

EFFET D'UN DEFICIT HYDRIQUE, SURVENANT A DIFFERENTS STADES DE DEVELOPPEMENT DU BLE, SUR L'HUMIDITE DU SOL, LA PHYSIOLOGIE DE LA PLANTE ET SUR LES COMPOSANTES DU RENDEMENT

M'BAREK BEN NACEUR (*) - MOUNIR NAILY - MOHSEN SELMI (**)

L'eau a un rôle fondamental dans la vie des plantes, dans la mesure où elle conditionne leurs activités physiologiques et métaboliques. Elle est le vecteur des éléments nutritifs de la plante (RIOU, 1993). Sa carence peut affecter la croissance, elle est, de ce fait, le principal facteur limitant de la production végétale dans les régions arides et semi-arides. Lors de la sécheresse, les échanges gazeux entre la plante et l'atmosphère sont limités. Cet effet varie suivant les organes de la plante et l'âge du tissu. C'est ainsi que la photosynthèse des feuilles est plus sensible au déficit hydrique que celle de la tige. L'effet dépressif d'un déficit hydrique sur la photosynthèse résulte d'une baisse de la conductance stomatique, d'une altération de l'appareil photosynthétique et/ou d'une

diminution de la surface foliaire (SARDA et al, 1992). Depuis fort longtemps, il a été démontré que les stomates des plantes cultivées sur un sol qui se dessèche progressivement, se ferment entraînant une diminution de la concentration interne en CO₂ de la feuille et une réduction de la photosynthèse.

Selon MORGAN et CONDON (1986), le stress hydrique qui fait chuter le potentiel hydrique foliaire du blé de -8.4 à -20 bars réduit la photosynthèse de 5 fois par rapport au témoin, et provoque un arrêt de transfert des assimilats des feuilles vers les autres organes de la plante. GHARTI-CHHETRI et LALES, (1990) ont montré aussi, chez d'autres espèces du genre *Triticum*, que la photo-

ABSTRACT

This work brings to light the water deficit effects subjected to different stages of wheat development, on soil moisture, biologic process and yield components.

It shows the utility to follow some stress indicator (leaf water potential and soil moisture) for cereal complimentary irrigation starting. Moreover, it shows harmful effects of water deficit on growth and yield whatever the water deficit is imposed.

Thus, when it occurs at young stage, water deficit affects, specially, growth and spike number per area unit. On the other hand, when it occurs just before heading or after fertilisation stage, it rather affects spike weight and yield.

The most sensitive stage of wheat to drought is just before heading since it reduces yielding for about 70% compared to control.

RÉSUMÉ

Ce travail met en lumière l'effet d'un déficit hydrique, imposé à différents stades de développement du blé, sur l'humidité du sol, sur les différents processus biologiques de la plante et sur les composantes du rendement.

Il montre que le suivi de certains indicateurs de stress (potentiel hydrique foliaire et humidité du sol) peut donner des renseignements utiles pour le déclenchement de l'irrigation de complément chez les céréales. Par ailleurs, il montre que quel que soit le stade durant lequel, la sécheresse survient, ses effets sur la croissance et sur les rendements sont néfastes.

C'est ainsi qu'une sécheresse survenant au stade jeune (tallage) réduit surtout la croissance en hauteur et le nombre d'épis par unité de surface. Par contre, lorsqu'elle survient aux stades gonflement ou anthèse, elle réduit, plutôt le poids des épis et le rendement en grains.

Le stade juste avant épiaison (gonflement) est le stade le plus sensible au déficit hydrique puisqu'une sécheresse survenant à ce stade peut réduire les rendements en grains d'environ 70% par rapport au témoin.

synthèse devient nulle lorsque le potentiel hydrique foliaire atteint -26 à -27 bars. Tout d'abord la photosynthèse est réduite en raison de la fermeture des stomates, puis elle est affectée par suite de l'altération de l'appareil photosynthétique (réduction de l'assimilation chlorophyllienne, inactivation de l'enzyme fixatrice du CO₂,...). Cela conduit à une limitation du transfert des assimilats des feuilles vers les épis et réduit, en conséquences, le remplissage des grains (RICARDS, 1983; KHALDOUN et al., 1990; BENLARIBI et al., 1992).

La croissance et le développement des céréales dépendent des conditions climatiques et de la sévérité de la sécheresse.

De plus, selon le stade de développement et la durée au cours de laquelle le stress survient, l'influence sur la production finale et

les composantes du rendement est plus ou moins importante (MOGENSEN, 1991; N'DIONGO, 1993).

En comparaison avec des plantes irriguées, la sécheresse survenant pendant la période de croissance végétative réduit surtout le nombre d'épis par unité de surface. Par contre lorsqu'elle survient pendant la période de remplissage des grains, la sécheresse réduit le poids des grains (LAWLOR et al., 1981; MOGENSEN et JENSEN, 1989 et MOGENSEN, 1991).

Compte tenu de l'instabilité de la production dans les régions arides et semi-arides et de l'expansion démographique, il est nécessaire d'obtenir des rendements bien meilleurs que ceux déjà réalisés jusqu'à présent. L'irrigation de complément chez les céréales s'impose donc avec beaucoup d'acuité. Elle constitue une première condition pour obtenir un meilleur rendement céréalier.

(*) Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie (INRAT).

(**) Ecole Supérieure des Ingénieurs de l'Équipement Rural (Medjaz El-Bab).

Le présent travail s'intéresse à l'effet de la sécheresse survenant à des stades différents du cycle de développement du blé. Il tente de préciser le stade le plus sensible au déficit hydrique des céréales et corrélativement le moment d'intervention de l'irrigation de complément.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Milieu de culture

Le substrat utilisé est un sol argilo-limono-sableux de l'enceinte de l'Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie (INRAT) et dont la composition granulométrique (effectuée à l'I.N.G.R.E.F de Tunisie) est indiquée au **tableau 1**.

Granulométrie	% du sol
argile	22.5%
limon	31.5%
sable très fin	12.0%
sable fin	20.0%
sable grossier	12.0%
matière organique	2.00%

source: laboratoire d'analyse des sols, I.N.G.R.FyE.F.

Matériel végétal

Pour déterminer l'effet de la sécheresse survenant à des stades de développement différents, nous avons utilisé le blé dur (*Triticum durum* Desf.), variété (Karim).

- Karim :

C'est une variété issue du croisement: 21563 - AA « S » (Fg « S » réalisé au Mexique et introduit en Tunisie en 1973).

La sélection de la lignée et son expérimentation ont été effectuées à l'INRAT (MAAMOURI et al., 1988).

Cette variété est caractérisée par un épi légèrement pyramidal, blanc jaunâtre, très fertile, barbe blanche se colorant légèrement en noir, paille de hauteur moyenne (80 à 100 cm).

C'est une variété précoce, résistante à l'oïdium, moyennement résistante aux autres maladies cryptogamiques.

Méthodes

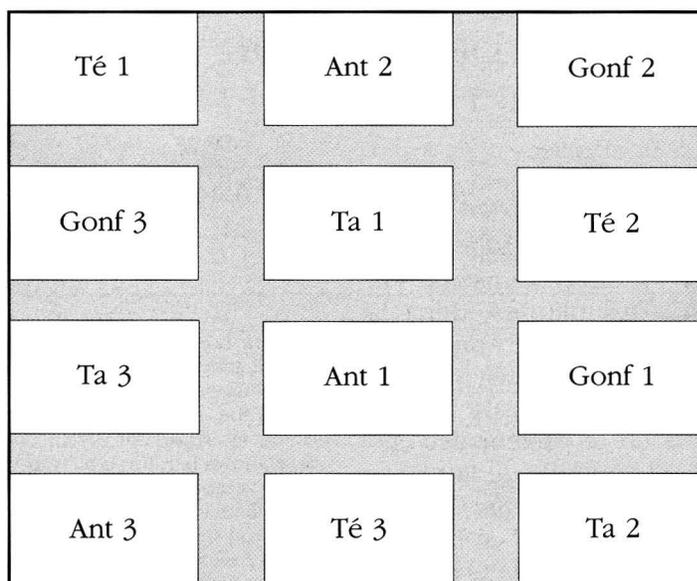
Conditions de culture des plantes

La culture en plein champ a été réalisée sur 12 parcelles élémentaires, chaque parcelle contient 285 plantules au départ, soit une surface de 2 m² environ.

Ces parcelles sont espacées les unes des autres de façon à permettre une circulation facile entre les parcelles élémentaires (voir **schéma 1**).

Le traitement hydrique stressant est appliqué, par l'arrêt d'irrigation des plantes à des stades végétatifs différents. Nous avons suspendu l'arrosage donc au stade tallage,

SCHÉMA DE L'ESSAI EN PLEIN CHAMP



- 1) Té: Témoins.
- 2) Ta: Tallage.
- 3) Gonf: Gonflement (Avant épiaison).
- 4) Ant: Anthèse (Juste après fécondation).

au stade juste avant épiaison (gonflement) et au stade juste après fécondation (anthèse).

Trois parcelles élémentaires ont été considérées comme témoins et sont maintenues, toujours sous des conditions hydriques favorables.

Potentiel hydrique foliaire

Les mesures du potentiel hydrique foliaire sont faites grâce à la chambre à pression de Scholander.

La feuille sectionnée est introduite dans un bouchon de silicone, le tout est introduit dans la chambre à pression de sorte que le bout sectionné apparaisse à l'extérieur du couvercle sur une hauteur maximale de 1.5 cm (BEN NACEUR, 1994).

La pression nécessaire à l'excrétion d'une goutte de sève est égale, en signe opposé, au potentiel hydrique foliaire du tissu considéré.

Le potentiel hydrique est exprimé en unité de pression l'unité la plus utilisée actuellement est le Méga Pascal (M Pa).

Mesure de l'humidité du sol

La mesure de l'humidité du sol est réalisée selon la méthode suivante :

Nous prélevons l'échantillon du sol à une profondeur de 30 cm, à l'aide d'une tarière, nous le mettons dans une boîte à masse connue, puis nous le pesons à l'aide d'une balance de précision pour obtenir le poids frais (PF), ensuite nous le plaçons à l'étuve pendant 5 jours à une température de 105°C jusqu'à obtention de poids constant :

C'est le poids sec (PS).

L'expression de l'humidité est alors :

$$\% H = \frac{(PF-PS) \cdot 100}{(PS-PT)}$$

PF : poids frais

PS : poids sec

PT : Poids de la tare

La profondeur à laquelle l'échantillon de sol est prélevé est de 30 cm. Le choix de cette profondeur repose sur les résultats de recherche effectuée par DECOCQ, (1981), sur céréales. Cet auteur a montré que plus 85% des racines sont situés dans la zone de 0 à 30 cm de profondeur. Cependant, 4 à 6 % des racines peuvent atteindre 110 cm de profondeur.

Mesure de la hauteur des plantes et des composantes du rendement

Mesure de la hauteur des tiges

Ce paramètre est déterminé à l'aide d'un mètre métallique. Il nous renseigne sur l'effet de la sécheresse sur la croissance des plantes stressées comparativement au témoin.

Nombre d'épis par parcelle élémentaire

Le comptage du nombre d'épis par parcelle élémentaire, nous a renseigné sur l'effet du déficit hydrique sur ce paramètre, en fonction du stade durant lequel il a été imposé. Nous rappelons qu'au départ chaque parcelle élémentaire contenait 285 plantules.

Poids moyen des épis

Ce paramètre étant déterminé après prélèvement, au hasard, de dix épis le chaque parcelle. Ensuite nous avons déterminé le poids moyen des épis, après séchage à l'étuve, à une température de 30 °C, pendant 72 h.

Estimation des rendements

Le rendement étant estimé en multipliant le nombre moyen d'épis par le poids moyen d'un épi, et ceci pour chaque parcelle élémentaire.

Analyse statistique

Tous les essais ont été répétés au moins trois fois. Les résultats sont soumis à l'analyse de la variance à un ou à deux facteurs et les moyennes sont comparées selon la méthode de Newman et Keuls, basée sur la plus petite amplitude significative. Chaque moyenne est affectée d'une lettre, les moyennes

suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Evolution de l'humidité du sol en fonction du temps de suspension d'arrosage et en fonction des stades durant lesquels la sécheresse a été imposée

La **figure 1 (A; B; C et D)** illustre la variation de l'humidité du sol en fonction du temps et en fonction des stades d'imposition de stress hydrique. La **figure 1 (A)** relative au témoin montre que pendant les trois premières semaines, l'humidité est élevée et varie entre 26 et 24.6 % à cause, d'une part, la faible consommation en eau des plantules et d'autre part à cause de l'évaporation hivernale réduite. A partir de la troisième semaine, les plantes sont plus développées et l'environnement s'est réchauffé, l'humidité a accusée une faible diminution mais nous l'avons maintenue pratiquement constante tout au tour de 18%. Ce taux d'humidité concorde avec le taux préconisé par SCHMDHALTER, (1985) et correspond à la capacité au champ du sol uti-

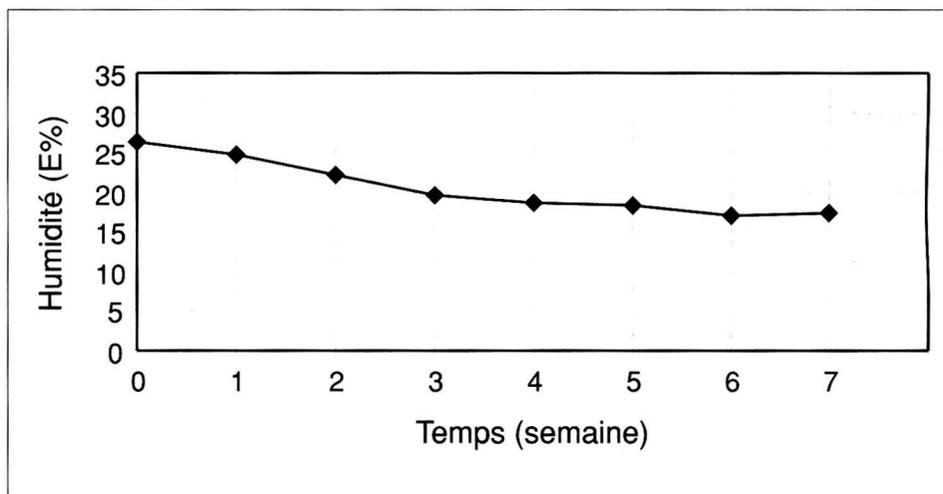


Figure 1a - Variation de l'humidité dans les parcelles témoins.

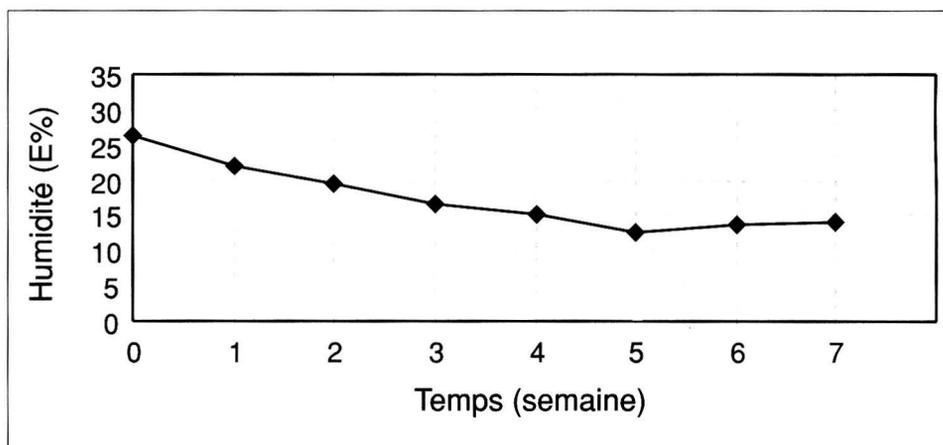


Figure 1b - Variation de l'humidité dans les parcelles stressées au stade tallage.

lisé. Il assure la mise en place et le développement normal des plantes. La **figure 1 (B)** matérialise l'évolution de l'humidité dans les parcelles ayant subi la sécheresse au stade tallage. Cette humidité a subi une chute progressive atteignant 12% à la cinquième semaine de suspension d'arrosage.

Deux semaine après, et suite à une précipitation, il y a eu une légère infiltration latérale ramenant l'humidité à 13 - 14% et à la suite de laquelle nous avons arrêté l'expérience.

Les **figures 1 (C) et (D)** relatives au stade gonflement et stade anthèse montrent une légère diminution de l'humidité qui fluctue, en fin d'expérience, tout au tour de 12%, une valeur proche du point de flétrissement permanent. Il est à signaler que l'humidité du sol est peu sensible aux conditions d'assèchement, probablement à cause des flux d'eau qui proviennent des couches les plus profondes du sol. Nous constatons que la diminution du taux d'humidité est très faible (3%) d'une semaine à une autre.

Variation du potentiel hydrique foliaire chez les plantes soumises à la sécheresse à différents stades de leur développement

La **figure 2 (A; B; C et D)** illustre la variation du potentiel hydrique foliaire des plantes (f) lorsqu'elles sont soumises à la sécheresse à différents stades de leur développement. Ce paramètre (f) est un indicateur très sensible de l'état hydrique des feuilles puisqu'il change de valeur dès qu'il y a une pluie ou même un temps brumeux (nos résultats inédits).

Chez le témoin (**figure 2 (A)**), le potentiel hydrique foliaire est maintenu pratiquement constant, tout au tour de - 0.8 MPa, par un apport hydrique hebdomadaire. Compte tenu de ce résultat, nous pouvons dire que les céréales conduites en conditions hydriques favorables aient un potentiel hydrique foliaire de -0.8 MPa et une humidité du sol de l'ordre de 18%. Les plantes ayant subi la sécheresse au stade tallage ont un

potentiel hydrique foliaire qui chute de - 0.8 à - 1.4 MPa, en fin de l'expérience. Nous notons une analogie entre la diminution de l'humidité du sol et la chute de potentiel au niveau des feuilles. Cependant le potentiel hy-

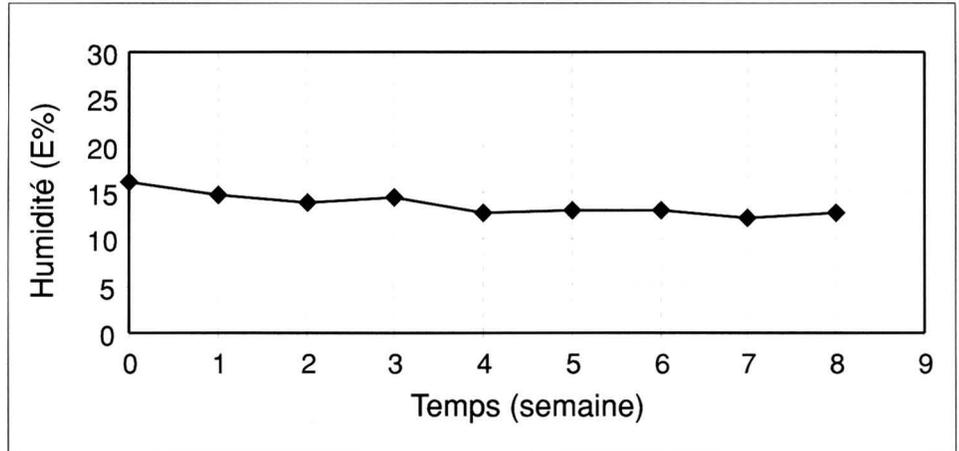


Figure 1c - Variation de l'humidité dans les parcelles stressées au stade juste avant épiaison (gonflement).

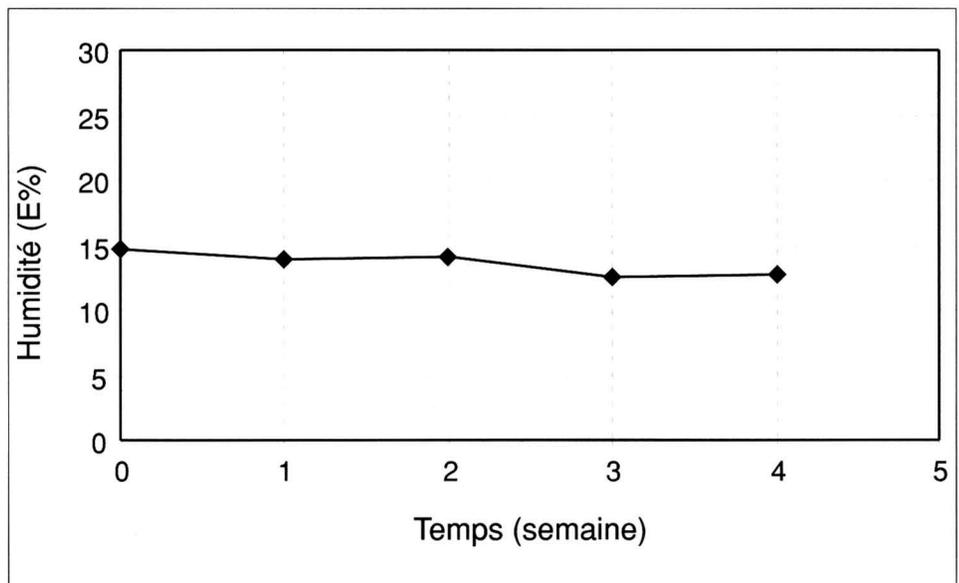


Figure 1d - Variation de l'humidité dans les parcelles stressées au stade juste après fécondation (anthèse).

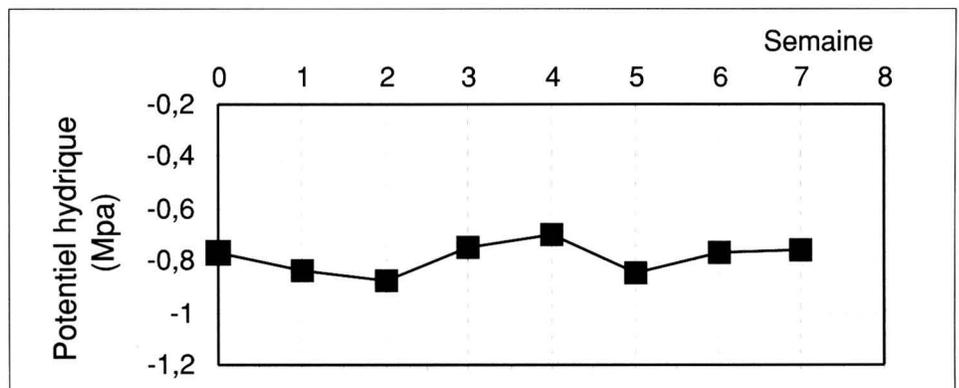


Figure 2a - Variation du potentiel hydrique foliaire des parcelles témoins.

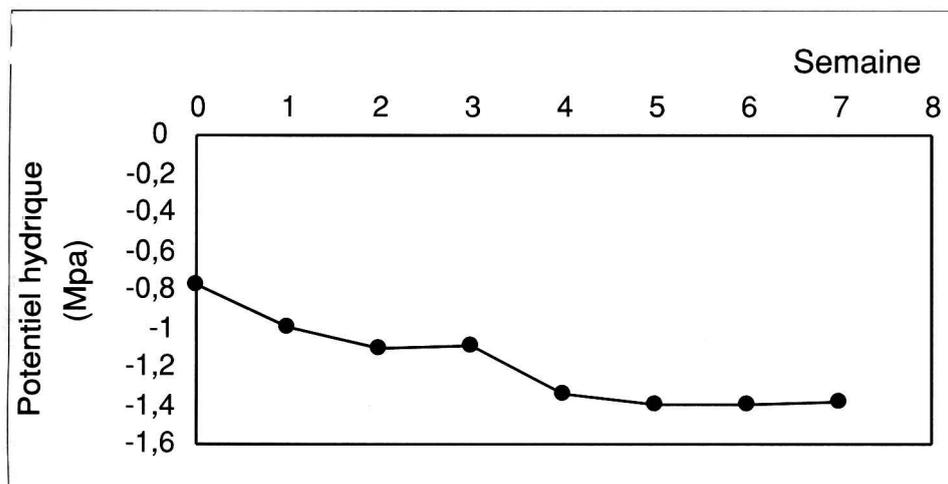


Figure 2b - Variation du potentiel hydrique foliaire des parcelles stressées au stade tallage.

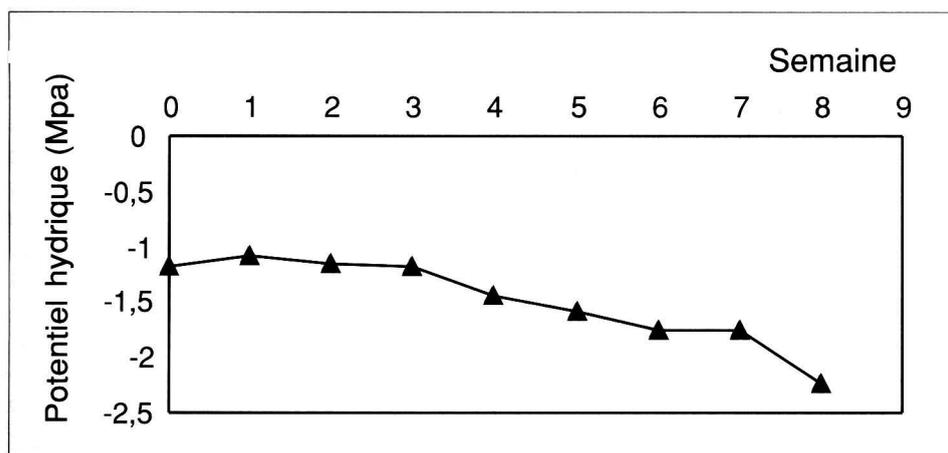


Figure 2c - Variation du potentiel hydrique foliaire des parcelles stressées au stade.

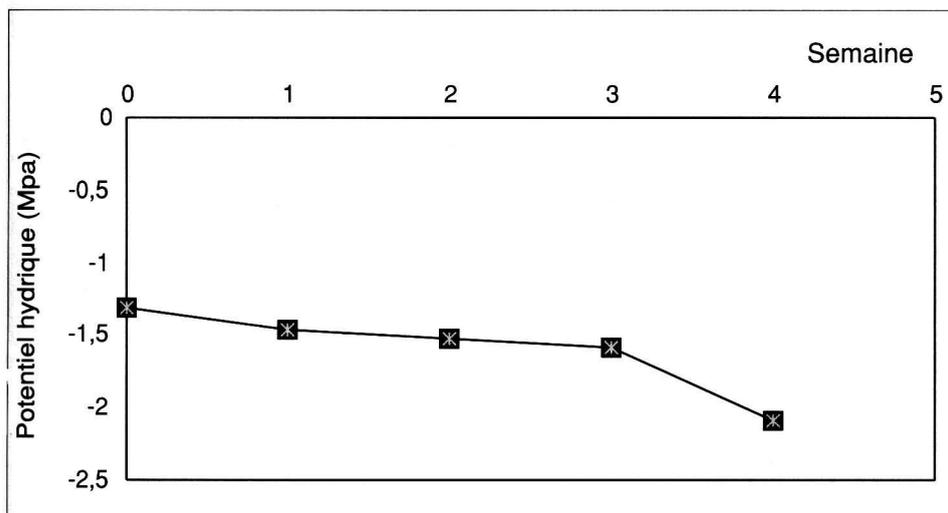


Figure 2d - Variation du potentiel hydrique foliaire des parcelles stressées au stade juste après fécondation (anthèse).

drique foliaire est plus sensible à la variation de l'état hydrique de l'environnement que l'humidité du sol. Les **figures 2 (C et D)** relatives au stade gonflement et anthèse montrent elles aussi une diminution du potentiel

au cours du temps, à la suite de la suspension d'arrosage. ce potentiel a atteint - 2.2 MPa dans les deux cas de figure. L'humidité du sol en ce moment est de l'ordre de 12%. Dans nos conditions de travail, nous pouvons dire que à un potentiel hydrique foliaire de -2.2 MPa, chez les céréales, correspond une humidité du sol de 12% environ.

Influence de la sécheresse sur la croissance en hauteur des plantes

La sécheresse, quelque soit le stade pendant lequel, elle survient, affecte tous les processus physiologiques de la plante.

Son effet se traduit, parmi d'autres, par une réduction de la croissance en hauteur. Ainsi la **figure 3** illustre cet effet négatif engendré par la sécheresse. Il ressort que la variété « Karim » cultivée dans des conditions favorables donne une hauteur de 80 cm environ. Lorsqu'elle subit une sécheresse au stade jeune (tallage), la hauteur n'est que 69.44 cm soit une réduction de 13%.

Par contre lorsque la sécheresse survient au stade gonflement ou anthèse, la hauteur est de 73.77 et 74.99 cm respectivement engendrant une réduction par rapport au témoin de 8 et 6 % respectivement. Statistiquement la réduction de la hauteur des tiges n'est significativement différente du témoin qu'en cas où la sécheresse survient pendant le stade tallage. Nos résultats sont en accord avec ceux de JONES et al., (1981), dans le sens que la sécheresse affecte la croissance végétale et limite tous les processus physiologiques.

De notre point de vue, quelque soit le stade pendant lequel la sécheresse survient, elle affecte négativement la hauteur mais son effet varie avec le stade de développement de la plante et de l'intensité de son application, comme l'ont déjà montré MOGENSEN (1991) et MOGENSEY N

et JENSEN (1989). Comme nous avons imposé à nos plantes une sécheresse d'intensité à peu près égale, la hauteur de la tige est plus sensible à la sécheresse lorsque cette dernière survient au stade tallage.

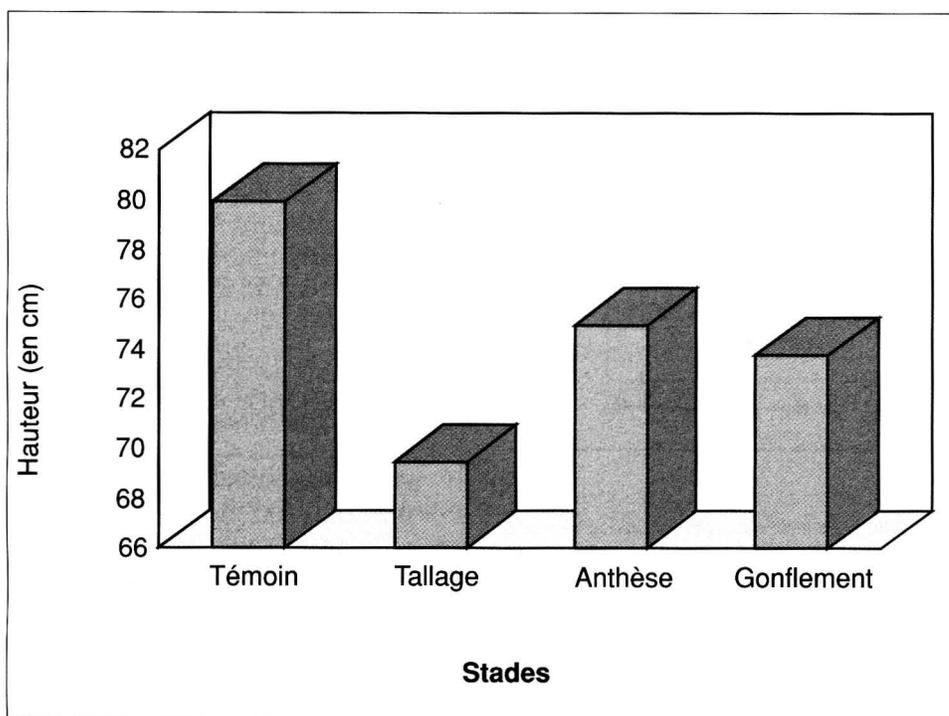


Figure 3 - Variation de la hauteur des tiges en fonction des stades durant lesquels la sécheresse a été imposée.

Effet de la sécheresse sur les composantes du rendement

Effet sur le nombre d'épis par parcelle élémentaire

L'examen du **tableau 2** montre que le nombre d'épi le plus important (873.33) est trouvé dans les parcelles témoins, qui étaient maintenues à leur capacité au champ durant tout le long du cycle de développement. Dans ces parcelles témoins, le nombre de talles par plante est de 3 ($873.33/285=3.06$). Chaque fois que la sécheresse survient il réduit le nombre d'épis par unité de surface. Le pourcentage de réduction est le plus important lorsque le stress hydrique survient au stade tallage (40%). Dans ce cas, le nombre de talles par plante est de 2 ($524/285=1.8$). Nous rejoinons ici l'effet de la sécheresse sur la hauteur des tiges vue précédemment. Le déficit hydrique arrivant au stade jeune (tallage) réduit en même temps la croissance en hauteur et le nombre d'épis par unité de surface. Nos résultats sont en accord avec ceux de LAWLOR et al., (1981) et ceux de MOGENSEN et JENSEN, (1989). Cependant, il semble que les épis qui échappent à l'effet de cette sécheresse auront un remplissage satisfaisant, comme nous allons le montrer ultérieurement. Le nombre d'épi par parcelle élé-

mentaire, ayant subi la sécheresse aux stades gonflement et anthèse est intermédiaire. De même pour le nombre de talles/plante qui est égal à 2 ($581/285=2.04$) et à 2.5 ($727.67/285=2.55$) respectivement.

Effet sur le poids moyen des épis

Le **tableau 3** retrace la variation du poids moyen des épis en fonction des stades durant lesquels la sécheresse a été imposée.

Les parcelles témoins ont donné le poids moyens le plus importants (2.75 g/épi), suivies des parcelles ayant subi la sécheresse au stade tallage (1.86 g/épi). Les parcelles soumises à la sécheresse aux stades gonflement et anthèse ont donné des épis moins lourds que les autres. Des épis plus lourds chez le témoin, s'expliquent par la mise à la disposition de la plante de l'eau et des éléments nutritifs tout le long de leur cycle, donc la migration et le

remplissage des grains s'effectuent d'une manière normale et régulière. L'analyse de la variance a montré que le témoin constitue une classe à part et il est significativement différent des autres. Chaque fois que la sécheresse survient, elle réduit le transfert d'éléments, la pho-

Tableau 2 Variation du nombre d'épis/parcelle élémentaire, en fonction des stades pendant lesquels la sécheresse a été appliquée.

Stade d'application du stress	Nombre moyen d'épis/parcelle (2 m ²)	Ecart type	Coefficient de variation	% de réduction
Témoin	873.33	51.72	5.92	0%
Tallage	524	52.11	9.94	40%
Gonflement	581	24.07	4.14	33.5%
Anthèse	727.67	59.64	8.19	16.68%

Gonflement = juste avant épiaison
Anthèse = juste après la fécondation

Tableau 3 Variation du poids moyen des épis en fonction des stades durant lesquels la sécheresse a été appliquée.

Stades durant lesquels la sécheresse a été appliquée	Poids moyen des épis (exprimé en g)
Témoin	2.75 (a)
Tallage	1.86 (b)
Juste avant épiaison (Gonflement)	1.40 (c)
Juste après fécondation (Anthèse)	1.15 (c)

tosynthèse et par conséquent le remplissage des grains. Cependant, il semble que lorsque la sécheresse survient aux stades gonflement et anthèse, elle est plus préjudiciable sur le poids des épis. La période végétative correspondant à la sortie de l'épi est particulièrement importante par l'influence qu'elle exerce sur le rendement (BEN NACEUR et al., 1997).

Cette période correspond à la formation des tissus nouveaux de l'épi, à la différenciation des épillets, à l'organisation des ébauches florales et la fécondation. Une sécheresse pendant cette période induit l'avortement d'un nombre plus ou moins grand d'épillets à la base et à l'extrémité de l'épi. Ce qui donne des épis de petite taille et ayant un poids faible comme nous l'avons montré dans notre étude.

L'analyse statistique montre une différence significative (seuil 5%) entre ces deux stades (gonflement et anthèse) et le témoin d'une part et entre ces deux stades et le tallage d'autre part.

Estimation de l'effet de la sécheresse sur le rendement global

Nous illustrons dans la **figure 4** le pourcentage de réduction du rendement estimé, par rapport au témoin.

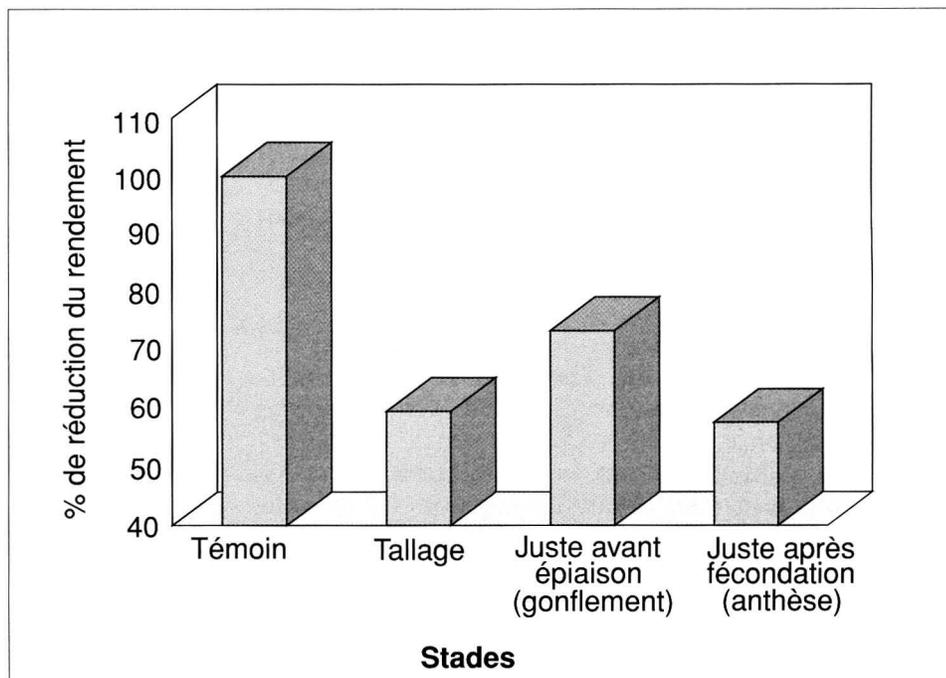


Figure 4 - Variation de la réduction du rendement estimé, chez le blé soumis à la sécheresse, à différents stades de son développement.

Dans ce graphique, nous constatons que le stade gonflement est le plus sensible à la sécheresse. Durant ce stade, une sécheresse peut réduire les rendements de 73% environ.

Les autres stades sont aussi affectés. Le pourcentage de réduction du rendement varie de 58 à 60% environ, respectivement au stade anthèse et tallage. Nos résultats corroborent avec ceux de EL BATTI, (1991);



CALIANDRO et BOARI (1996) qui ont montré eux aussi que le stade le plus sensible chez le blé dur est le stade gonflement et début de l'épiaison. C'est au cours de cette période critique que la sécheresse induit l'avortement des fleurs. Même si on trouve un nombre suffisant d'épis par unité de surface, ces épis seront quasiment vides en cas de sécheresse sévère survenant pendant cette période.

CONCLUSION

Les paramètres que nous avons étudié (potentiel hydrique foliaire et le suivi de l'humidité du sol) permettent de décrire d'une manière globale le statut hydrique du système sol-plante en relation avec le stress hydrique. Une relation entre ces deux paramètres est dégagée à tous les stades durant lesquels on a suspendu l'arrosage. L'optimum du potentiel hydrique foliaire et de l'humidité du sol correspondant à une meilleure croissance végétative sont de -0.8 MPa et de 18% respectivement. Ces deux valeurs sont obtenues dans le cas des parcelles témoins.

Les parcelles ayant subi le stress hydrique aux stades gonflement et anthèse avaient un potentiel hydrique foliaire de -2.2 MPa et un taux d'humidité proche de 12%. Les conséquences de la suspension de l'arrosage sont néfastes sur tous les paramètres étudiés. C'est ainsi que la sécheresse a provoqué la réduction de la hauteur des tiges de 13% dans le cas où elle a été appliquée au stade tallage et 8% et 6% aux moments du gonflement et de l'anthèse respectivement. Chaque fois que la sécheresse survient, elle entraîne une réduction des composantes du rendement. Lorsque le déficit hydrique arrive au stade tallage, il réduit surtout le nombre d'épis par unité de surface: cette réduction est de 40%.

Elle est de 33% et 17% respectivement aux stades, gonflement et anthèse.

La sécheresse n'affecte pas seulement le nombre d'épis par unité de surface, elle réduit aussi le poids des épis et par la même voie le rendement final.

Ainsi donc, on a constaté qu'une sécheresse imposée durant le stade gonflement induit une diminution systématique du poids des grains de 58% par rapport au témoin. Cette réduction est de 32 et 49% dans le cas de tallage et de l'anthèse.

Le rendement final est corrélativement réduit de 60%, 73 et 58% dans le cas où la sécheresse survient au stade tallage, gonflement et anthèse respectivement.

Globalement notre étude montre que quel que soit le stade durant lequel, il survient, le déficit hydrique, affecte aussi bien la croissance que le rendement. Cependant lorsqu'il survient juste avant l'épiaison (gonflement), ses conséquences sont les plus néfastes.

Pendant cette période l'épi est déjà formé mais les organes floraux peuvent être sérieusement endommagés ce qui donne des épis dont la base et le sommet sont stériles. D'où l'intérêt d'apporter une irrigation de com-

plément pendant cette période afin d'atténuer les effets de la sécheresse et sauver le maximum de production en cas de déficit hydrique. ●

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BENLARBI, M., MONNEVEUX, P., GRIGNAC, P. ; 1991 Etude des caractères d'enracinement et de leur rôle dans l'adaptation au déficit hydrique chez le blé dur (*Triticum Durum* Desf.). *Agronomie*, 10; 305 - 313.
- BEN NACEUR, M., 1994. Contribution à l'évolution du degré de résistance aux contraintes hydriques (Sécheresse et excès d'eau) chez l'orge (*Hordeum Vulgare* L.) et la fétuque (*Festuca Arundinacea* Schreb). Thèse de doctorat en sciences agronomiques de la Faculté des sciences agronomiques de Gembloux.
- BEN NACEUR, M.; CHORFI, A.; RAHMOUNE, C. EL-JAAFARI, S. et PAUL, R. (1997) Potentialités de production de quelques variétés de blé dur au Maghreb. *Rev. Sci. Technol. Univ. Constantine*, 8, 69-74.
- CALIANDRO, A. et BOARI, F.; 1996 Supplementary irrigation in arid and semiarid regions *Medit*. 1 : 24 - 27.
- DECOCQ, G., 1981. Croissance racinaire et aérienne de l'orge de printemps sous l'influence des conditions hydriques du sol. Thèse de doctorat en sciences agronomiques de la Faculté des sciences agronomiques de Gembloux (Belgique).
- EL BATTI, F., 1991. Irrigation d'appoint des céréales; Recherche d'un optimum technique de production. Mémoire de fin d'études d'ingénieur de l'E.S.I.E.R. 84p.
- GHARTI-CHHETRI, G.B. et LALES, J.S., 1990 Biochemical and physiological responses of nine spring wheat (*Triticum aestivum*) cultivars to drought stress at reproductive stage in the tropic. *Belg. J. Bot.* 123, (1/2) : 27-35.
- JONES, M. M., TURNER, N. C. and OSMOND, C. B., 1981. Mechanism of resistance. In: *The physiology and biochemistry of drought resistance in plants* (Dale L. G. Aspinall D. eds.) Pp. 15 - 37. Academic press, Sydney ISBN 0 - 12 - 54480 - 3.
- KHALDOUN, A.; CHERY, J. et MONNEVEUX, P.; 1990 Etudes des caractères d'enracinement et de leur rôle dans l'adaptation au déficit hydrique chez l'orge. *Agronomie*, 10; 369 - 379.
- LAWLOR, D.W.; DAY, W.; JOHNSTON, A.E., LEGG, B.J. and PARKINSON, K.J. 1981 Growth of spring barley under drought: crop development, photosynthesis, dry matter accumulation and nutrient content. *J. Agric. Sci. Camb.* 96; 167 - 186.
- MAAMOURI, A., DEGHAIES, M., EL FELAH, M. et HALILA, H., 1988. Document techniques, les variétés de céréales recommandées en Tunisie. p:41 - 51.
- MOGENSEN, V. O., 1991. Growth rate of grains of barley in relation to drought. *Acta. Agric. Scand.* 41: 345 - 353.
- MOGENSEN, V. O. and JENSEN, H. E., 1989. The concept of stress days in modelling crop yield response to water stress. *Proceeding of the C.E.C. Workshop: Management of water resources in cash crops and in alternative production systems.* Brussels 1988, 13 - 22.
- MORGAN, J.M. and CONDON, A.G., 1986 Water use, grain yield and osmoregulation in wheat. *Aust. J. Plant Physiol.* 13, 523 - 532.
- N'DIONGO, O., 1993. Irrigation de complément du blé: Effet de l'irrigation post-épiaison. Mémoire de fin d'études d'ingénieur de l'E.S.I.E.R. 47p.
- RICARDS, R. A., 1983. Manipulation of area and its effects on grain yield in drought wheat. *Aust. J. Agric. Res.* 34: 23 - 31.
- RIOU, C., 1993 L'eau et la production végétale. *Sécheresse*, 4: 75 - 83.
- SARDA, X., VANSUYT, G., TOUSCH, D., CASSEDELBART, F., et LAMAZE, T., 1992. Les signaux racinaire de la régulation stomatique. In « tolérance à la sécheresse des céréales en zones méditerranéennes ». Ed. INRA. Paris. 1993. 75 - 79.
- SCHMIDHALTER, U., 1985 Effet de la salinité et de divers autres facteurs sur la germination des carottes *Revue Suisse. Arboric., Hortic.* 17 (6) 377 - 380.