

Effet du régime hydrique sur la régulation stomatique de trois variétés de blé dur

Samir K.¹, El Mourid M.² et Ismaili M.³

¹Université Hassan II Mohammedia, Faculté des sciences Ben M'Sik Casablanca, Maroc

²Centre aridoculture de Settât B.P. 589, Maroc

³Université Moulay Ismaïl, Faculté des sciences Meknès, Maroc

Résumé

*La rareté de l'eau est la principale contrainte affectant la production de blé dur en zones semi-arides marocaines. La sélection de génotypes, basée sur les traits physiologiques de tolérance à la sécheresse, reste parmi les moyens les plus efficaces de lutte contre le stress abiotique. L'objectif fixé à cette recherche était d'évaluer des critères physiologiques impliqués dans la tolérance à la sécheresse chez trois variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) : Karim, Marzak et Oum Rabia. L'expérimentation s'est déroulée au champ (Domaine expérimental de Sidi El Aydi, Settât) et sous serre (Centre Aridoculture, Settât) en 1990-91 et 1991-92. Au champ, les niveaux de stress hydrique ont été imposés à l'aide du système d'irrigation à gradient (Line source sprinkler system). Les dispositifs expérimentaux adoptés sous serre étaient en bloc aléatoire complet (1990-91) et en split-plot (1991-92). Les études conduites ont fait ressortir des différences entre variétés en terme de transpiration foliaire, résistance stomatique et température du couvert végétal. Marzak et Oum Rabia se sont caractérisées par une diminution de la sensibilité stomatique. En revanche, Karim a connu sous stress hydrique une forte chute de sa transpiration résultant d'une forte sensibilité stomatique. Ceci a induit une augmentation de la température des feuilles et du couvert végétal. La variété Karim paraît être plus sensible à la sécheresse que Marzak et Oum Rabia. Elle serait recommandée pour les zones favorables alors que Marzak et Oum Rabia auraient une plus large adaptation.*

Mots clés : Blé dur, transpiration, résistance stomatique, température du couvert végétal, tolérance à la sécheresse, critères de sélection

Abstract : Water regime effect on stomatal regulation of three durum wheat varieties

*Water scarcity is the primary constraint affecting crop production of durum wheat in semi-arides regions of Morocco. The selection of better adapted genotypes, based on physiological traits, is the one of the solutions to drought. The purpose of this study was to evaluate some physiological criteria contributing to drought tolerance on three durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars : Karim, Marzak and Oum Rabia. The experiments were conducted in the field*

(Sidi El Aydi, Settat) and in the greenhouse (Aridoculture Centre, Settat) during 1990-91 and 1991-92. The experimental designs in the greenhouse were randomized complete block design (1990-91) and split plot (1991-92). In the field, water stress levels were imposed by the gradient irrigation system (Line source sprinkler system). The physiological parameters measured were stomatal resistance, leaf transpiration and canopy temperature. The results showed significant differences between varieties. Marzak and Oum Rabia were characterized by the diminution of stomatal sensitivity. The decrease in turgescence in case of the cultivar Karim under water stress caused a drop in transpiration which induced increase in canopy temperature. Hence, Karim the more sensitive variety to drought compared to Marzak and Oum Rabia, would be recommended for wet favorable areas whereas Marzak and Oum Rabia have wider adaptation.

Key words : Durum wheat, transpiration, stomatal resistance, canopy temperature, drought tolerance, selection criteria

ملخص : تأثير النظام المائي على مؤهلات إرتشاح الأوراق عند ثلاثة أنواع من القمح الصلب

سمير ك.1، المريد م.2 والإسماعيلي م.3

1 جامعة الحسن الثاني، المحمدية، كلية العلوم ابن مسيك، الدار البيضاء، المغرب

2 المركز الجهوي للبحث الزراعي، سطات، المغرب

3 جامعة مولاي إسماعيل، كلية العلوم، مكناس، المغرب

تعد قلة الماء من أهم العوامل المؤثرة على مردودية القمح الصلب بالمناطق شبه الجافة المغربية. ويعتمد خلق أصناف نباتية على خصائص فيزيولوجية مؤهلة لإحتمال الجفاف وهي من الطول جد الناجعة تحت هذا المناخ. يهدف هذا البحث إلى تقييم بعض الخصائص الفيزيولوجية التي تمكن من تحمل الجفاف عند ثلاثة أنواع من القمح الصلب وهي كريم، مرزاق وأم الربيع. أجريت التجارب بالحقل بمحطة سيدي العيدي (سطات) وبالبيوت الزجاجية بالمعهد الوطني للبحث الزراعي خلال السنتين (1991-90) و(1992-91). بالحقل خضعت الأنظمة المائية لنظام سقي تدرجي وبالبيوت الزجاجية خضعت لنظام سقي عفوي (1991-90) ولنظام السبليت بلوت (1992-91). الخصائص الفيزيولوجية التي قيست كانت رشح الأوراق، مناعة التعتث وحرارة الغطاء النباتي. أظهرت الدراسة فوارق بين الأنواع النباتية الثلاثة. مرزاق وأم الربيع تميزا بنقصان قليل في الرشح، بينما كريم تميزت بإنخفاض كبير في رشح الأوراق مما رفع حرارة غطائها النباتي. كخلاصة، هذه الدراسة تبين فرق، في التجارب

الفيزيولوجية مع الجفاف لدى الأنواع النباتية الثلاثة كل نوع من الأنواع سلك طريقة مختلفة تحت ضغط الجفاف، كريم ظهرت جد متأثرة في الظروف الجافة لهذا ينصح استعمالها في غير هاته الظروف أما أم الربيع ومرزاق فقد برهنا على قدرة أوسع بهذا يمكن استعمالها في مناطق مختلفة.

الكلمات المفتاحية: قمح صلب، رشح الأوراق، مناعة التعت، حرارة الغطاء النباتي، مقاومة الجفاف، خصائص التصنيف

Introduction

Plusieurs mécanismes sont impliqués dans la réduction des pertes en eau de la plante. La régulation de l'ouverture stomatique est de loin le mécanisme essentiel par lequel les plantes contrôlent les pertes en eau (Johnson et al., 1987). Les stomates agissent de concert avec d'autres processus physiologiques et métaboliques de manière à maintenir une turgescence positive. En effet, le comportement des stomates à l'égard du déficit hydrique est sous le contrôle des mécanismes d'ajustement osmotique (Ludlow et al., 1983 ; McCree et al., 1987) ainsi que de certaines caractéristiques physiologiques énumérées (Sen Gupta et al., 1988). L'osmorégulation est considérée par Blum (1989), Ludlow et al. (1990) et Morgan (1995), comme étant le processus essentiel responsable de l'ajustement des stomates. Elle permet le maintien de la turgescence des cellules de garde et subsidiaires, contrebalançant ainsi la chute du potentiel hydrique provoquée par le déficit en eau (Morgan, 1983). Du point de vue physiologique, la conductance stomatique ne semble être affectée qu'à partir d'un certain seuil critique du potentiel hydrique (Seropian et al, 1984). La sensibilité des stomates à la chute du potentiel hydrique est très influencée par les conditions de croissance de la plante (Jordan et Ritchie, 1971 ; Davies, 1977). Elle décroît avec le nombre de cycles de stress hydrique Thomas et al. (1976). Shimshi et al. (1982) et Johnson et al. (1987), ont considéré l'habilité d'une variété à garder ses stomates ouverts malgré le stress hydrique comme étant une forme de tolérance au stress hydrique. De même, Martin et al. (1992) ont montré que les variétés les plus productives en conditions de sécheresse présentent une sensibilité stomatique basse, leur permettant une meilleure assimilation au cours du temps. Jones (1979) a rapporté que dans les environnements où des quantités d'eau sont emmagasinées dans le sol, une sensibilité stomatique élevée limiterait la production. Cependant, une grande sensibilité stomatique est très bénéfique en cas d'un stress hydrique de courte durée (Levitt, 1980).

L'objectif de cette recherche est d'étudier l'effet du stress hydrique sur la régulation stomatique et d'examiner l'aptitude de certains génotypes de blé dur étudiés à s'adapter à la sécheresse.

Matériel et méthodes

Matériel végétal

Des essais ont été réalisés au champ et sous serre durant les années 1990-91 et 1991-92. Le matériel végétal est formé de trois variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) : Karim, Marzak et Oum Rabia. Ces variétés obtenues récemment, ont une large adaptation à l'exception de Karim (MARA, 1990).

Expérimentation sous serre

Les semis (10 plantes par pot de diamètre intérieur 26 cm et de hauteur 30 cm) effectués en fin février (1990/91) et en fin décembre (1991/92) ont été réalisés sur un substrat sol (2/3) - sable (1/3) composé de 27% d'argile, 26% de limon et 47% de sable. Les humidités massiques à la capacité au champ (Hcc) et au point de flétrissement du même substrat sont 17 et 13%, respectivement. Les apports d'engrais ont été faits à raison de 45 Kg ha⁻¹ de P₂O₅ et de 80 Kg ha⁻¹ d'azote sous forme de sulfate d'ammoniaque.

Les facteurs " variété " et " période de stress " étudiés en 1990-91 étaient disposés en bloc aléatoire complet à quatre répétitions. En plus du témoin (S0) irrigué à l'Hcc (95 à 100%), trois traitements à périodes de stress (correspondant à 40, 45% Hcc) différentes ont été retenus : (S1) ou le stress était maintenu jusqu'à l'épiaison (58 jour après semis : jas) puis on a réirrigué, (S2) avec un stress maintenu jusqu'à la floraison (62 jas) et (S3) ou le stress était suspendu au cours du remplissage du grain (65 jas). En 1991-92, le dispositif utilisé est un split plot à quatre répétitions, le régime hydrique étant appliqué en parcelle principale et la variété en parcelle élémentaire. Le facteur " régime hydrique " consistait en trois niveaux de stress hydrique maintenus constants tout au long du cycle de la plante. Ces niveaux correspondaient à des fractions bien déterminées de l'Hcc du substrat utilisé : (R1) bien pourvu en eau, 95 à 100 % Hcc, (R2) modérément alimenté en eau, 50 % Hcc et (R3) carencé en eau 25 % Hcc.

Expérimentation au champ

L'étude s'est déroulée au domaine expérimental de Sidi El Aydi (31°15'N, 7°30'W) dont la moyenne annuelle des pluies estimée sur 67 ans est de 386 mm (Watts et El Mourid, 1988). Le sol est de type calcimagnésique, riche en argile de type montmorillonite. Le semis (250 graines m⁻²) a été effectué pour les deux années d'étude durant la deuxième moitié de novembre. La fertilisation de fond s'est limitée à 45 Kg ha⁻¹ de P₂O₅ et celle azotée à 40 Kg N ha⁻¹. La quantité d'eau reçue durant l'année 1990-91 (297 mm) s'est montrée inférieure à la moyenne. Les températures durant cette année ont été caractérisées par une faible amplitude. La campagne agricole 1991-92 s'est caractérisée par une irrégularité et une faiblesse des pluies (247 mm). Les températures, durant cette année, ont été caractérisées par des amplitudes plus fortes que la normale. Les régimes hydriques étaient créés à l'aide d'un système d'irrigation

à gradient (line-source sprinkler system (Hanks et al., 1976)), avec une bonne répartition des doses d'irrigation durant tout le cycle végétatif. Ces régimes étaient au nombre de trois : un régime RH1 bien fourni en eau (100 mm reçue en 1990-91 et 170 mm reçue en 1991-92), un régime RH2 avec des quantités intermédiaires d'eau (40 mm reçue en 1990-91 et 80 mm en 1991-92) et un régime pluvial RH3 recevant seulement la pluviométrie de l'année.

Le dispositif expérimental était un Strip-plot à quatre répétitions où le régime hydrique était alloué à la grande parcelle et la variété à la petite parcelle. La taille des parcelles était de 8 m et 22 m. Les variétés ont été réparties perpendiculairement à la ligne d'asperseur (line-source) de façon aléatoire. Les régimes hydriques n'étaient pas randomisés. Ils étaient considérés comme étant des mesures répétées dans l'espace et où les variétés sont disposées en bloc aléatoire complet (Freund et al., 1986). Les analyses statistiques ont été faites par année. Le logiciel utilisé était le SAS (Statistical Analysis System, 1988). Pour tester les effets des deux facteurs et de leur interaction, nous avons utilisé l'ANOVA avec mesures répétées (Repeated measure multivariate analysis of variance (Freund et al., 1986)). La comparaison des moyennes est entreprise utilisant le test de la plus petite différence significative (PPDS) dans le cas de signification d'un facteur, ou d'interaction de facteurs.

Mesures et observations

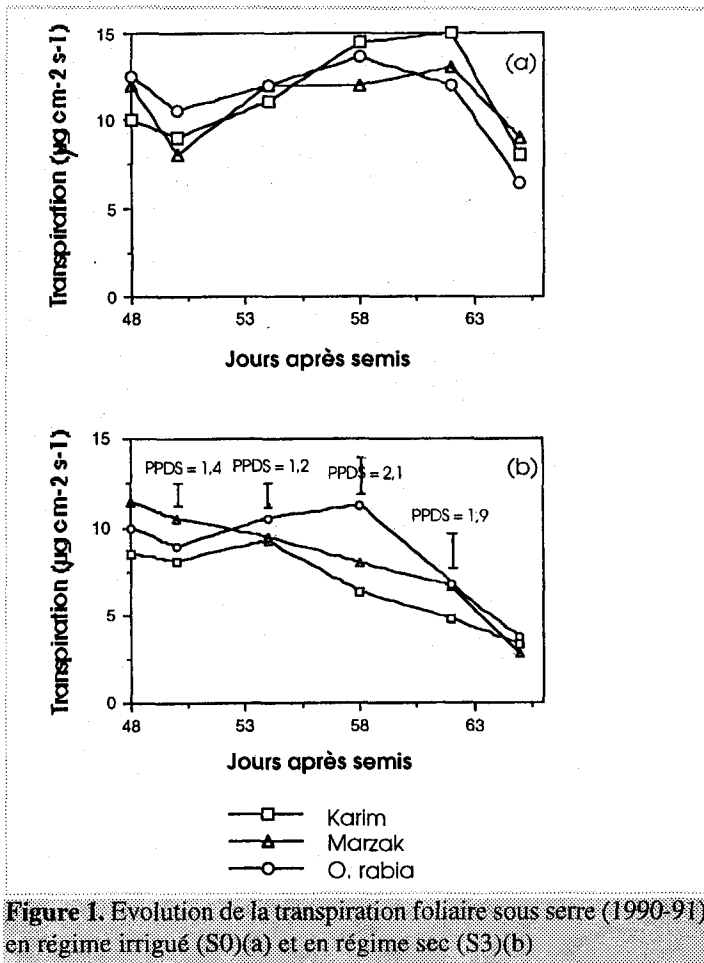
Les paramètres mesurés ont concerné la résistance stomatique, la transpiration et la température foliaire. L'appareil de mesure était un poromètre du type LICOR (LI 1600, Licor Inc. Lincoln, NE, Nebraska, USA). La feuille drapeau qui sert à la mesure est placée de telle sorte que le thermocouple de l'appareil soit en contact avec le milieu de la feuille. Les mesures de la température du couvert végétal étaient limitées au champ et ont été effectuées à l'aide du thermomètre portatif à infra rouge (Model 210, Everest Inter-Sciences, Inc.). Toutes ces mesures, y compris la température du couvert végétal, étaient entreprises sous un ciel bien dégagé, entre 12 h et 14 h. Elles ont été répétées dans le temps depuis le début montaison jusqu'au stade laiteux.

Résultats

Evolution de la transpiration foliaire

Sous serre et durant l'année 1990-91, l'analyse de la variance a fait ressortir des différences significatives entre régimes hydriques, de plus l'interaction régime hydrique * variété s'est révélée significative. Alors que l'effet variété n'était pas significatif. Il n'y a pas eu de différences significatives en terme de transpiration chez les plantes fréquemment irriguées (S0). La transpiration au niveau de ce régime (S0) a oscillé entre 7 et 15 $\mu\text{g cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Figure 1a). Chez les plantes soumises aux conditions du régime hydrique sec (S3) (Figure 1b), la transpiration foliaire a subi des chutes plus ou moins importantes en fonction des variétés. Au niveau de ce

régime, l'analyse de la variance a fait ressortir des différences significatives entre variétés, surtout, au stade épiaison (58 jas) et floraison (62 jas). La variété Karim a enregistré les valeurs de transpiration les plus faibles tout au long de la période de stress hydrique ($6 \mu\text{g cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ en épiaison et $4,5 \mu\text{g cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ en floraison). En revanche, Oum Rabia a semblé transpirer beaucoup plus que les autres variétés, surtout au stade épiaison ($11,25 \mu\text{g cm}^{-2} \text{s}^{-1}$). Quant à Marzak, elle a présenté une situation intermédiaire.



Durant l'année 1991-92 en serre, l'ANOVA a montré des différences significatives entre régimes hydriques mais pas entre variétés. Toutefois, l'interaction de ces deux facteurs s'est révélée significative. Les différences variétales ne se sont pas montrées significatives pour la transpiration en conditions non stressantes (R1) (Figure 2a). Elles se sont cependant révélées significatives en régime sec (R3) (Figure 2b). Pour ce régime, la transpiration était maximale au stade épiaison (58 jas) en réponse à la forte demande climatique durant cette période.

Karim et Marzak ont fait augmenter graduellement leur transpiration jusqu'au stade épiaison, l'augmentation était plus prononcée chez Marzak que chez Karim. Au delà de ce stade, la transpiration a chuté pour ces deux variétés. Par contre, Oum Rabia a gardé un comportement presque similaire entre la phase végétative et la phase reproductrice.

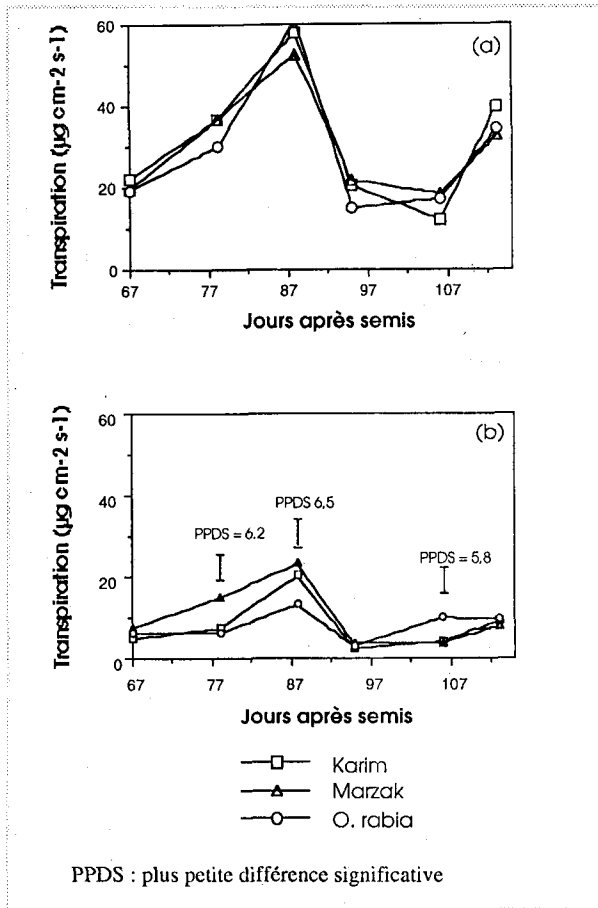


Figure 2. Evolution de la transpiration foliaire sous serre (1991-92) en régime irrigué R1 (a) et en régime sec (R3)(b)

La transpiration sous les conditions du champ durant l'année 1990-91 n'a pas varié de façon significative ni entre variétés ni entre régimes hydriques. Ceci ne semble pas être étonnant du fait que les conditions climatiques durant cette année étaient favorables. Cependant, l'interaction des deux facteurs s'est montrée significative. Au niveau du régime hydrique irrigué (RH1) (Figure 3a) et du régime pluvial (RH3) (Figure 3b), l'effet variété n'était pas significatif. Toutefois, en régime pluvial, Oum Rabia a gardé une transpiration élevée pendant la phase végétative, atteignant $18 \mu\text{g cm}^{-1}\text{s}^{-2}$ au stade montaison (97 jas). Quant à Marzak et Karim,

elles ont présenté une transpiration légèrement supérieure à celle de Oum Rabia pendant la phase de remplissage du grain (148 jas).

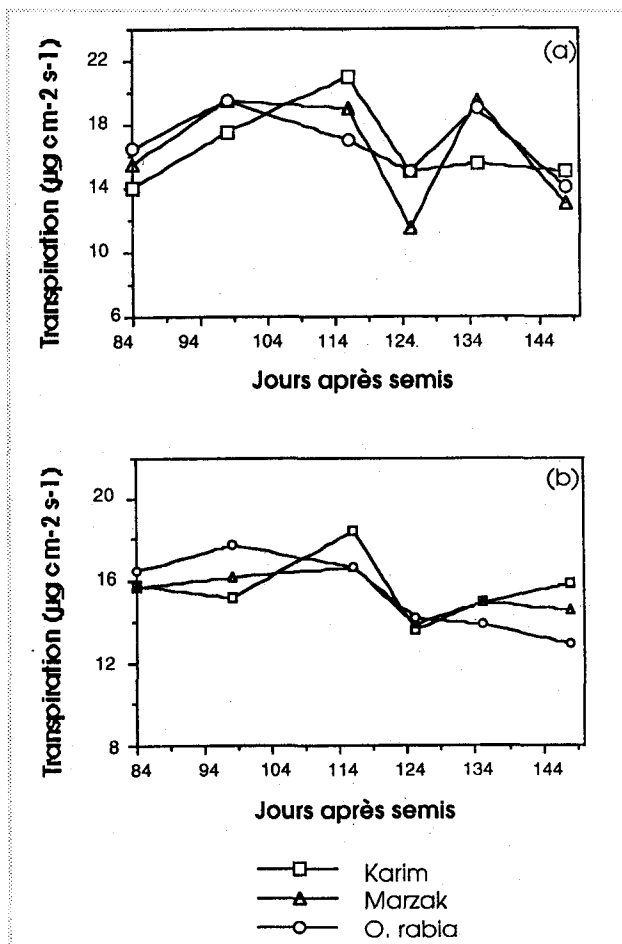


Figure 3. Evolution de la transpiration foliaire sous serre (1990-91) en régime irrigué (RH1) (a) et en régime sec (RH3) (b)

En 1991-92 (au champ), aucune différence significative n'est apparue entre les variétés. Alors que l'effet régime hydrique et l'interaction étaient hautement significatifs. On n'a pas noté de différences significatives entre variétés ni au niveau du régime irrigué (RH1) (Figure 4a) ni en régime sec (RH3) (Figure 4b). On a tout de même constaté en (RH3) que la variété Karim a gardé un taux de transpiration faible durant tout le cycle végétatif. Marzak a montré des variations relativement larges, elle a ainsi enregistré un taux de transpiration maximal ($15 \mu\text{g cm}^{-1} \text{s}^{-2}$) au stade laitieux (140 jas). Pour Oum Rabia, elle semblait maintenir une trans-

piration légèrement plus élevée et stable que les autres variétés, et ceci durant pratiquement tout le cycle cultural.

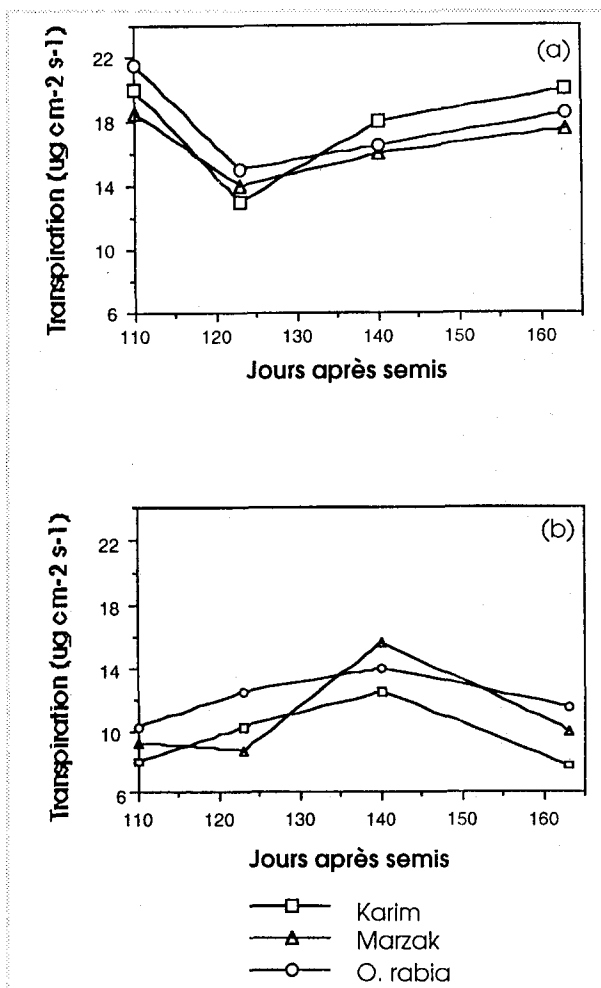


Figure 4. Evolution de la transpiration foliaire au champ (1991-92) en régime irrigué (RH1) (a) et en régime sec (RH3)(b)

Evolution de la résistance stomatique

L'analyse de la variance a révélé pour ce paramètre, durant les deux années d'étude sous serre, une différence significative entre régimes hydriques mais pas entre variétés. L'interaction des deux facteurs s'est montrée significative. La résistance stomatique des feuilles des différentes variétés n'a pas varié de façon significative au niveau du régime bien fourni en eau (Figure 5a, 6a). En revanche, les valeurs enregistrées en régime sec ont fait apparaître des dif-

férences intervariétales significatives (Figure 5b, 6b). Ces différences sont à relier à celles explicitées pour la transpiration foliaire. Il apparaît d'une manière générale, que la diminution de la transpiration correspond à l'augmentation de la résistance stomatique et vice versa. En effet, Karim qui a gardé la transpiration la plus faible, en situation de contrainte hydrique, avait la résistance la plus élevée en cette même période. Oum Rabia, a manifesté un comportement inverse par rapport à celui de Karim. Quant à Marzak, elle a maintenu une réponse intermédiaire.

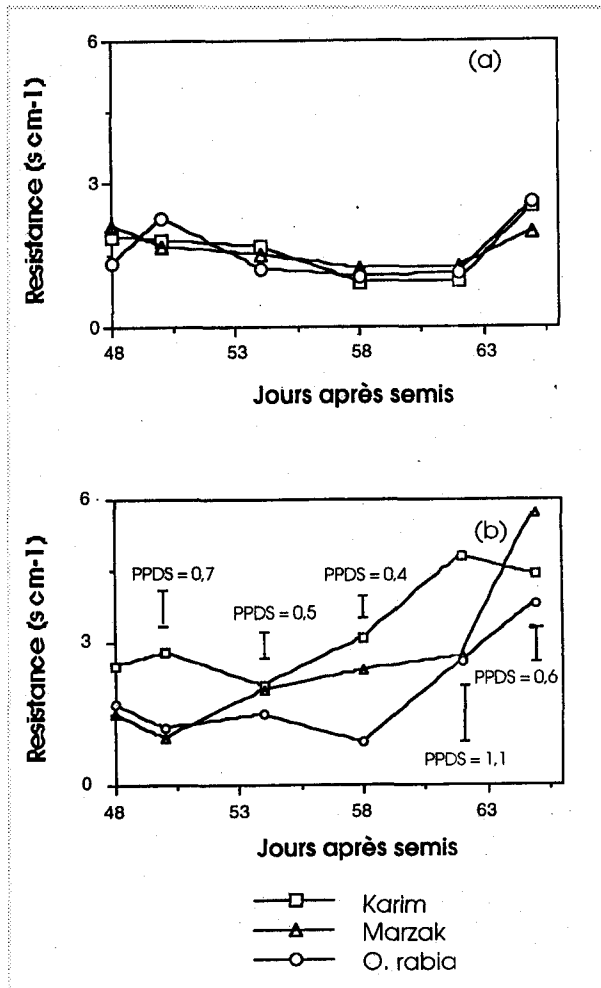


Figure 5. Evolution de la résistance stomatique sous serre (1990-91) en régime irrigué (S0) (a) et en régime sec (S3)(b)

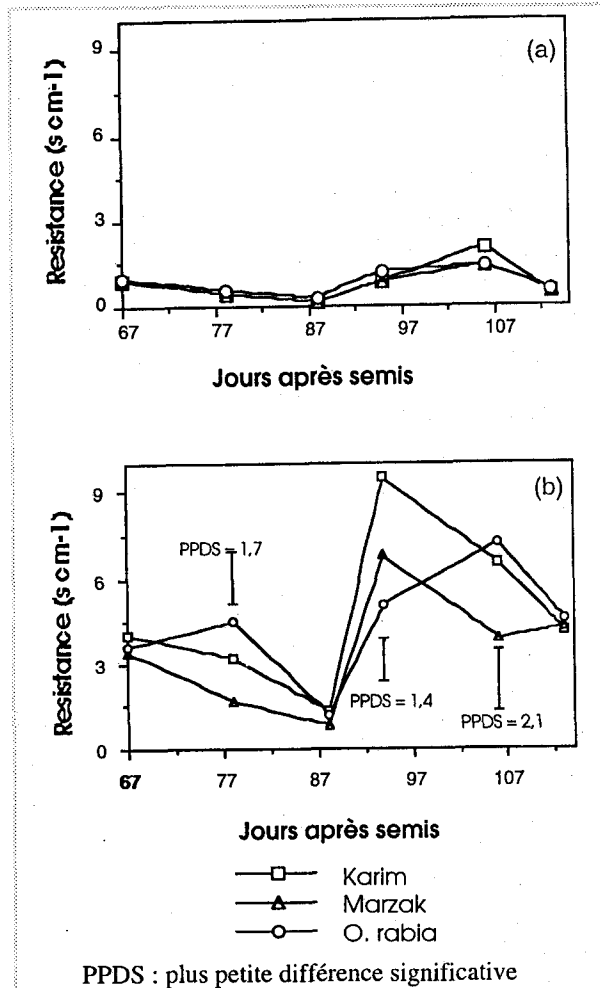


Figure 6. Evolution de la résistance stomatique sous serre (1991-92) en régime irrigué (R1) (a) et en régime sec (R3)(b)

Evolution de la température foliaire

En cas général, l'augmentation de la température chez les différentes variétés était liée à la diminution de la transpiration et l'augmentation de la résistance stomatique. Du point de vue génotype, il n'y a pas eu de différences significatives. L'effet régime hydrique et l'interaction se sont montrés significatifs. La variété Karim a maintenu néanmoins, en situation de carence hydrique, une température foliaire légèrement supérieure à celle de Marzak et Oum Rabia (Figure 7a, b).

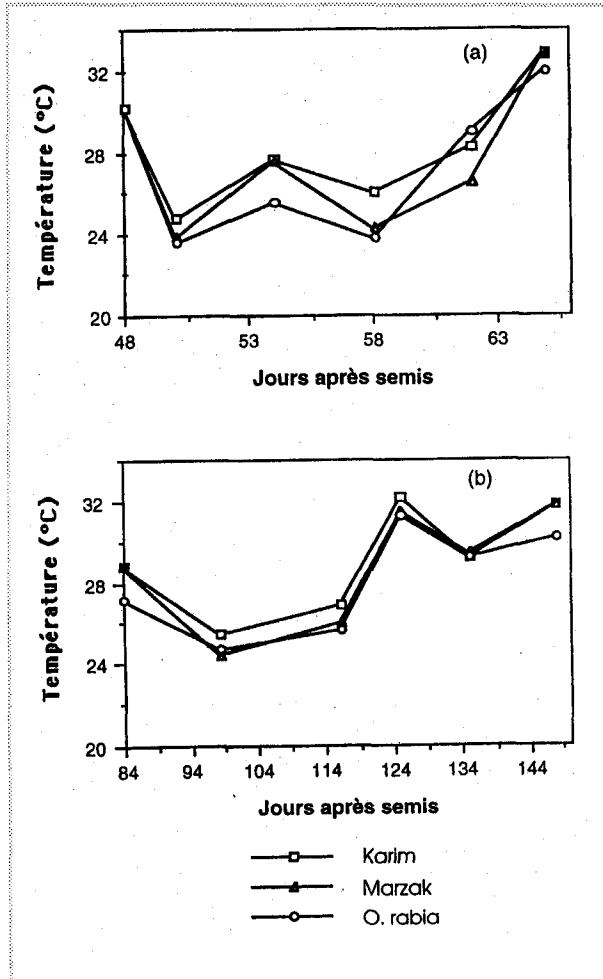


Figure 7. Evolution en régime sec (1990-91), de la température foliaire sous serre (S3)(a) et au champ (RH3)(b)

Evolution de la différence entre la température du couvert végétal et de l'air ($T_c - T_a$)

L'analyse de la variance a révélé au champ (1990-91), pour ce paramètre, des différences significatives entre régimes hydriques. L'effet génotype n'était pas significatif. Alors que l'interaction des deux facteurs étudiés s'est montrée hautement significative. Ainsi, les différences variétales n'ont pas été statistiquement significatives au niveau du régime irrigué (RH1) (Figure 8a). Les valeurs de $T_c - T_a$ n'ont pas dépassé -1 °C indiquant un maintien d'un niveau plus élevé de transpiration en ce régime. En revanche, et exception faite du stade flo-

raison, des différences variétales significatives ont été notées en régime sec (RH3) et pour tous les autres stades de développement (Figure 8b).

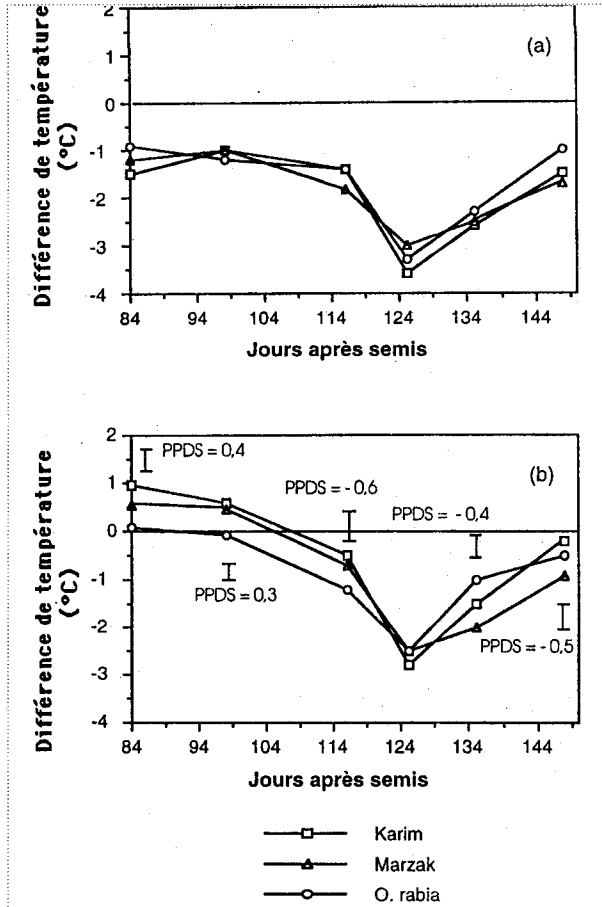


Figure 8. Evolution de la différence de température entre couvert et air au champ (1990-91) en régime irrigué (RH1)(a) et sec (RH3)(b)

En ce régime, les valeurs $T_c - T_a$ ont subi une chute progressive depuis le début du stade montaison (84 jas) jusqu'à la floraison (125 jas), et ceci pour tous les géotypes. Les valeurs élevées de la différence de température observées au début de la montaison ($T_c - T_a$ (DT) a atteint 1 °C) témoignent d'un déficit hydrique pendant la phase du tallage. DT a chuté pour toutes les variétés durant la phase séparant le stade tallage et le stade floraison, et ce, à cause des conditions hydriques plus ou moins favorables durant cette période. Après le stade floraison, DT a augmenté pour toutes les variétés à cause d'une limitation des disponibilités hydriques qui a entraîné une réduction relative de la transpiration et par conséquent, une augmentation partielle de la température du couvert végétal. En ce qui concerne la différence entre les variétés

tés, la figure 8b montre que la variété Oum Rabia a gardé pendant toute la période végétative une DT plus négative que celle des autres variétés. Marzak a manifesté pendant cette même période un comportement presque similaire à celui de Karim, mais elle a montré les valeurs Tc-Ta les plus faibles pendant la phase de remplissage du grain.

Discussion

L'étude des résultats concernant les paramètres relatifs au contrôle des pertes d'eau, a montré que l'effet du stress hydrique s'est manifesté différemment d'une variété à une autre, et d'un régime hydrique à un autre. Les différences variétales les plus significatives étaient celles du régime sec. La signification augmente surtout lorsque le stress hydrique s'intensifie (Davies, 1977). Ce résultat nous renseigne sur le choix de l'environnement pour la sélection. Cette dernière devrait de préférence être faite en conditions pluviales. Sous ces conditions de carence en eau, la variété Oum Rabia a semblé maintenir un flux transpiratoire proche de celui des plantes témoins (S0, R1 et RH1). Le maintien d'un tel flux, lui permet de garder actif son métabolisme carbo-photosynthétique, et d'assurer une meilleure valorisation de l'eau au fur et à mesure que celle-ci devient rare. Cette variété a en effet présenté la particularité de ne pas trop augmenter ni diminuer totalement sa transpiration sous des conditions hydriques trop sévères. Elle a cependant maintenu un comportement stomatique stable durant presque tout le cycle cultural. Ceci pourra contribuer à une bonne accumulation des réserves carbonées pendant le stade végétatif et reproducteur. De plus, le carbone accumulé peut être utilisé pour augmenter l'extension des racines et permettre une bonne exploitation des réserves du sol en eau. Il semble que la capacité de maintenir les stomates ouverts malgré le stress hydrique, est liée à la tolérance de cette variété à la sécheresse. Des résultats allant dans ce sens ont été rapportés par Henzell et al. (1976).

En présence d'une irrégularité dans la répartition de la pluviosité pendant des périodes prolongées, Marzak s'est distinguée par une transpiration faible durant tout le stade végétatif. Ce comportement semble lui permettre une bonne conservation de l'eau, qui sera utilisée ultérieurement au stade reproducteur où la transpiration est intense. Ainsi, un bon approvisionnement en composés carbonés pourrait être assuré. Sous serre, la différence variétale a augmenté en conditions de stress hydrique sévère. En effet, Marzak a présenté un comportement physiologique différent de celui remarqué en plein champ. Contrairement aux deux autres variétés, sa transpiration était trop élevée et la succession de ses stades végétatifs s'est faite très rapidement. Cette réponse physiologique de la variété Marzak sous ces conditions précises de serre ne s'est pas manifestée au champ. Ainsi, ce génotype semble avoir une large adaptabilité aux conditions environnementales.

Chez la variété Karim, la diminution de la turgescence dès les premiers jours de privation d'eau, a entraîné des perturbations liées au fonctionnement stomatique. La transpiration a beaucoup chuté avec le développement du stress. En parallèle, la résistance a augmenté rapidement. La stratégie adoptée par cette variété dans le but de minimiser les pertes d'eau par transpiration, ne semble pas être un bon moyen d'adaptation au stress hydrique. En effet, la fermeture stomatique était accompagnée par une élévation de la température foliaire et donc celle du cou-

vert végétal. Il en résulte une augmentation de la différence de pression de vapeur d'eau entre la feuille et l'atmosphère. L'eau économisée sera ainsi perdue par activation de la transpiration cuticulaire (Pearsons, 1979). Il y aura donc un gaspillage apparent d'eau qui n'est pas contrebalancé par une accumulation de réserves carbonées.

Les conditions de développement de la plante modifient largement le comportement stomatique de celle-ci. En plein champ, les plantes n'ont pas manifesté une fermeture stomatique totale, les stomates ont demeuré partiellement ouverts même sous des conditions très stressantes. La faible sensibilité stomatique en conditions du champ, peut s'expliquer par le fait que les plantes subissent des cycles de stress au cours de leur croissance leur permettant de s'adapter aux conditions de l'environnement (Hardening) (McCree, 1974). L'importance du volume du sol et du stock d'eau permettant un bon développement racinaire jouerait également un rôle dans cette faible sensibilité. Sous les conditions contrôlées de la serre, la fermeture stomatique s'est réalisée au niveau des deux traitements étudiés. La cause de cette fermeture peut être liée, au faible volume du sol ainsi qu'à la forte intensité de stress qui se manifeste.

De cette étude on peut conclure que la faible sensibilité stomatique permet le maintien d'un approvisionnement plus prolongé en composés carbonés photosynthétiques. Cette faible sensibilité stomatique semble jouer un rôle important dans la réponse de la plante au stress hydrique. A la lumière de cette étude, les variétés étudiées peuvent être classées selon leur aptitude à tolérer la sécheresse. Karim a fermé ses stomates dès les premiers jours de privation d'eau, ce qui a été accompagné par une augmentation de sa température foliaire. Cette variété paraît être plus sensible à la sécheresse ; elle serait recommandée pour les zones favorables. Marzak et Oum Rabia se sont caractérisées par une faible sensibilité stomatique en conditions de stress hydrique, donc par un approvisionnement continu en composés carbonés. Ces deux dernières variétés paraissent donc être plus tolérantes à la sécheresse. Elles auraient une plus large adaptation. De plus, l'existence d'une telle variabilité génétique rend possible l'utilisation de ces paramètres physiologiques comme critères de sélection pour distinguer entre les variétés quand à leur tolérance à la sécheresse.

Références

- Blum A. (1989). Osmotic adjustment and growth of barley genotypes under drought stress. *Crop Science* 29 : 230-233.
- Davies, W.J. (1977). Stomatal responses to water stress and light in plants grown in controlled environments and in the field. *Crop Science* 17 : 735-740.
- Hanks, R.J., Keller, J., Rasmussen, V.P. and Wilson, G.D. (1976). Line-source sprinkler for continuous variable irrigation-Crop production studies. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 40 : 426-429.
- Henzell, R.G., Mc Cree, K.J., Van Bavel, C.H.M. and Schertz, K.F. (1976). Sorghum genotype variation in stomatal sensitivity to leaf water deficit. *Crop. Sci.* 16 : 660-662.
- Johnson R.C., Mornhinweg D.W., Ferris D.M., Heitholt J.J. (1987). Leaf photosynthesis and conductance of selected Triticum sp. at different water potentials. *Plant physiology* 83 : 1014-1017.
- Jones, H.G. (1979). Stomatal behavior and breeding for drought resistance. p. 407-428. In H. Mussell, and R.C. Staples (ed). *Stress Physiology in crop plants*. Wiley Interscience, New York.

- Jordan, W.R. and Ritchie, J.T. (1971). Influence of soil water stress on evaporation, root absorption and internal water status of cotton. *Plant physiol.* 48 : 783-788.
- Levitt, J. (1980). Responses of plants to environmental stresses, vol II. 2nd ed. Academic Press, New York, NY.
- Ludlow M.M., Chu A.C.P., Clements R.J., Kerslake R.G., (1983). Adaptation of species of centrozema to water stress. *Australian Journal of Plant physiology* 10 : 119-130.
- Ludlow M.M., Mucoow R.C. (1990). A critical evaluation of traits for improving crop yield in water-limited environments. *Adv. Agron.* 43 : 106-153
- MARA (Ministère de l' Agriculture et de la Réforme Agraire, Maroc) (1990). Les variétés des céréales d'automne cultivées au Maroc. Rabat, Maroc.
- Martin B., Ruiz-Torres N.A. (1992). Effects of water-deficit on photosynthesis, its components and component limitations, and on water use efficiency in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant Physiol.* 100 : 733-739.
- McCree, K.J. (1974). Changes in stomatal response characteristics of grain sorghum produced by water stress during growth. *Crop Sci.* 14 : 273-278.
- McCree K.J., Richardson S.G. (1987). Stomatal closure v. osmotic adjustment: a comparison of stress responses. *Crop Science* 27 : 539-543.
- Morgan J.M. (1983). Osmoregulation as a selection criterion for drought tolerance in wheat. *Aust. J. Agric. res.* 34 : 607-614.
- Morgan J.M. (1995). Growth and yield of wheat lines with differing osmoregulative capacity at high soil water deficit seasons of varying evaporative demand. *Field Crops Res.* 40 : 143-152.
- Pearsons, L.R. (1979). Breeding for drought resistance: wheat plant characteristics impact resistance. *Hort. Sci.* 14 : 590-593.
- Sen Gupta A., Berkowitz G.A. (1988). Chloroplast osmotic adjustment allows for acclimation of photosynthesis to low water potentials. *Plant Physiology* 88 : 200-206.
- Seropian C., Planchon C. (1984). Physiological responses of six bread wheat and durum wheat genotypes to water stress. *Euphytica* 33 : 757-767.
- Shimshi, D. and Moynal, M.L. (1982). Responses to water stress in wheat and related wild species. *Crop Sc.* 22 : 123-127.
- Thomas J.C., Brown K.W., Jordan W.R. (1976). Stomatal response to leaf water potential as affected by preconditioning water stress in the field. *Agron. J.* 68 : 706-708.
- Watts D. G., El Mourid M. (1988). Rainfall patterns and probabilities in the semi-arid cereal production region of Morocco. Centre Aridoculture, Settat-Morocco. USAID Project No. 608-0136.