac A-80 %	36	130	100	266
Lysimètre 80 %	36	150	140	326
Formule PM	24	92	78	194
Agriculteur (MA)	108	336	240	684

Tableau 4. Résultats des mesures effectuées

Traitements	Nombre de tiges/plante (1)	Biomasse sèche (g/plante) (2)	Surface foliaire (cm ² /plante) (3)	Rendement (T/ha) (4)	Volume total apporté d'eau (m ³ /ha)	EUE (kg/m ³ d'eau) (5)
Bac A: BS	4,32 b	133,7 b	10.422 b	49,5 b	3.650	13,56 b
BN	4,1 b	119,1 b	10.379 b	42 b	3.650	11,50 b
Lysim. LS	4,8 b	139,3 b	10.393 b	52,5 a	4.310	12,18 b
LN	4,57 b	124,0 b	10.513 b	44,5 a	4.310	10,32
Pennman-M.						
PMS	4,07 b	127,2 c	10.043 b	49 b	2.970	16,5 a
PMN	3,97 b	112,6 c	10.093 b	41 b	2.970	13,8 a
Agriculteur						
(MA)S	5,47 a	144,2 a	11.310 a	49 b	7.890	6,21 c
(MA) N	5,07 a	126,4 a	11.512 a	40,5 b	7.890	5,13 c
Moy. Spunta	4,66	136,1	10.540	50	4.725	10,58
Nicola	4,43	120,5	10.620	42	4.725	8,9
CV %: Spunta	12,07	6,04	6,8	12,2	-	10,5
Nicola	5,68	6,05	7,4	16,4	-	9,7

(1): Comptage au stade levée (30 JAP); moyenne de 10 plantes/PE ; (2) et (3): Mesures à la maturité (stade 94 JAP); moyenne de 4 plantes/PE (4): Récolte au niveau de la zone intacte, soit 75 % de la superficie de chaque PE ; (5): Rapport rendement (kg/ha) au volume apporté d'eau (m³/ha)

2.2. Matière sèche de la partie aérienne de la plante (MS)

La MS a été, en moyenne, de 136,1 g/plante pour Spunta et de 120,5 g/plante pour Nicola, marquant des différences hautement significatives entre variétés et entre méthodes d'avertissement en irrigation (Tableau 4). L'interaction "variété-mode d'avertissement" a été significative au niveau du seul traitement lysimétrique. Les valeurs de la biomasse sèche des plantes peuvent être classées en trois groupes: (1) mode MA d'irrigation (144,2 g/plante pour Spunta et 126,4 g/plante pour Nicola); (2) lysimétrie et bac classe A, sans différences significatives entre eux (136,5 g/plante pour Spunta et 121,55 g/plante pour Nicola) ; (3) et formule de PM (127,2 g/plante pour Spunta et 112,6 g/plante pour Nicola).

Logiquement, durant la phase (1) "plantation-levée", on ne doit pas s'attendre à des différences significatives entre biomasses des plantes selon les outils d'avertissement en irrigation puisque les tiges sont à peine formées et les feuilles sont encore très peu développées (stade levée). En effet, cette phase (1) n'a jamais été jugée critique pour les besoins en eau de la culture (Bekraoui & Skiredj, 1997 ; Jbilou & Shisah, 1998 ; Abouchouar, 1997 ; Gravouille, 1995). Les différences significatives de biomasse des plantes obtenues entre les différents traitements ne peuvent alors s'expliquer

que par une levée étalée sur plusieurs jours, d'autant plus précoce (moins de 30 jours) que l'apport d'eau est élevé et le passage à la phase (2) est rapide. Sa généralisation au 30^{ème} jour après plantation a été commode pour l'entretien de la culture (fertilisation et buttage).

La phase (2) de 37 jours regroupe à la fois la croissance de la plante, la tubérisation et le début de grossissement des tubercules. Ces périodes sont connues comme phases critiques pour la culture de pomme de terre (Bekraoui & Skiredj, 1997 ; Jbilou & Shisah, 1998). Puisqu'il n'y a pas de différence significative de biomasse des plantes entre lysimètre (apport de 150 mm) et bac A (apport de 130 mm), il semble que les 20 mm de différence (150-130 mm) n'ont pas été valorisés. Par contre, les 38 mm de différence entre bac A et PM (130-92 mm) ont abouti à une différence significative de biomasse.

Durant la dernière phase culturale (3), l'appareil végétatif de la plante est déjà formé bien avant le grossissement des tubercules (Bekraoui & Skiredj, 1997 ; Jbilou & Shisah, 1998). Les 22 mm de différence entre bac A et PM (100-78 mm) ne semblent pas être responsables des différences significatives de biomasse des plantes.

Donc, les différences significatives de biomasse des plantes entre outils d'avertissement en irrigation semblent ne pouvoir être attribuées qu'aux apports

d'eau effectués durant la phase (2) "levée-début grossissement des tubercules".

2.3. Surface foliaire de la plante entière (SF)

La SF a été (moyenne des deux variétés sans différence significative entre elles) de 10,580 cm²/ plante. Aucune interaction "variété - mode d'avertissement en irrigation" n'a été significative (Tableau 4). La SF peut être classée en 2 groupes : (1) MA (SF maximale) et (2) bac A, lysimètre et PM, sans différences significatives entre eux. Les mêmes observations faites pour la biomasse restent valables pour la SF.

3. Rendement de la culture

La variété Spunta a produit 50 t/ha en moyenne, dépassant de plus de 18 % la production de la variété Nicola (42 t/ha) (Tableau 4). Aucune interaction significative n'a été observée entre variétés et outils d'avertissement en irrigation, ce qui facilite la vulgarisation du mode optimal de pilotage de l'irrigation dans le Loukkos pour toute variété utilisée. Quant à ces modes d'avertissement en irrigation, le lysimètre a permis l'obtention du plus haut rendement (52,5 t/ha pour la variété Spunta et 44,5 t/ha pour Nicola). Il a été suivi par les modes agriculteur (MA), bac classe A et formule PM, sans différences significatives entre eux (49,17 t/ha pour Spunta et 42,3 t/ha pour Nicola).

Afin de trouver l'apport optimal d'eau d'irrigation, il semble, que ce sont les apports de la phase (2) qui ont affecté la production. En admettant cette hypothèse (à vérifier dans nos prochains essais), il est raisonnable d'adopter les minima des apports d'eau en phases (1) et (3) et les apports pilotés par le lysimètre en phase (2). En phase (1), il suffit alors d'apporter 24 mm (PM) + 46,5 mm de pluie, soit un apport total de 70,5 mm d'eau. En phase (2), il faut apporter 150 mm (lysimètre) + 19,5 mm de pluie, soit un total de 169,5 mm d'eau. En phase (3), l'apport serait de 78 mm (PM) + 39 mm de pluie, soit 117 mm d'eau. Durant le cycle cultural, l'apport total (irrigation + pluie) serait alors de 70,5 + 169,5 + 117 = 357 mm d'eau. En cas de manque d'eau, il est recommandé d'adopter l'outil PM puisque les différences de rendement entre bac, PM et agriculteurs n'ont pas été significatives. Avec ce mode PM, l'économie d'eau est de 490 mm par rapport au mode agriculteur et de 72 mm par rapport à l'outil "bac classe A".

4. Efficience de l'utilisation de l'eau (EUE)

L'EUE a été, en moyenne, de 10,58 kg/m³ d'eau pour la variété Spunta et de 8,9 kg/m³ d'eau pour la variété Nicola (Tableau 4). Spunta, qui est la variété la plus utilisée au Loukkos (Chibane, 1999), a mieux valorisé l'eau d'arrosage que Nicola. L'EUE a été la plus faible (5,1 à 6,2 kg/m³ d'eau) au niveau du mode utilisé par les agriculteurs (MA). Elle a été, en moyenne, de 12,11 kg/m³ d'eau pour Spunta et de 10,2 kg/m³ d'eau pour Nicola pour les autres outils d'avertissement en irrigation. Plus l'apport d'eau est faible, plus l'EUE est élevée. En effet, au niveau du mode PM, l'EUE a été la plus élevée (16,5 kg/m³ pour Spunta et 13,8 kg/m³ pour Nicola). L'avertissement en irrigation par la formule empirique de Penman-Monteith a donné aussi un bon rendement en cas de manque relatif d'eau, mais avec une grande EUE, dépassant celle du bac classe A et du lysimètre (résultats confirmant ceux de Jensen *et al.*, 1990 et Abouchouar, 1997).

RÉFÉRENCES CITÉES

- Abouchouar Z. (1997) Détermination des besoins en eau et pilotage de l'irrigation de la betterave à sucre et de la pomme de terre selon le référentiel journalier de penman-Monteith dans le périmètre du Tadla. Mémoire 3^{ème} cycle agronomie, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II
- Allen R.G. & Fisher D.K. (1990) Low cost electronic weighing lysimeters. *Trans. ASAE* 33 (6) : 1823-1833
- Andrianasolo L. (1996) Évaluation des formules climatiques de l'évapotranspiration de référence: Penman-Monteith, FAO Blaney Criddle, SCS Blaney Criddle et évaporation bac dans trois contextes agro-climatiques au Maroc. Mémoire 3^{ème} cycle agronomie, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II
- Bekraoui A. (1996) Optimisation des apports hydriques et irrigation d'appoint. Cas de la pomme de terre aux Doukkala. Mémoire de 3^{ème} cycle horticulture, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II
- Bekraoui A. & Skiredj A. (1997) Comportement de la culture de pomme de terre au stress hydrique et importance de l'irrigation d'appoint aux Doukkala. *Actes Inst. Vet. (Maroc)* 17 (4): 267-278
- Bekraoui A. (1999) Appropriation des techniques d'économie d'eau à la parcelle dans la zone du Loukkos. Projet TCP/MOR/8822
- Chibane A. (1999) La pomme de terre. Transfert de technologie en agriculture, M.A.D.R.P.M.

- Evans R., Cassel D.K. & Sneed R.E. (1996) Étalonner les appareils de la mesure de l'eau du sol. North Carolina extension cooperative
- Gavin F. & Terry H. (1997) Using tensiometers for effective irrigation in Carnarvon. <http://www.agric.wa.gov.au.agency/pubns/pharmnde/1997/f0099.html>.
- Gravouielle J.M. (1995) Irrigation de la pomme de terre au plus près des besoins. *La pomme de terre Française* 488 : 44- 45
- Jbilou R. & Shisah M. (1998) Besoins en eau de la culture de pomme de terre dans le Loukkos. Impact du stress hydrique sur la production. Mémoire de 3^{ème} cycle horticulture, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II
- Jensen M.E., Burman R.D. & Allen R.G. (1990) Évapotranspiration and irrigation water requirements . *ASCE Manuals and reports on Engeneering Practices*, 70
- Sirjacobs M. (1988) Gestion courante de l'irrigation localisée sous abris serres en région aride. Utilisation de lysimètres à drainage. *Tropicultura* : 60-63
- Vankempen P., Le Corre P. & Bedin P. (1996) La pomme de terre. *Phytotechnie* : 363-414
- Wright J.L. & Stark J.C. (1990) Potato. *Amer. Soc. Agron.* 30 : 859-888
- Zizi N. (1988) Étude comparative de différentes formules d'estimation de l'évapotranspiration des cultures. Cas du périmètre de Tadla. Mémoire de 3^{ème} cycle horticulture, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II