

Relations hydriques de trois variétés de blé dur sous déficit hydrique

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

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

² Centre Aridoculture de Settat B.P. 589, Maroc

³ Université Moulay Ismail, Faculté des Sciences Meknès, Maroc

Résumé

*En zones semi-arides marocaines, la production du blé dur est fréquemment affectée par le manque d'eau et les fortes fluctuations de la pluviométrie. Parmi les solutions à cette sécheresse systématique, la création de génotypes résistants paraît prometteuse. Peu d'études sur le blé dur ont montré que les génotypes résistants et sensibles à la sécheresse diffèrent significativement par leur traits physiologiques. La présente étude s'est fixée comme objectif d'évaluer des critères physiologiques de tolérance à la sécheresse chez trois variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) : Karim, Marzak et Oum Rabia. L'expérimentation s'est déroulée sous serre au Centre Aridoculture de Settat durant les années 1990-91 et 1991-92. Les dispositifs expérimentaux adoptés étaient en bloc aléatoire complet (1990-91) et en split plot (1991-92). Les paramètres physiologiques mesurés comprenaient le potentiel hydrique, le potentiel osmotique et le contenu relatif en eau. Les études ont fait ressortir des différences entre les variétés testées. Les trois variétés se sont caractérisées par un abaissement de leur potentiel hydrique sous déficit hydrique. De plus, Marzak et Oum Rabia ont montrées une baisse de leur potentiel osmotique (avec une forte baisse chez Oum Rabia) et un maintien de la turgescence. En revanche, la variété Karim considérée sensible à la sécheresse a montré une baisse de son potentiel hydrique mais son potentiel osmotique est resté inchangé ce qui a induit une forte diminution de son contenu relatif en eau surtout lorsque le stress hydrique s'est accentué. La forte corrélation entre le potentiel osmotique et le contenu relatif en eau souligne la capacité d'Oum Rabia à faire chuter rapidement son potentiel osmotique et de garder une turgescence élevée sous stress hydrique. De plus, la relation entre le contenu relatif en eau et le potentiel hydrique prouve que Oum Rabia et Marzak gardent élevé leur contenu relatif en eau sous déficit hydrique par rapport à Karim. En conclusion, cette étude montre une différence de comportement entre les trois variétés de blé dur concernant les traits physiologiques mesurés. Chaque variété utilise une stratégie différente d'adaptation au stress hydrique. Karim, la variété qui paraît être plus sensible à la sécheresse, serait recommandée pour les zones favorables alors que Marzak et Oum Rabia auraient une plus large adaptation.*

Mots-clés : stress hydrique, blé dur, traits physiologiques, tolérance à la sécheresse, critères de sélection

Abstract : Water relation of three varieties of durum wheat in water deficit

*In semi-arid areas of Morocco, durum wheat production is frequently affected by water shortage and high fluctuations of rainfall. One of the solutions to drought is the selection of better adapted genotypes. The few studies with durum wheat have indicated that physiological traits differed significantly between drought tolerant and drought susceptible genotypes. The purpose of this study was to evaluate some physiological criteria for drought tolerance on three durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars : Karim, Marzak and Oum Rabia. The experiments were conducted in the greenhouse at the Settat Aridoculture Centre during 1990-91 and 1991-92. The experimental designs were randomized complet bloc design (1990-91) and split plot (1991-92). The physiological parameters measured were water and osmotic potentiel and relative water content. The studies conducted showed differences between varieties. The three varieties were characterized by low water potentiel under water stress. In addition, Marzak and Oum Rabia registered a low osmotic potentiel (Oum Rabia showed higher decrease in osmotic potentiel) and a high turgescence level. However, Karim which proved to be more sensitive to drought showed a decrease in water potentiel but its osmotic potentiel was not affected under drought conditions, in addition, its turgescence decreased rapidly. The high correlation between osmotic potentiel and relative water content emphasize the capacity of Oum Rabia to decrease rapidly its osmotic potentiel and to take high its turgescence in the drought conditions. In addition, the relation between relative water content and water potentiel proved that Oum Rabia and Marzak keeps a high relative water content under water stress compared to Karim. In conclusion, this study showed a difference in behavior between durum wheat varieties for the physiological traits measured. Each variety uses a different strategy of adaptation to water stress. Hence, Karim the more sensitive variety to drought, would be recommended for wet favorable areas whereas Oum Rabia and Marzak would have wider adaptation.*

Key words : water stress, durum wheat, physiological traits, drought tolerance, selection criteria

ملخص : العلاقة المائية عند ثلاثة أنواع من القمح الصلب تحت النظام المائي الجاف

سمير ك.1، المرید 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

بمناطق المغرب شبه الجافة يوجد المردود من القمح الصلب دائما تحت ضغط قلة الماء و كذا عدم استقرار تهاطل الأمطار. من بين الحلول لهذا الجفاف المتكرر، السعي إلى خلق أصناف نباتية قادرة على مقاومته. قليل من البحوث أكدت أن وجود فرق في الخصائص الفيزيولوجية بين الأنواع

المقاومة للجفاف و الأنواع المتأثرة به. يهدف هذا البحث إلى تقييم بعض الخصائص الفيزيولوجية التي تمكن من تحمل الجفاف عند ثلاثة أنواع من القمح الصلب و هي كريم، مرزاق وأم الربيع. أجريت التجارب بالبوت الزجاجية بالمعهد الوطني للبحث الزراعي خلال السنتين (1990-91) و (1991-92). التجربة خضعت لنظام سقي عفوي (1990-91) و لنظام السيليت بلوت (1991-1992). الخصائص الفيزيولوجية التي قيست كانت قوة جذب الماء، قوة احتواء الماء والمقدار الإحتوائي من الماء لذا النبات. الدراسة أظهرت فوارق بين الأنواع النباتية الثلاثة، جل الأنواع تميزت بإنخفاض في قوة جذب الماء تحت ضغط قلة الماء، وهذا الإنخفاض يعد نتيجة المقاومة ضد الجفاف. في نفس حالة الجفاف تميزت مرزاق و أم الربيع بإنخفاض في قوة إحتواء الماء وكان الإنخفاض قوي لدى أم الربيع. كما تميزتا بمقدار هام من الإحتواء المائي. لكن كريم التي تعتبر الأكثر تضررا بالجفاف عرفت إنخفاض في قوة جذب الماء لكن قوة إحتواء الماء لم تتغير مما خفض مقدار إحتوائها المائي خصوصا في الضروف الجد الجافة. العلاقة الهامة بين قوة إحتواء الماء والمقدار الإحتوائي من الماء تبين قدرة أم الربيع على خفضها السريع لقوة إحتواء الماء مما يرفع من مقدارها الإحتوائي المائي تحت الظروف الجافة. بالإضافة، العلاقة بين المقدار الإحتوائي من الماء وقوة جذب الماء تبرهن على أن أم الربيع ومرزاق يحتفضن بمقدار إحتوائي مائي عال تحت الظروف الجافة بالمقارنة مع كريم. كخلاصة، هذه الدراسة تبين فرق في التجاوب الفيزيولوجي 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 إستعمالهما في مناطق مختلفة.

الكلمات المفتاحية : قمح صلب، نقص مائي، مقاومة الجفاف، خصائص التصنيف

Introduction

Le potentiel hydrique, le potentiel osmotique et le contenu relatif en eau, sont parmi les paramètres physiologiques quantifiant l'état hydrique de la plante en relation avec le déficit hydrique (Blum et al., 1989, Singh et al., 1990). Dans une étude menée au champ sur le blé dur, ces paramètres se sont révélés différents entre géotypes sensibles et résistants (Singh et al., 1990). Selon Keim et Kronstad (1981), l'état hydrique est un bon indicateur pour différencier les géotypes quant à leurs réponses face à un stress hydrique. Winter et al. (1988) ont noté que les variétés de blé sensibles au déficit hydrique présentaient les valeurs de potentiel hy-

drique les plus élevées à la fois dans les traitements carencés et bien fournis en eau. Le processus d'adaptation par abaissement du potentiel hydrique fait intervenir le concept d'ajustement osmotique (Blum et al., 1989). La diminution du potentiel osmotique sous stress hydrique est consécutive à une accumulation de solutés dans les tissus de la plante, avec comme conséquence un maintien de la turgescence à des potentiels hydriques faibles. Ce phénomène est considéré comme un mécanisme possible de résistance à la sécheresse (Morgan et al., 1995). Ainsi, Morgan et Condon (1986) ont constaté que les lignées de blé ayant une capacité d'ajustement osmotique élevée ont pu extraire 40 % de plus d'eau que les lignées à faible osmorégulation. Le contenu relatif en eau (CRE) est aussi un paramètre physiologique qui permet d'estimer l'effet du stress hydrique sur la plante (Ritchie et al., 1990). Plusieurs auteurs ont mis en évidence des différences significatives entre variétés de blé en terme de CRE (Schonfeld et al., 1988 ; Ritchie et al., 1990). Ces derniers ont constaté que les variétés résistantes maintiennent un CRE significativement élevé par rapport à celui des variétés sensibles.

L'objectif de cette recherche est d'étudier l'effet du stress hydrique sur les paramètres relatifs à l'état hydrique chez trois variétés de blé dur et de déterminer les relations qui existent entre ces paramètres et la tolérance à la sécheresse.

Matériels et méthodes

L'étude a été conduite sous les conditions contrôlées de la serre durant les campagnes agricoles 1990-1991 et 1991-1992. Trois variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) ont été étudiées : Karim, Marzak et Oum Rabia. Elles sont d'obtention récente, à cycles végétatifs courts à moyens et ont une large adaptation, incluant les zones sèches dites défavorables, à l'exception de Karim qui semble plus recommandée pour les zones favorables (MARA, 1990). L'étude était réalisée dans des pots en plastique ayant un diamètre intérieur de 26 cm et une hauteur de 30 cm. Les semis ont été effectués en fin février (1990/91) et fin décembre (1991/92) à raison de 10 plantes par pot sur un substrat constitué de sol (2/3) et de sable (1/3). Les analyses granulométriques du substrat ont révélé qu'il est constitué 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 substratum sont 17 et 13 %, respectivement. Les apports d'engrais ont été fait à raison de 45 kg ha⁻¹ de P₂O₅ sous forme de supertriple et de 80 kg d'N ha⁻¹ sous forme de sulfate d'ammoniaque.

Durant l'année 1990-1991, le dispositif expérimental adopté était en blocs aléatoires complet avec quatre répétitions. Les traitements étaient des combinaisons du facteur " variété " et du facteur " période de stress hydrique ". La période de stress était plus au moins longue d'un traitement à un autre. On avait au total quatre traitements y compris le témoin. Ce témoin (S0) était bien pourvu en eau (95 à 100 % Hcc) tout au long du cycle. Les trois autres traitements (40 à 45 % Hcc) diffèrent l'un à l'autre par la durée du stress. Au niveau du traitement (S1), le stress (40 à 45 % Hcc) était maintenu jusqu'à l'épiaison. Pour le traitement (S2), il était maintenu jusqu'à la floraison et jusqu'au remplissage du grain pour le traitement (S3). Après l'arrêt de chacun de ces traitements, la réirrigation se fait à une Hcc de 95 à 100 %.

Durant l'année 1991-92, le dispositif expérimental adopté était en split plot avec 4 répétitions, le régime hydrique appliqué en parcelle principale consistait en trois niveaux de stress hydrique maintenus constants tout au long du cycle. Ces niveaux correspondaient à des fractions bien déterminées de l'humidité à la capacité au champ (Hcc) du substrat utilisé avec (R1) bien pourvu en eau (95 à 100 % Hcc), (R2) modérément alimenté en eau (50 % Hcc) et (R3) carencé en eau (25 % Hcc). Le facteur variété était appliqué en parcelle élémentaire.

Les mesures faites ont concerné le potentiel hydrique foliaire, le potentiel osmotique et le contenu relatif en eau (CRE). Le potentiel hydrique a été déterminé à l'aide d'une chambre à pression (Scholander, 1965). Le potentiel osmotique a été mesuré par un psychromètre (Model SC-10A, Decagon Devices Inc). Les feuilles échantillonnées sont coupées en petits morceaux qui sont mis dans des seringues qu'on congèle. Le jus cellulaire est extrait après une rupture des membranes par une série de cycles de congélation et décongélation, et injecté dans une chambre du psychromètre. La lecture, en microvolt (transformée ensuite en MegaPascal (MPa)), est faite après une période de 15 à 20 minutes, période nécessaire à la stabilisation de la température dans la chambre du psychromètre. La mesure du CRE est effectuée sur les feuilles des mêmes plantes ayant servi à la détermination du potentiel hydrique et du potentiel osmotique. Les feuilles, coupées à la base du limbe, sont immédiatement pesées à l'aide d'une balance analytique de précision pour déterminer le poids frais (PF). Elles sont ensuite coupées en petits morceaux et mises pour imbibition dans de l'eau distillée sous une lumière de 22 μm^{-2} et à une température ambiante de 25°C. Ces échantillons sont ensuite pesés pour déterminer le poids à pleine turgescence (PT) puis séchés à l'étuve à 70°C pendant 48 heures. Une dernière pesée permet d'obtenir le poids sec (PS). Le CRE est alors calculé selon la formule de Barrs et Weatherley (1962) : $\text{CRE} = (\text{PF} - \text{PS} / \text{PT} - \text{PS}) \times 100$. Ces mesures ont été entreprises dans quatre répétitions, sur la feuille drapeau, au moment de la forte demande climatique (entre 12 et 14 h). Elles ont été répétées six fois dans le temps depuis le début montaison jusqu'au stade remplissage du grain.

Résultats

Evolution du potentiel hydrique foliaire

L'analyse de la variance a révélé pour ce paramètre, durant les deux années d'expérimentation, une différence significative entre régimes hydriques mais pas entre variétés. Toutefois l'interaction s'est montrée significative. Ainsi, en conditions favorables d'alimentation hydrique (S0 en 1990-91 et R1 en 1991-92) (Figure 1a, 2a), le potentiel hydrique foliaire n'était pas significativement différent entre les différentes variétés dans aucune des deux années d'expérimentations.

Les conditions hydriques stressantes (S3 en 1990-91 et R3 en 1991-92) ont cependant entraîné une chute du potentiel hydrique foliaire chez les trois variétés étudiées et des différences significatives sont apparues entre ces variétés au sein de ces deux régimes hydriques secs (S3 et R3) (Figure 1b, 2b). En examinant le comportement de chaque variété à part, on constate,

d'après les figures 1b et 2b, que la variété Karim présentait un potentiel hydrique significativement plus faible que celui des autres variétés, il a atteint environ la valeur de -4 MPa en 1990-91, alors que Marzak et Oum Rabia ont atteint la valeur de -3,5 MPa (ces basses valeurs sont en relation avec la sévérité du stress hydrique qui est maintenu jusqu'à la période remplissage du grain). Durant l'année 1991-92, le potentiel hydrique foliaire le plus bas était atteint par Karim et Oum Rabia (-2,3 MPa). La variété Karim présentait donc au niveau du régime (S3) de la première année d'étude et du régime (R3) de la deuxième année un potentiel hydrique significativement plus faible que celui des autres variétés. En revanche, Oum Rabia a semblé maintenir dans ces mêmes conditions un potentiel hydrique plus élevé. Quand à Marzak, elle a gardé une situation intermédiaire.

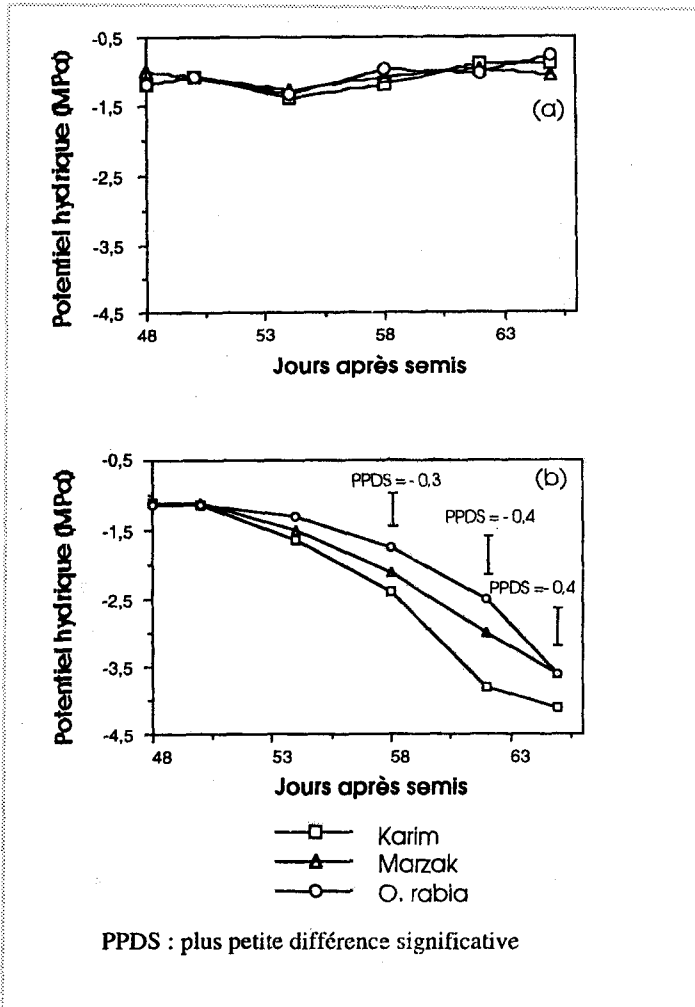
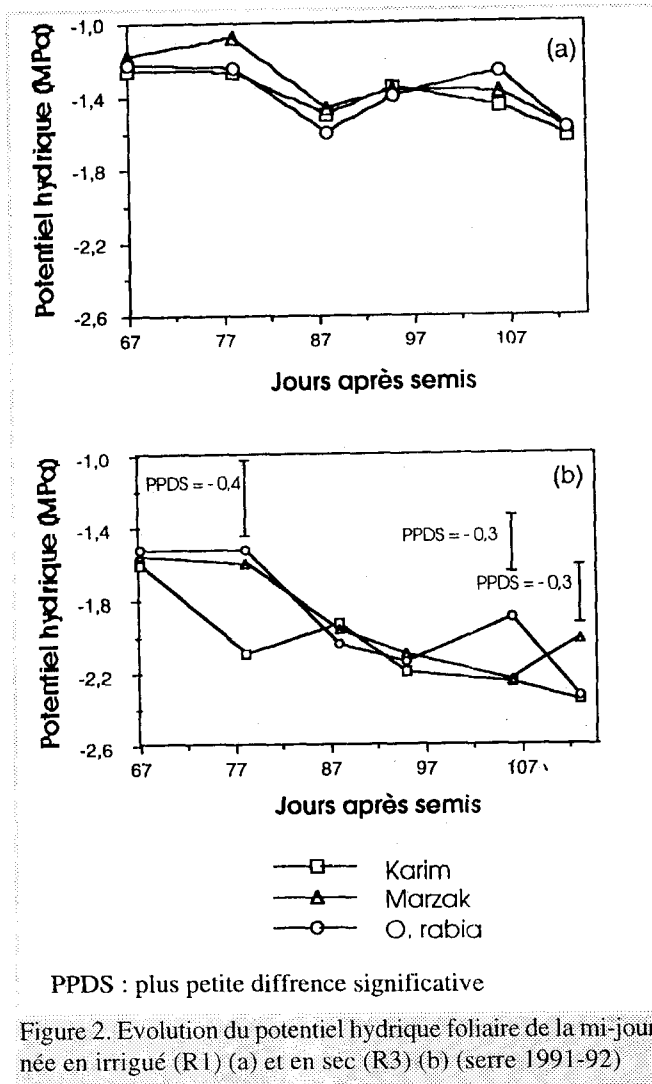


Figure 1. Evolution du potentiel hydrique foliaire de la mi-journée en irrigué (S0) (a) et en sec (S3) (b) (serie 1990-91)



Evolution du potentiel osmotique

Le potentiel osmotique (1990-91) a significativement varié entre régimes hydriques, de plus l'interaction s'est montrée significative alors que l'effet variété ne l'était pas. En examinant l'évolution de ce paramètre durant cette première année d'étude, on constate qu'en régime irrigué, les différences variétales n'étaient pas significatives. Le potentiel osmotique a oscillé entre -1,7 et -2,5 MPa (Figure 3a). Par contre, au niveau du régime sec (S3), des différences significatives ont été observées entre variétés (Figure 3b). Dans ce dernier régime, les différences

variétales significatives se sont surtout montrées au stade pleine épiaison (58 jas : jours après semis), floraison (62 jas) et remplissage du grain (65 jas). Toutes les variétés ont vu leur potentiel osmotique chuter avec la privation d'eau mais à des degrés différents. On a constaté qu'au fur et à mesure que le stress s'accroît, le potentiel osmotique chez Oum Rabia a chuté plus rapidement que celui de Karim et Marzak. Il a ainsi atteint pour Oum Rabia $-3,0$ MPa au stade épiaison contre $-2,6$ et $-2,4$ MPa, respectivement, pour Marzak et Karim. Au delà de ce stade, le potentiel osmotique s'est stabilisé chez Oum Rabia. Ceci n'était pas le cas pour Karim et Marzak. Les différences variétales pour le potentiel osmotique ne sont pas montrées significatives en régime sec (R3) durant la deuxième année d'expérimentation (1991-92). Mais il faut tout de même noter que les tendances des trois variétés sont restées à peu près similaires à celles de l'année précédente.

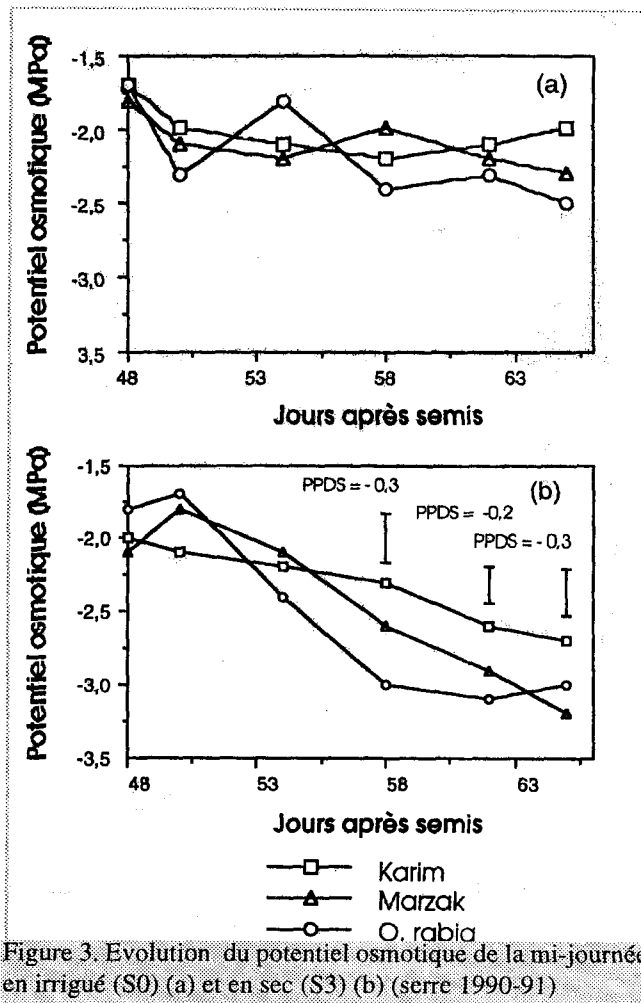


Figure 3. Evolution du potentiel osmotique de la mi-journée en irrigué (S0) (a) et en sec (S3) (b) (serre 1990-91)

Evolution du contenu relatif en eau (CRE)

L'analyse de la variance a montré, durant les deux années d'expérimentations, une différence significative entre régimes hydriques mais pas entre variétés. Toutefois, l'interaction régime hydrique * variété s'est révélée significative. Durant l'année 1990-91, pendant tout le cycle végétatif, le contenu relatif en eau n'était pas significativement différent d'une variété à une autre en régime hydrique irrigué (Figure 4a), et ceci le long du cycle végétatif. Cependant, on a noté au niveau des régimes stressés (S1, S2 et S3) (Figure 4b c d), de légères différences de contenu relatif en eau entre variétés. Les différences les plus significatives étaient enregistrées au stade floraison (62 jas) (figure 4c) et aux stades floraison et remplissage du grain (Figure 4d). La variété Oum Rabia a présenté un contenu relatif en eau plus élevé que les autres variétés. Elle tendait à perdre moins d'eau avec le développement du déficit hydrique. En revanche, Karim a enregistré le contenu relatif en eau le plus faible. Elle a en effet, manifesté de fortes pertes en eau au fur et à mesure que le stress s'accroissait. Les valeurs du contenu relatif en eau au stade floraison étaient 56, 65 et 70 % respectivement pour Karim, Marzak et Oum Rabia. La réirrigation, que ce soit au stade épiaison (58 jas), pour le régime hydrique (S1) (Figure 4b), ou au stade floraison (62 jas), pour le régime hydrique (S2) (Figure 4c), a permis aux différentes variétés de retrouver un état hydrique normal similaire à celui du traitement témoin.

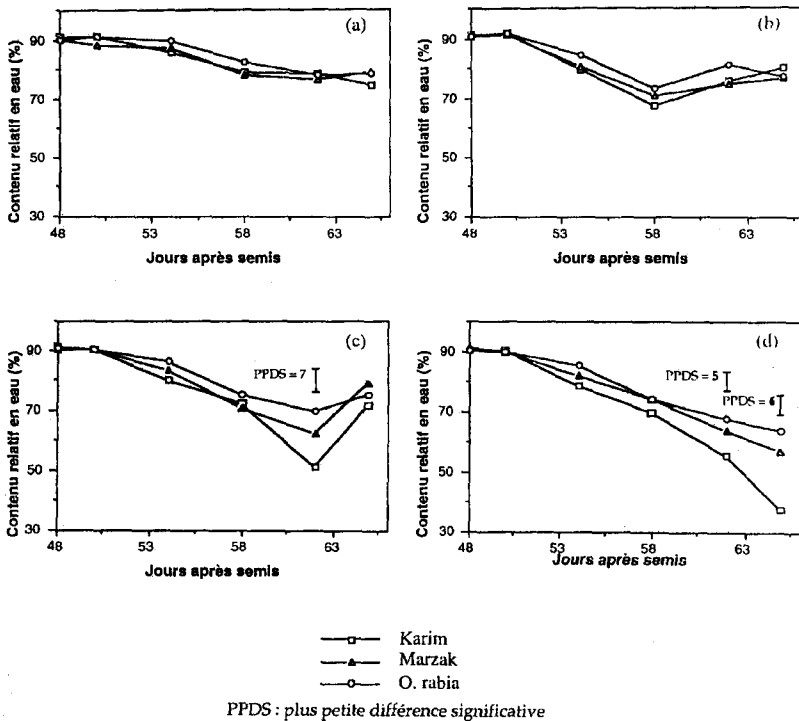
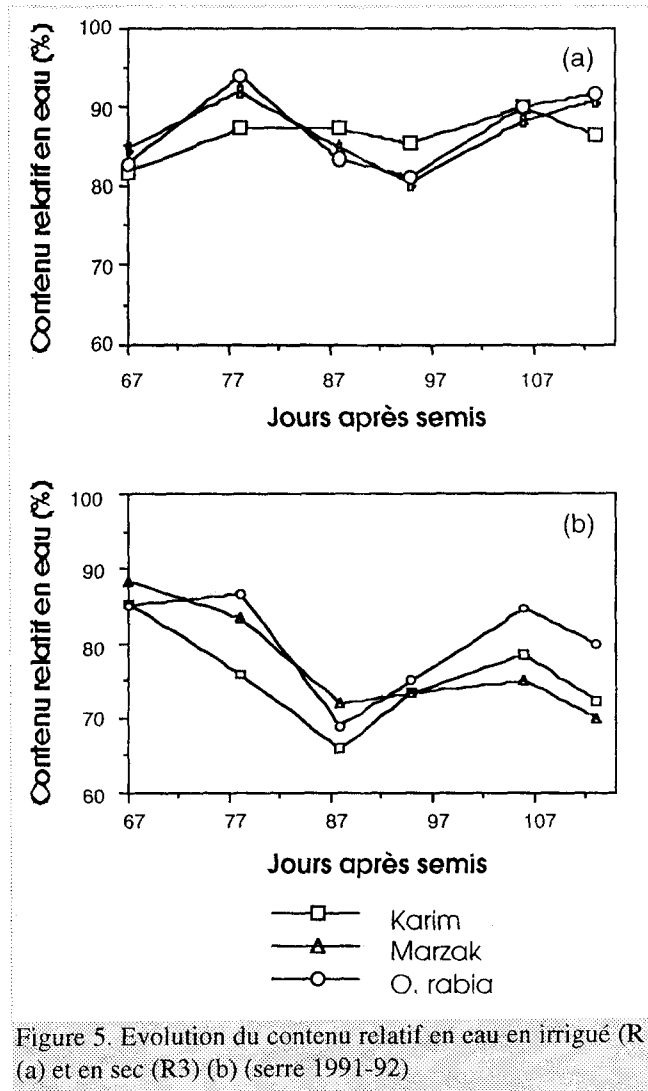


Figure 4. Evolution du contenu relatif en eau en régime S0 (a), S1 (b), S2 (c) et S3 (d) (serre 1990-91)

Pour le régime (S3) la réirrigation n'a pas permis aux plantes de reprendre leur état normal. En conditions non stressantes durant l'année 1991-92 (Figure 5a), les différentes variétés ont présentées un comportement semblable en terme de CRE, ce dernier a oscillé entre 80 et 95 %. En conditions stressantes (Figure 5b), les différentes variétés n'étaient pas différentes significativement concernant leur CRE. Toutefois, Karim tendait à retenir moins d'eau durant les premiers stades de développement par comparaison à Marzak et Oum Rabia. Cette dernière variété a maintenu le CRE le plus élevé vers la fin du cycle. Le CRE a oscillé au niveau de ce régime entre 66 et 87 %.



Les équations de régression établies entre le potentiel osmotique et le contenu relatif en eau (figure 6a) ont montré que ces deux paramètres sont étroitement liés avec R^2 (Karim) = 0,96**, R^2 (Marzak) = 0,94**, R^2 (Oum Rabia) = 0,85*.

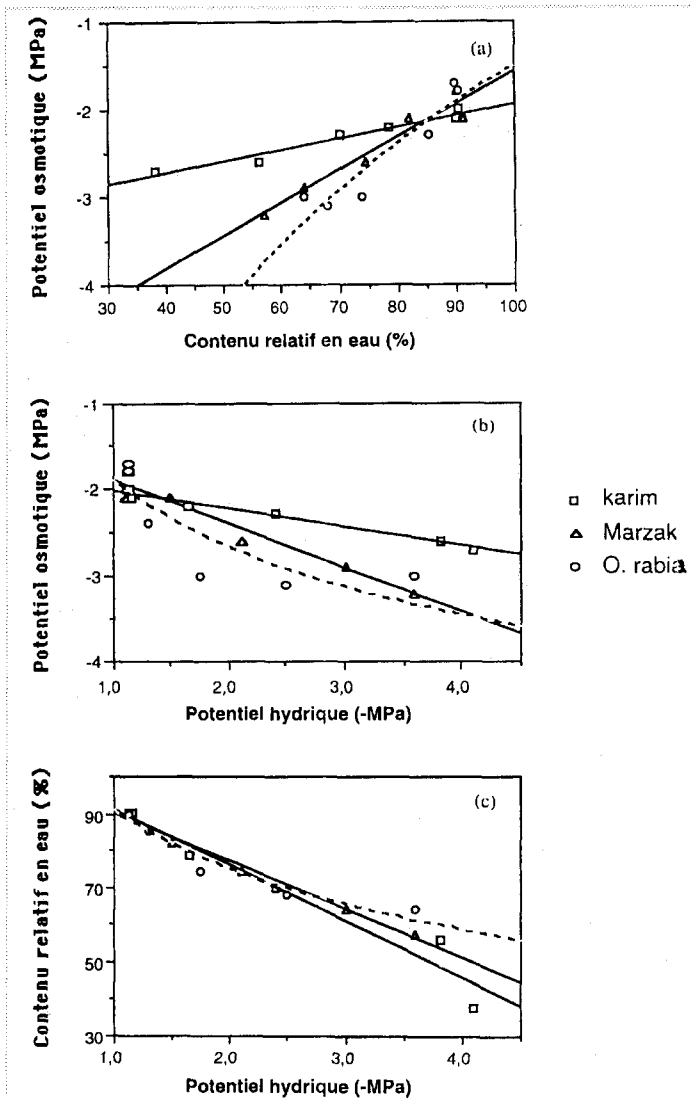


Figure 6. Relation potentiel osmotique–contenu relatif en eau (a) Potentiel osmotique–potentiel hydrique (b). Contenu relatif en eau–potentiel hydrique (c), (Régression linéaire pour Karim et Marzak et logarithmique pour Oum Rabia)

On constate d'après ces résultats que Oum Rabia tend à diminuer fortement son potentiel osmotique dès que sa turgescence commence à être influencée par le manque d'eau. Marzak à son tour, a maintenu, en période de stress sévère, une turgescence acceptable (58 %). Ceci a été réalisé par la chute concomitante de son potentiel osmotique qui a atteint -3,1 MPa en fin de traitement. La corrélation du potentiel hydrique avec le potentiel osmotique (Figure 6b) s'est révélée significative pour Oum Rabia avec $R^2 = 0,71^*$ et hautement significative pour Marzak ($R^2=0,95^{**}$) et Karim ($R^2=0,98^{**}$). La relation entre le contenu relatif en eau et le potentiel hydrique (Figure 6c) s'est montrée hautement significative pour Karim ($R^2=0,95^{**}$) et Oum Rabia ($R^2 = 0,95^{**}$) et très hautement significative pour Marzak ($R^2=0,99^{***}$). Cette relation a montré que Oum Rabia avait la turgescence la plus élevée (65 %) à faible potentiel hydrique (-3,5 MPa). La variation du contenu relatif en eau a été expliquée à 95 %, 99 %, 86 % par la variation du potentiel hydrique respectivement pour la variété Karim, Marzak et Oum Rabia.

Discussion

L'examen des résultats a montré que les conditions hydriques contraignantes ont entraîné une chute du potentiel hydrique foliaire chez les trois variétés étudiées. Cette chute semble être une réponse au déficit hydrique puisque l'assèchement du milieu racinaire induit une forte différence entre le potentiel hydrique foliaire et le potentiel du sol. Il s'en suit une augmentation de la force de succion, d'où une meilleure exploitation des réserves hydriques du sol (Blum, 1988). Parallèlement à la baisse du potentiel hydrique foliaire, la carence en eau a induit chez Oum Rabia et Marzak, une chute notable de leur potentiel osmotique. La diminution de ce paramètre consécutive à la chute du potentiel hydrique foliaire est représentative de l'ajustement osmotique (Morgan et al., 1995). En effet, Oum Rabia qui a semblé s'ajuster osmotiquement mieux que les deux autres variétés, a maintenu un contenu relatif en eau élevé malgré la raréfaction de l'eau du sol. Ces résultats coïncident avec ceux rapportés par Raggi (1992). L'importance de la pente obtenue par la variété Oum Rabia ($b=0,05$), dans la régression du potentiel osmotique sur le contenu relatif en eau, souligne l'aptitude de celle-ci à diminuer considérablement son potentiel osmotique dès que la turgescence cellulaire commence à être affectée. De même, l'étude de la relation, contenu relatif en eau et potentiel hydrique, a montré que Oum Rabia tendait à retenir plus d'eau que les autres variétés à faible potentiel hydrique. Cette variété semble éviter la contrainte hydrique par le maintien d'une hydratation convenable de ses tissus (Martin et al., 1989). Marzak à son tour, a maintenu, en période de stress sévère, une turgescence acceptable. Ceci a été réalisé par la chute concomitante de son potentiel osmotique. Ces caractéristiques rejoignent celles des variétés considérées performantes dans les conditions sèches de production (Blum, 1988 ; Martin et al., 1989). La variété Karim, malgré la forte diminution de son potentiel hydrique, n'a pas connu une variation significative de son potentiel osmotique. Sa turgescence était ainsi perdue dès la première semaine de privation d'eau. Cette variété semble incapable de réaliser l'ajustement osmotique. La perte de turgescence remarquée dès le début du déficit hydrique chez cette variété lui confère des critères de sensibilité au stress hydrique. L'effet dépressif de la carence en eau

(* , ** , *** sont les significations respectives à 0,05, 0,001, 0,0001 du niveau de probabilité).

sur l'état hydrique interne de la plante, peut être irréversible, si la période de stress est prolongée, et si la contrainte intensifiée coïncide avec un stade de développement tardif. En effet, au niveau du traitement (S3) de l'étude réalisée en 1990-91, la réirrigation au stade remplissage du grain n'a pas permis aux variétés étudiées de reprendre leur état hydrique de départ. Cependant, la réirrigation au stade floraison (traitement S2) ou au stade épiaison (traitement S1) a induit un rétablissement du statut hydrique et a permis aux plantes d'acquiescer un bilan hydrique proche de celui du témoin. Des résultats allant dans ce sens ont été rapportés par Karrou et El Mourid (1993).

En conclusion, cette étude montre une différence de comportement entre les trois variétés de blé dur concernant les traits physiologiques mesurés. Chaque variété utilise une stratégie différente d'adaptation au stress hydrique. Ainsi, Karim la variété qui paraît être la plus sensible à la sécheresse serait plus recommandée pour les zones favorables alors que Marzak et Oum Rabia auraient une plus large adaptation. 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. De plus, les différences les plus significatives se sont manifestées en régime hydrique sec, ce qui montre que la sélection variétale devrait se faire en conditions pluviales.

Références

- Barrs and Weatherley PE. (1962). A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. *Australian Journal of Biological Sciences* 15 : 413-428.
- Blum A. (1988). Drought resistance in plant breeding for stress environments. CRC Press, Boca Raton, FL, 43-71.
- Blum A., Golan G., Mayer J., Sinmena B., Shpiler L. and Burra J. (1989). The drought response of landraces of wheat from the northern negev desert in Israel. *Euphytica* 43 : 87-96.
- Karrou M., El Mourid M. (1993). Acquis de recherche sur la physiologie du stress hydrique au Centre Aridoculture. *Al Awamia* 81 : 19-33.
- Keim DL. and Kronstad WE. (1981). Drought response of winter wheat cultivars grown under field stress conditions. *Crop Sci* 21 : 11-15.
- MARA. (Ministère de l'Agriculture et de la Réforme Agraire, Maroc) 1990. Les variétés des céréales d'automne cultivées au Maroc. Rabat, Maroc.
- Martin M.A., Brown J.H. and Ferguson H. (1989). Leaf water potential relative water content and diffusive resistance as screening techniques for drought resistance in barley. *Agron J* 81 : 100-105.
- Morgan JM., Condon AG. (1986). Water use grain yield and osmoregulation in wheat. *Aust J Plant physiol* 13 : 523-32.
- Morgan, J.M. (1995). Growth and yield of wheat lines with differing osmoregulative capacity at high soil water deficit in seasons of varying evaporative demand. *Field Crops Res.* 40 : 143-152.
- Raggi V. (1992). Changes in water relations and in some physiological functions of bean under very light osmotic shock induced by polyethylene glycol. *Physiologia plantarum* 84 : 537-548.

- Ritchie SW., Nguyen HT. and Holaday AS. (1990). Leaf water content and gas-exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop sci* 30 : 105-111.
- Scholander PF., Hammel HT., Bradstreet ED. and Hemmingsen EA. (1965). Sap Pressure in vascular plants. *Science* 148 : 339-346.
- Schonfeld MA., Johnson RC., Carver BF. and Mornhinweg DW. (1988). Water relations in winter wheat as drought resistance indicators. *Crop Sci* 28 : 526-531.
- Singh M., Srivastava JP. and Kumar A. (1990). Effect of water stress on water potential components in wheat genotypes. *Indian J Plant physiol* 33 : 312-317.
- Winter SR., Musick JT. and Porter KB. (1988). Evaluation of screening techniques for breeding drought-resistant winter wheat. *Crop sci* 28 : 512-516.