

SIMULATION DE L'EFFET DU REGIME HYDRIQUE SUR LA PRODUCTIVITE DU BLE TENDRE

LAMINE, M* ; EL MOURID, M* et
OUATTAR, S. **

INTRODUCTION

Au Maroc, et plus particulièrement dans les zones arides et semi-arides, de nombreux auteurs (Ouattar et al., 1990, 1991; Boutfirass, 1990; Lahlou, 1989) se sont intéressés à l'étude de l'irrigation d'appoint. Ces auteurs ont montré que la réponse des céréales à l'irrigation varie selon l'année et la date d'apport d'eau. De plus, pour une même date d'irrigation, la variabilité des rendements reste considérable (Stewart et Musik., 1982). Ces variations sont dues, en grande partie, à l'irrégularité inter et intra-annuelle du régime de précipitations dans ces zones (Blum and Pannel, 1990; Jouve, 1980). En plus, la plupart des études menées sur l'irrigation d'appoint ne dépassent pas les deux années, ce qui n'est pas suffisant pour la détermination de la date de l'irrigation dans les zones où les précipitations inter et intra-annuelles sont très variables. De ce fait, nous proposons dans ce travail la simulation sur plusieurs années de l'effet de l'irrigation d'appoint sur le blé tendre.

L'objectif de cette étude est la détermination de la date d'apport d'eau permettant l'amélioration et la stabilisation des rendements du blé tendre.

*. INRA, CRRA, Settat, B.P. 589.

** IAV H II, Dept d'agronomie.

MATERIELS ET METHODES

Description du modèle utilisé

Le modèle SIMTAG est un modèle de simulation de la croissance et du développement du blé . Il a été élaboré et testé en zone méditerranéenne par l'ICARDA en collaboration avec l'Université du New England d'Australie (Stapper, 1984) . Il a été adapté au micro-ordinateur par El Mourid et Rafsnider (1990) .

Le modèle est basé sur des principes physiologiques, génétiques, morphologiques et physiques . Le pas de temps est quotidien .

Les entrées du modèle sont de quatre types : climatiques, édaphiques, génétiques et culturales .

Les principales sorties du modèle supposent que les conditions d'alimentation minérale ne sont pas limitantes et que les cultures sont indemnes de maladies et de mauvaises herbes et concernent le rendement et ses composantes; les stades phénologiques; l'humidité du sol et le bilan hydrique .

Situations étudiées

Cette étude a été effectuée dans la région de Khouribga . La croissance de quatre variétés de blé tendre (Nasma, Potam, Mexipack et Latesmall) a été simulée pour 21 années et sous cinq régimes hydriques . Les sols choisis sont en nombre de deux : un sol profond (SP) avec une réserve hydrique de 144mm et un sol peu profond de réserve hydrique de 81mm .

Les entrées du modèle sont résumées comme suit :

*** Données climatiques**

Les données climatiques journalières de 21 années ont été utilisées par le modèle . Ces années s'étendent de 1950-51 jusqu'à 1978-79 avec, dans l'intervalle, quelques années manquantes . Les années manquantes sont au nombre de sept : 53/54 à 57/58, 64/65, 65/66 et 70/71 .

*** Données édaphiques**

Les deux sols étudiés (Profond et Peu profond) ont les caractéristiques suivantes :

- Albedo : 0,16
- Constante d'évaporation du sol : 6,0mm
- Facteur de rétention de l'eau du sol : 5,0
- Facteur de drainage : 0,10mm/mm
- Nombre de la courbe de ruissellement : 60,0

Ces deux types de sol ont été subdivisés en différents horizons dont les caractéristiques hydriques sont résumées dans les tableaux I et II .

*** Données génétiques**

Les caractéristiques génétiques des quatre variétés choisies pour notre étude sont exposées dans le tableau III .

*** Données culturales**

Nous avons étudié 20 (4*5) situations culturales qui sont identifiées par la variété (au nombre de 4) et le régime hydrique (au nombre de 5) . Les autres pratiques culturales sont identiques .

Pour tous les traitements, la dose de semis est de 300 graines/m², la date de semis est fixée au 15 Novembre et la profondeur de semis est de 40 mm .

Les quatre variétés de blé tendre sont : Nasma, Potam, Mexipack et Latesmall .

Les cinq régimes hydriques sont :

- Le régime pluvial (SEC)
- Un régime irrigué (75mm) au 6 Janvier (IRRJAN, D. tallage)
- Un régime irrigué (75mm) au 10 Mars (IRRMARS, D. épiaison)
- Un régime irrigué (75mm) au 2 Avril (IRRAVRIL, D. Anthèse)
- Un régime irrigué 3 fois (75 mm au 06/01 + 75 mm au 10/03 + 75mm au 02/04) (IRRHUM) .

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Rendement grain

Les résultats obtenus montrent que les rendements en grain augmentent sous toutes conditions d'irrigation . Cependant, l'effet de l'irrigation d'appoint varie selon la date d'apport d'eau et selon le type du sol (Tableau IV) . En effet, sur un sol profond et en terme de moyenne des années et des variétés, l'irrigation au début tallage et celle appliquée au début épiaison ont engendré le meilleur rendement (49,5 et 48,8 qx/ha respectivement) . Sur un sol peu profond, c'est l'irrigation limitée au début épiaison qui donne les résultats les plus satisfaisants (37,6 qx/ha) . Nous notons par ailleurs que dans n'importe quelle situation étudiée le régime irrigué trois fois constitue la limite supérieure des rendements alors que la limite inférieure est obtenue par le régime pluvial . Les études qui ont été menées sur l'irrigation limitée ont montré l'importance de l'année

Tableau I : Caractéristiques hydriques des horizons de sol Profond .

	Horizon					
	1	2	3	4	5	6
Profondeur (mm)	0-50	50-225	225-450	450-750	750-1050	1050-1350
Stock d'eau à la saturation (mm ³ /mm ³)	0,330	0,330	0,360	0,370	0,380	0,360
Limite supérieure de drainage (mm ³ /mm ³)	0,320	0,320	0,340	0,350	0,330	0,300
Limite inférieure de l'eau extractible par la plante (mm ³ /mm ³)	0,130	0,140	0,200	0,220	0,250	0,270
Stock initial en eau (mm ³ /mm ³)	0,080	0,100	0,210	0,260	0,280	0,290
Stock d'eau après séchage à l'air (mm ³ /mm ³)	0,080	0,100	0,180	0,230	0,250	0,270

Tableau II : Caractéristiques hydriques des horizons de sol Peu profond .

	Horizon		
	1	2	3
Profondeur (mm)	0-50	50-250	250-600
Stock d'eau à la saturation (mm ³ /mm ³)	0,260	0,280	0,290
Limite supérieure de drainage (mm ³ /mm ³)	0,250	0,270	0,270
Limite inférieure de l'eau extractible par la plante (mm ³ /mm ³)	0,130	0,140	0,140
Stock initial en eau (mm ³ /mm ³)	0,130	0,140	0,140
Stock d'eau après séchage à l'air (mm ³ /mm ³)	0,110	0,130	0,140

Tableau III : Caractéristiques génétiques des variétés étudiées .

	Variété			
	Nasma	Potam	Mexipak	Latesmall
Sensibilité à la Vernalisation	0,003	0,003	0,003	0,004
Sensibilité à la photopériode (1/h)	0,20	0,20	0,20	0,20
Photopériode critique (h)	5,00	5,00	5,00	5,00
Temps photothermique depuis l'émergence jusqu'à l'initiation florale (d. jour) .	200	176	135	176
Temps photothermique depuis l'émergence jusqu'à l'anthèse (d.jour)	700	601	630	671
Taux d'apparition des feuilles (d.jour)	1,00	1,00	1,13	1,00
Taux de croissance du grain (mg/d. j/grain)	0,2	1,192	0,127	0,127

Tableau IV : Rendement en grain et rendement en matière sèche par régime hydrique sur le sol profond (SP) et le sol peu profond (SPP), les valeurs indiquent la moyenne des variétés étudiées .

	Rdt grain (g/m ²)		Matière sèche	
	SP	SPP	SP	SPP
IRRHUM	629a	489a	1688a	1361a
IRRJAN	494b	294d	1430b	928d
IRRMARS	488b	376b	1363c	1114b
IRRAVRIL	444c	347c	1259d	1010c
SEC	368d	256e	1100e	813e
Moy	485	352	1368	1045
LSD (0,05)	18,24	19,81	41,82	45,08
CV(%)	17,5	18,35	14,22	14,21

Tableau V : Variation interannuelle des rendements en grain et en Matière sèche par régime hydrique . Les valeurs indiquent la moyenne des coefficients de variation des rendements des variétés étudiées

	Rdt grain		Rdt Matière sèche	
	SP	SPP (CV %)	SP	SPP
IRRHUM	12	21	10	17
IRRJAN	26	38	20	31
IRRMARS	33	30	26	23
IRRAVRIL	44	42	37	36
SEC	47	47	42	42

climatique sur l'effet de la date d'apport d'eau (Singh, 1979 ; Hooker et al. 1983 ; Hang et Miller, 1989 ; Ouattar et al., 1990 ; et Blum and Pannell, 1990) . La plupart de ces auteurs ont trouvé que selon l'année, l'irrigation du début de cycle ou celle du milieu du cycle engendrent les meilleurs rendements . L'irrigation tardive n'a pas une grande importance sur l'amélioration du rendement grain (Singh, 1979 ; Lahlou, 1989 et Boutfirass, 1990) .

Les figures 1 et 2 présentent les probabilités d'avoir au moins un niveau de rendement donné . Ces figures permettent également de déterminer la probabilité à ce qu'un régime hydrique engendre des rendements meilleurs comparativement aux autres régimes . Ainsi, nous observons que chaque date d'irrigation a une probabilité d'être la meilleure . Cependant, les meilleures dates d'irrigation que nous avons obtenues en terme de moyenne les sont également en terme de probabilité .

Rendement matière sèche

Concernant la matière sèche, nous constatons qu'avec un sol profond, plus les irrigations d'appoint sont précoces plus les rendements sont élevés (Tableau IV) . Dans le cas du sol peu profond, l'irrigation limitée au début épiaison a donné la meilleure production en matière sèche au sein des traitements ayant reçu une seule irrigation .

Ces rendements montrent que nous pouvons avoir le même niveau de rendement avec des niveaux de matières sèche différents . En effet, sous le sol profond, l'irrigation au début tallage a favorisé le développement végétatif mais la faible disponibilité en eau, par rapport au régime épiaison, durant la phase reproductrice a défavorisé le rendement en grain . Cela confirme qu'un rendement grain élevé nécessite une matière sèche importante, à condition que l'eau ne soit pas limitante à la fin du cycle (Entz et Fowler, 1989) . Par ailleurs, les résultats que nous avons trouvés sur le sol profond concordent avec les résultats de Boutfirass (1990) .

Variabilité interannuelle des rendements

Pour avoir une idée sur la variabilité interannuelle des rendements, nous avons calculé le coefficient de variation des rendements obtenus, par simulation, durant les 21 années d'études . Les résultats présentés dans le tableau V, nous montrent que l'irrigation diminue la fluctuation, d'une année à l'autre, de la production . Cependant, l'effet varie avec le régime hydrique et le type du sol . En effet, la meilleure stabilité a été obtenue par l'irrigation complète puisque le coefficient de variation interannuelle du rendement grain a passé de 47 % sur les 2 types de sol à 12 % et 21 % dans le cas du rendement grain respectivement pour le sol profond et le sol peu profond .

En analysant les résultats obtenus avec les différentes dates d'irrigation d'appoint, nous remarquons d'abord que la variation de rendement en grain ou en matière sèche est plus importante sur le sol peu profond que sur le sol profond . Sur le sol profond la meilleure stabilité est obtenue suite à l'irrigation du début

Tableau VI : **Transpiration (EP) et le ratio de la transpiration sur l'évapotranspiration réelle (EP/ET) par régime hydrique . Les valeurs indiquent la moyenne des variétés étudiées .**

	EP (mm)		EP/ET (%)	
	SP	SPP	SP	SPP
IRRHUM	383a	280a	70a	62a
IRRJAN	279c	182d	62b	48d
IRRMARS	297b	226b	63b	57b
IRRAVRIL	275c	210c	58c	50c
SEC	221d	163e	53d	44e
Moy	291	212	61	52
LSD	9,71	9,32	1,50	1,79
CV	15,07	14,45	11,45	12,70

Tableau VII : **Efficiéce d'utilisation de l'eau pour le grain et pour la biomasse . Les valeurs présentent la moyenne des variétés étudiées .**

	grain		Matière sèche	
	SP	SPP	SP (g/m ² /mm)	SPP
IRRHUM	1,16a	1,07a	3,10a	2,99a
IRRJAN	1,11a	0,77d	3,20a	2,43c
IRRMARS	1,04b	0,94b	2,92b	2,79b
IRRAVRIL	0,93c	0,83c	2,65c	2,41c
SEC	0,88c	0,69e	2,64c	2,21d
Moy	1,02	0,86	2,90	2,57
CV	15,05	17,68	12,31	13,34
LSD	0,06	0,05	0,14	0,09

tallage, alors que sur le sol peu profond c'est l'irrigation au début épiaison qui est la meilleure . L'amélioration de la stabilité engendrée par l'irrigation tardive est relativement la plus faible . Dans le cas du sol peu profond, la grande fluctuation interannuelle des rendements en grain sous le régime début tallage peut s'expliquer par le fait qu'à la fin du cycle l'évolution du stock d'eau dans le sol est pratiquement la même que celle sous le régime pluvial . Ainsi, la variation des rendements sous l'irrigation du début tallage tend vers celle sous le régime pluvial (Fig. 3 et 4) .

Consommations hydriques et efficience d'utilisation de l'eau

L'effet simulé du régime hydrique est très hautement significatif . En effet, les résultats présentés dans le tableau VI montrent que le régime hydrique agit à la fois sur le niveau de la transpiration de la culture et sur la part de la transpiration sur l'évapotranspiration réelle .

Nous remarquons par ailleurs que dans toute les situations plus la dose d'irrigation augmente plus la consommation hydrique augmente . Cependant, le changement de la date de l'irrigation donne des résultats différents selon le type du sol .

Sur le sol profond, la transpiration varie de 221 à 383 mm selon le régime hydrique . Dans les régimes à irrigation d'appoint, nous trouvons que l'irrigation au début épiaison est celle qui assure la transpiration la plus élevée (297 mm) . Les irrigations au début tallage et celle appliquée à l'anthèse ont engendré le même niveau de transpiration .

Sur le sol peu profond, c'est toujours sous l'irrigation du milieu du cycle que la culture transpire le plus (tableau VI) . L'irrigation tardive a assuré un niveau de transpiration meilleure que celui réalisé avec l'irrigation précoce .

Un moyen pour apprécier les pertes d'eau engendrées par évaporation est le ratio de la transpiration sur l'évapotranspiration . Dans notre étude les résultats montrent que ce ratio diminue avec la réduction de la réserve hydrique du sol . Ainsi, et en fonction du régime hydrique, le ratio de transpiration sur l'évapotranspiration varie de 53 à 70 % dans le cas d'un sol profond et de 44 à 61 % dans le cas d'un sol peu profond (Tableau VI).

Nous constatons également que la date de l'irrigation a un effet significatif sur la part d'eau transpirée par la culture . Cet effet diffère selon la réserve hydrique du sol . En effet, la part de la transpiration dans l'évapotranspiration est la même sous les irrigations au début tallage et celle du début épiaison, sur le sol profond . Tandis que sur le sol peu profond cette part est significativement différente entre les irrigations appliquées au début ou au milieu du cycle . En outre, nous notons l'amélioration relative de ce ratio sous l'irrigation tardive en passant du sol profond, au sol peu profond (Tableau VI) . Ces résultats confirment ceux des travaux d'Angus et al. (1980) qui montrent que plus le rapport de la transpiration sur l'évapotranspiration augmente plus l'efficience d'utilisation de l'eau augmente (Tableau III et IV) .

En ce qui concerne l'efficience d'utilisation de l'eau nous remarquons que quelque soit la situation hydrique, aussi bien pour le grain que pour la biomasse, cette efficience est plus importante sur le sol profond que sur le sol peu (Tableau VII) . Par ailleurs, l'effet de l'irrigation est très hautement significatif . Les meilleurs efficaciences sont obtenues par le régime irrigué trois fois . Dans le cas du sol profond, l'irrigation tardive n'a pas amélioré cette efficience, alors que l'irrigation précoce a engendré une efficience similaire à celle obtenue sous l'irrigation complète .

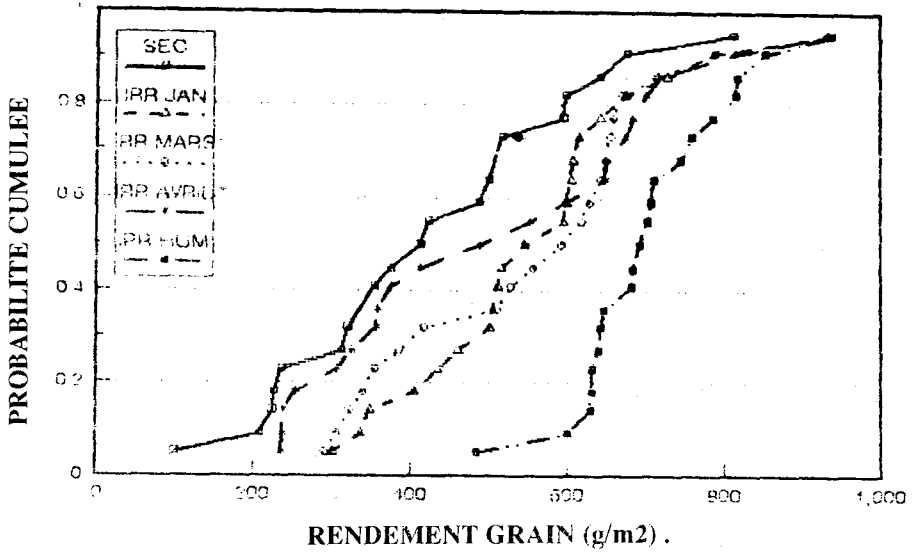


Figure 1 : Fréquences de rendement grain de la variété Nasma sous les différents régimes hydriques sur sol profond

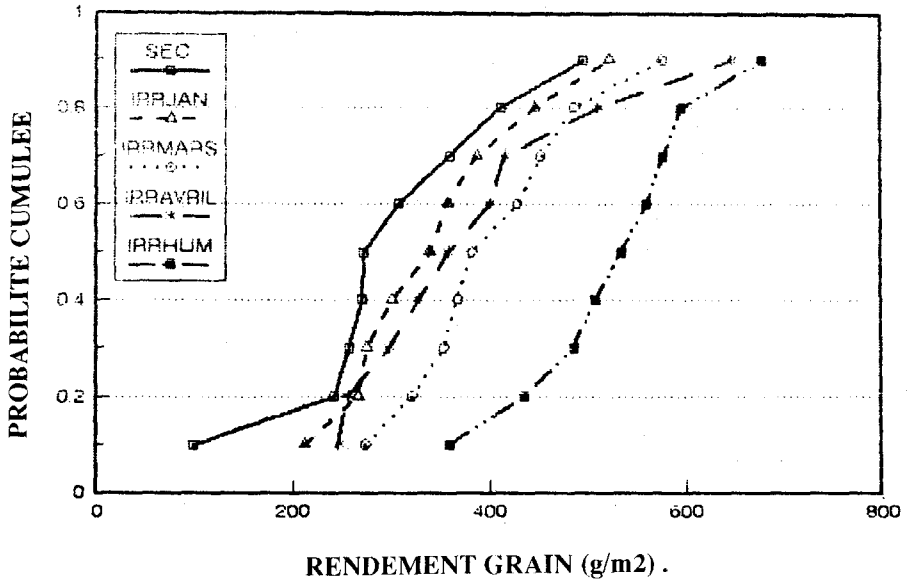


Figure 2 : Fréquences de rendement grain de la variété Nasma sous les différents régimes hydriques sur le sol peu profond

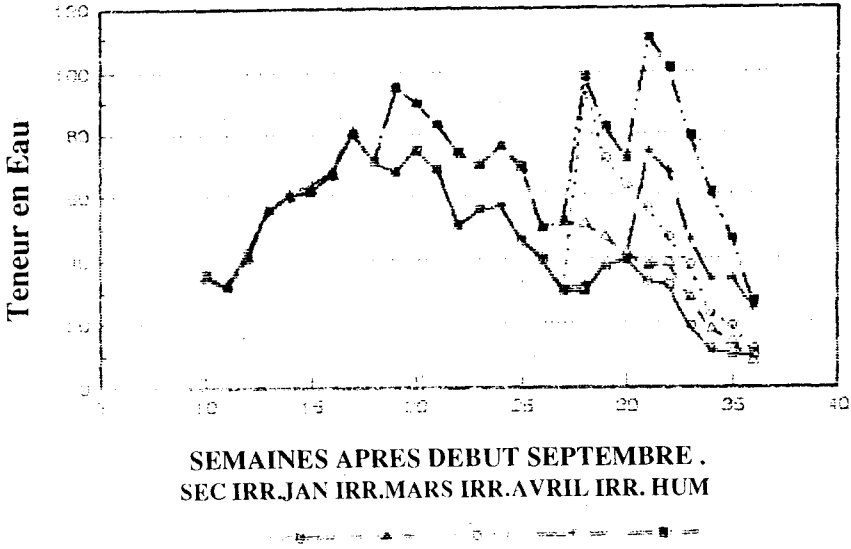


Figure 3 : Evolution de la disponibilité en eau du sol pour la variété Nasma sous différents régimes hydriques sur le sol profond

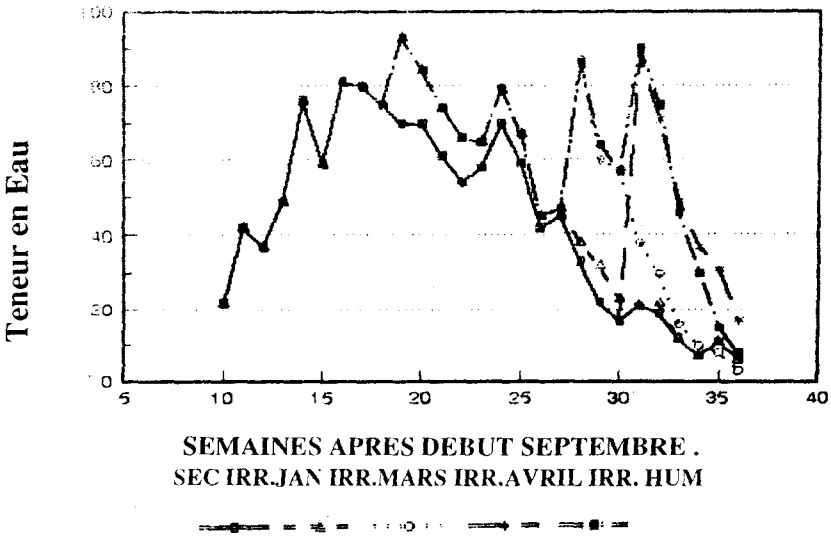


Figure 4 : Evolution de la disponibilité en eau du sol pour la variété Nasma sous différents régimes hydriques sur le sol peu profond

CONCLUSION

Sur les vingt et une années de simulation de l'effet de l'irrigation d'appoint sur la productivité du blé tendre, nous pouvons conclure ce qui suit :

En terme de moyenne des années, nous avons trouvé que les résultats obtenus au sein de la même date d'irrigation varient selon le type de sol . En effet, sur un sol profond, l'irrigation au début épiaison et celle au début tallage donnent les meilleurs rendements ; alors que sur un sol peu profond, c'est uniquement l'irrigation au début épiaison qui s'est avérée être la meilleure . Sur ce dernier sol l'irrigation tardive est meilleure que la précoce . Par ailleurs, les dates d'irrigation que nous avons trouvées adéquates en terme de moyenne le sont également en terme de probabilité .

Concernant la variabilité inter-annuelle des rendements , elle est plus accentuée dans le cas d'une faible réserve hydrique de sol . La date d'apport d'eau permettant la meilleure stabilité est celle du début tallage sur le sol profond et celle du début épiaison sur le sol peu profond .

Pour les deux types de sol, les dates de l'irrigation d'appoint qui assurent les meilleures améliorations du rendement engendrent en même temps les meilleures efficacités d'utilisation de l'eau . Cela se fait principalement par l'amélioration du ratio de la transpiration sur l'évapotranspiration .

RESUME

A travers la littérature, dans les zones arides et semi-arides de la méditerranée, les résultats des essais menés sur l'irrigation d'appoint montrent que la date d'apport d'eau est controversée .

La grande variation interannuelle des régimes des précipitations dans ces régions est la principale cause de la variation des rendements de blé tendre au sein de la même date d'irrigation .

De ce fait, notre étude consiste en la simulation de l'effet du régime hydrique sur la productivité de blé tendre sur plusieurs années . Le modèle de simulation de la croissance et de développement du blé 'SIMTAG' est utilisé pour réaliser ce travail .

Les résultats obtenus montrent qu'effectivement la date d'apport d'eau permettant l'obtention des meilleurs rendements varie selon l'année et selon le type de sol .

Pour la région de Khouribga et en terme de moyenne des années, l'irrigation d'appoint au début épiaison ou celle du début tallage est la meilleure sur un sol profond . Sur un sol peu profond, c'est surtout l'irrigation au début épiaison qui est la meilleure .

Par ailleurs, les dates d'apport d'eau que nous avons trouvées meilleures en terme de moyenne le sont aussi en terme de probabilité .

ABSTRACT

In the arid and semi-arid zones of the mediterranean region, the literature on supplemental irrigation trials presents contradictory results concerning the date of irrigation . The variability in the precipitation regime is a major cause of the year to yield variability under irrigation applied at the same date .

In this study, we simulated the effect of the water regime on bread wheat productivity over several years . The model 'SIMTAG' (Simulation of `Triticum Aestivum Genotypes) was used to do this work .

The results gained by this model show that the timing of supplemental irrigation varies from one year to another and between types of soils .

In the Khouribga region, during average years, irrigation at tillering or at heading produces the best results in deep soil . On the shallower soil . Limited irrigation applied at heading is better than that applied at tillering or at anthesis .

Elsewhere, we found that the best average date to apply limited irrigation demonstrated the greatest probabilities for successful results .

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier les responsables de l'INRA, Projet aridoculture (USAID/MIAC N° 608-0136) à Settat et du Projet PAC (ICARDA IDRC) pour le support financier .

ملخص

إن مراجعة البحوث التي أمجزت حول موضوع السقي المحدود في المناطق الجافة و الشبه الجافة لحوض البحر الأبيض المتوسط ، تبين أن هناك تبايناً واختلافاً في الفترة الزمنية التي يجب خلالها جلب الماء .

التغيرات الشديدة في نظام الأمطار بهاته المناطق تعد من أهم الأسباب التي تجعل المحاصيل تتفاوت من سنة لأخرى على الرغم من أنها سقيت خلال نفس الفترة الزمنية .

في هذا البحث ، تمت دراسة تأثير النظام المائي على مردودية القمح الطري و ذلك لعدة سنوات . النموذج الممثل لنمو و لتطور القمح الطري المسمى بـ «سيمطاك» قد استعمل لهذا الغرض .

النتائج المحصل عليها تبين بالفعل أن فترة جلب الماء تتغير من سنة لأخرى وتتأثر بنوعية التربة .

بالنسبة لمنطقة خريبكة وعلى أساس معدل السنوات ، نجد أن السقي في فترة الإسطاع أو في بداية الإسبال هما اللتان تمكنان من الحصول على أحسن النتائج في حالة التربة العميقة ، بالنسبة للتربة المتوسطة العمق نجد أن فترة بداية الإسبال هي وحدها الملائمة .

من جهة أخرى النتائج المحصل عليها في هذا البحث تثبت أن أحسن الفترات الزمنية لجلب الماء المحصل عليها على أساس معدل السنوات تبقى كذلك هي الأفضل على أساس الإحتمال .

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANGUS, J. F. ; H. A. NIX, J. S. RUSSELL, and J.E.KRNISING, 1980 : Water use, Growth and Yield of Wheat in subtropical environment : Aust. J. Agric. Res., 31, 973-86 .

BLUM, A. and Y., PANNEL, 1990 . Physiological attributes associated with drought resistance of wheat cultivars in a mediterranean environment . Aust. J., Agric. Research , 799-810 .

BOUTFIRASS, M. 1990. Irrigation d'appoint et efficience d'utilisation de l'eau en zon semi-aride ; Cas du blé tendre mémoire de fin d'études . I.A.V. Hassan II, Rabat.

EL MOURID, M. 1988 . Performance of wheat and barley cultivars un der différent soil moisture regimes in a semi arid-region . Phd. Thesis, Iowa State University .

EL MOURID, M., and J. RAFSNIDER 1990 : A wheat crop model for crop mangement in a semi-arid region of Morocco . In : R.C Muchow and J.A Bellamy (ed.) climatic risk in crop production : Models and management for the semi-arid tropics and subtropics . (Pasper Papers) St Lucia, brisbane, July 2-6, 1990 . University of Queensland, Australia .

ENTZ, M.H. and D.B, FOWLER, 1989. Influence of crop water environment and dry matter accumulation on grain yield of Notill winter wheat. Can. J. Plant Sci., 69, 367-375 .

HANG, N. and D. E., MILLER, 1989 . Wheat development as affected by water deficit. High frequency sprinkler irrigation . Scientific paper n° 6256, Projet 0481 . Washington State University .

HOOKER, M. L., S. H., Mouhiuddin, and E. T., KANEMASSU, 1983. The effects of irrigation timing on yield and yield componants of winter . Can. J. Plant sci. 63, 815-823 .

JOUVE, A. M., 1980 . Démographie et céréaliculture . Evolution comparée de la démographie et de la céréaliculture au Maroc depuis le début du siècle . R. G. M. n°4, SD, S. H., I.A. V. Hassan II Rabat.

LAHLOU, O., 1989 . Irrigation d'Apoinet et Efficience d'utilisation de l'eau en zone semi-aride : Cas du blé tendre . Mémoire de fin d'études . I.A.V HILL, Rabat.

LAMINE, M., 1991. simulation de l'effet du régime hydrique sur la productivité du blé tendre dans la région de Kjouribga . Mémoire de fin d'études . I.A.V. Hassan II, Rabat.

OUATTAR, S., T.E., AMEZIANE, M. ELMOURID et O. LAHLOU, 1990

Etude expérimentale de l'irrigation d'appoint. Projet d'intensification de la production céréalière .

Vol. 3. MARA/I.A.V. Hassan II , Rabat .

OUATTAR, S., T. E., AMEZIANE, M. ELMOURID et O. LAHLOU, 1991 .
Gestion de la contrainte hydrique et rentabilité économique de l'irrigation d'appoint. Projet d'intensification de la production céréalière. Vol. 4, MARA/I.A.V Hassan II, Rabat.

SINGH, N.T. , R. SINGH, P.S. MAHAJAN and A.C VIG : 1979 : Influence of supplemental Irrigation and pre-sowing soil water storage on wheat. Agron. J. 71: 483-486 .

STAPPER, M., 1984. SIMTAG : A simulation model documentation. ICARDA., Aleppo. Syria.

STEWART, R. A. et J. T., MUSIK, 1982. Conjunctive use of rainfall and irrigation in semi-arid region. pp 5-7 : Hillel, D. (ed.) Advances in irrigation . Academic Press, New York.

SOMMAIRE

Résistance du Colza à la sécheresse revue bibliographique BOUJGHAGH, M., et BENSAOUD, A.,	3
Acquis de Recherche sur la Physiologie du Stress Hydrique au Centre Aridoculture KARROU, M., et EL MOURID, M.,	19
Evaluation des écotypes marocains de maïs : étude de la résistance à la sécheresse OUATTAR, S., RACHIDI, F., SADIKI, ELASRI, M.	35
Etude des interactions entre le déficit hydrique et la jaunisse nanisante chez l'orge IBRIZ, M., MONNEVEUX, P., CHERY, J., COMEAU, A.,	49
Carbon dioxide exchange rate and nitrogen partitioning of spring wheat grown under different soil moisture and nitrogen conditions KARROU, M.	89
Accumulation de l'acide -1- malonyl aminocyclo-propane -1- Carboxylique (macc) par des variétés marocaines de blé en réponse au déficit hydrique BENICHOU, M., EL MOURID, M., et EL BOUSTANI, E.,	107
Amélioration de la méthode d'analyse chimique de l'acide -1- malonylaminocyclopropane -1- carboxylique (macc) dans un extrait brut de feuilles de blé BENICHOU, M., EL MOURID, M. et EL BOUSTANI, E	125
Simulation de l'effet du régime hydrique sur la productivité du blé tendre LAMINE, M. ; EL MOURID, M. et OUATTAR, S.	141