

# AMÉLIORATION DE L'EFFICACITÉ D'UTILISATION DE L'EAU CHEZ LE BLÉ PAR L'EMPLOI D'ANTITRANSPIRANTS

M'BAREK BEN NACEUR - MONCEF BEN SALEM (\*)

Quand le sol s'assèche, son potentiel hydrique s'abaisse et l'extraction de l'eau par les racines devient difficile. A ce moment la plante règle sa transpiration en fonction de ce qu'elle peut absorber au niveau racinaire. Cet ajustement se traduit par une fermeture plus ou moins complète des stomates.

Les conséquences de cette réaction sur le rendement sont défavorables, vue la corrélation entre le rendement et la capacité d'assimilation de la plante.

En régions arides et semi-arides, les pertes en eau par évapotranspiration sont extrêmement importantes, en raison de la température élevée, de l'ensoleillement et du vent.

Pour limiter la perte en eau, on pourrait intervenir au niveau du sol et/ou au niveau de la plante.

Au niveau du sol, le recours aux techniques permettant d'emmagasiner (travail et amendement organique du sol), et d'économiser l'eau (application de méthodes limitant l'évaporation du sol, notamment le recouvrement des rigoles par des films plastiques et l'utilisation des canalisations en polyvinyldichlorure: PVC) et le choix d'un système d'irrigation adéquat pourraient éviter des pertes en eau considérables et protéger les plantes d'une pénurie.

Au niveau de la plante, bien que la réponse au déficit hydrique soit immédiate et englobe plusieurs mécanismes (Levitt, 1980), si l'on veut économiser de l'eau c'est sur les stomates qu'il faut agir, car 1% seulement de l'eau absorbée par les racines, est retenu dans la

## ABSTRACT

Trial under controlled and field conditions were carried on wheat (*Triticum durum* Desf.) to study the effect of antitranspirant (linseed oil) on water management of plant subjected to water deficit. The influences of the antitranspirant on foliar water potential, hydration of different plant parts, water use efficiency and soil moisture were discussed. The critical antitranspirant rate suitable to cereal which preserves moisture without inducing foliar damage was determined. The gain on foliar hydration, at the treatment compared to the control, fluctuated from 12 to 16%, according to the antitranspirant rate used. Even though the stems were less sensitive than foliar, they got an improvement from 4 to 7.5%. The water use efficiency showed also a better improvement, by use of antitranspirants, fluctuated from 5 to 20% under controlled and from 3 to 7% under field conditions.

## RÉSUMÉ

Des essais en milieu contrôlé et au champ ont été conduits sur blé dur (*Triticum durum* Desf.) pour étudier l'effet d'un antitranspirant de type film (huile de lin) sur la gestion de l'eau chez les plantes soumises à un déficit hydrique. L'influence de l'antitranspirant sur le potentiel hydrique foliaire, l'hydratation des différents organes de la plante, l'efficacité d'utilisation de l'eau et l'humidité du sol, en fin de l'expérience, ont été discutées. La dose optimale d'antitranspirant qu'il faut utiliser sur blé, celle qui induit une préservation de l'humidité sans pour autant provoquer des dégâts au niveau des feuilles a été déterminée. Le bénéfice d'hydratation foliaire des traitements par rapport au témoin varie de 12 à 16%, selon la dose d'antitranspirant utilisée. Bien que moins sensibles que les feuilles aux effets de l'antitranspirant, les tiges ont, elles aussi, montré une amélioration de leur pourcentage d'hydratation de 4 à 7.5%. L'efficacité d'utilisation de l'eau est améliorée par l'emploi d'antitranspirant de 5 à 20%, en chambres de cultures et de 3 à 7% en pots de végétation placés au champ.

plante, tout le reste est perdu par les stomates (Coudret et Ferron, 1977).

Plusieurs chercheurs ont essayé de réduire la transpiration et préserver l'eau au niveau des feuilles et des racines. Nous citons Neumann (1974) sur haricot, Ferron et Costes (1977) sur vigne et sur melon, Barkley (1986) sur maïs doux; El-Bory (1988) sur mandarinier; Al-Kay'Ali (1990) sur pêcher et olivier, et Zowain et Narang (1991) sur blé.

Les résultats sont parfois contradictoires du fait de la multiplicité des protocoles expérimentaux utilisés pour étudier l'effet des antitranspirants.

Le présent travail tente de caractériser l'effet combiné de la sécheresse et des antitranspirants sur les paramètres physiologiques du blé, soumis à un déficit hydrique et vise l'amélioration de l'efficacité d'utilisation

de l'eau par l'emploi de ces antitranspirants.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### Matériel végétal

Les essais ont porté sur une variété de blé dur (*Triticum durum* Desf. cv. Khiair).

Cette variété est issue du croisement Chen "S" X Alter 84 réalisé au Mexique (C.I.M.M.Y.T.) et introduite en Tunisie en 1987. La sélection de la lignée est effectuée à l'INRAT et elle est inscrite au catalogue officiel en 1993 (Slama, 1996). La variété Khiair a été choisie après testage de 13 variétés quant à leur efficacité d'utilisation de l'eau. Cette variété a un cycle de développement moyen (c'est une variété demi-précoce), une bonne production en conditions favorables et une bonne efficacité d'utilisation de l'eau (Maamouri *et al.*, 1988; Paul *et al.*, 1996).

(\*) Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie, Ariana, Tunis.

## Antitranspirant utilisé

Nous avons utilisé l'huile de lin, en émulsion aqueuse, aux doses de 2,5%; 5%; et 10%. Les doses plus élevée (15% et 20% ont été abandonnées à cause des dégâts qu'elles ont induits sur les feuilles). Cette huile est siccative (teneurs en acide linoléique et linoléique élevées). Elle est utilisée pour son coût faible et sa disponibilité sur le marché. Le traitement consiste en une pulvérisation des feuilles des plantes. Chaque plante reçoit environ 1 ml d'émulsion par traitement. Chaque traitement est représenté par 3 pots (3 répétitions). Les différentes émulsions utilisées ont été maintenues, lors de leur emploi, en agitation constante.

## Conduite de l'essai en chambre de culture

Un premier essai a été réalisé en chambre de culture où la température, la lumière et l'humidité relative sont contrôlées (température 25 °C le jour et 15 °C la nuit, HR 70% et photopériode de 12 h). Les graines de blé sont semées en pots de végétation à raison de 5 plantes/pot. Après deux semaines de culture à la capacité au champ, cette dernière a été ramenée et maintenue à 50% de sa valeur, pendant une semaine, pour uniformiser la teneur en eau dans tous les pots. Après cette période, nous avons procédé à l'arrêt de tout apport hydrique et à l'application des différentes doses d'antitranspirant. La période de suspension totale de l'arrosage a duré 15 jours, pendant lesquels nous avons effectué les mesures physiologiques nécessaires. Cet essai a servi pour la mesure de la transpiration des feuilles excisées, du potentiel hydrique et de la teneur en eau du sol, en fin de l'expérience.

## Potentiel hydrique foliaire

Le potentiel hydrique foliaire traduit l'intensité des forces de liaison de l'eau dans le système sol-plante-atmosphère. Il est sous la dépendance de la demande évaporatoire du climat, de la disponibilité en eau du sol et de la réponse de la plante qui réalise la jonction entre la demande en eau et l'offre du sol (Shamsun-Noor *et al.*, 1989). Ce paramètre est largement utilisé pour évaluer l'état énergétique de l'eau dans la plante, dont il constitue un indicateur sensible (De Raissac, 1992). La mesure est faite tous les 2 jours, à la même heure, sur la dernière feuille complètement épanouie (habituellement la troisième feuille, à partir de la feuille terminale). Il est mesuré au moyen d'une chambre à pression de type Scholander, comme nous l'avons précédemment expliqué (Ben Naceur *et al.*, 1991).

## Transpiration des feuilles détachées

L'état d'hydratation des tissus est lié au processus de transpiration (Coudret et Ferron, 1977). Pour évaluer l'effet des antitranspirants sur la fermeture des stomates et la préservation de l'eau au niveau des

tissus, les feuilles ont été détachées et placées à l'air libre puis soumises à des pesées successives en fonction du temps.

## Efficacité d'utilisation de l'eau

L'efficacité d'utilisation de l'eau est considérée comme un des paramètres les plus importants de l'adaptation du blé à la sécheresse. Elle est définie, pour la première fois en 1962, par Viets, comme le rapport de la matière sèche totale, ou du rendement en grains, par unité d'eau consommée. Ce rapport qui exprime, en fonction de l'eau disponible, le potentiel d'assimilation photosynthétique de la plante, peut être lié à différents processus physiologiques comme la photosynthèse et les variations du statut hydrique (Qariani *et al.*, 1996).

White *et al.* (1987) ont montré une corrélation positive entre l'efficacité d'utilisation de l'eau et la discrimination isotopique entre le  $^{13}\text{C}$  et le  $^{12}\text{C}$ , chez les plantes testées. Des résultats similaires ont été trouvés par Mechregui *et al.* (1994) sur blé dur. Dans ces essais l'efficacité d'utilisation de l'eau a été déterminée en faisant le rapport de la matière sèche produite à la quantité d'eau consommée, chez le blé ayant subi différentes doses d'antitranspirant.

## Conduite de l'essai en pots de végétation placés en plein champ

Un deuxième essai est conduit en pots de végétation mis sur des wagonnets coulissant sur rails. Ces pots sont presque toujours placés en plein champ où ils subissent les variations climatiques inter et intra-journalières. Ils sont, cependant, rangés sous hangar tous les soirs et en cas de pluie. Cet essai a été conduit comme le précédent et il a servi à l'étude de l'hydratation des différents organes de la plante et à l'évaluation de l'efficacité d'utilisation de l'eau, après traitements aux antitranspirants.

## Mesure de l'hydratation des feuilles et des tiges

L'hydratation est la quantité d'eau présente dans un tissu végétal à un instant donné. Elle est exprimée par rapport au poids frais de l'organe en question. Des feuilles et des tiges sont prélevées et immédiatement pesées (PF). Elles sont ensuite séchées à l'étuve à une température de 80 °C pendant 72 h jusqu'à poids constant et repesées (PS). L'hydratation est déterminée selon la formule:

$$\% H = (PF - PS).100/PF$$

PF = poids frais

PS = poids sec

## RÉSULTATS ET DISCUSSION

### Efficacité d'utilisation de l'eau - essai en chambre de culture

Nous avons évalué l'efficacité d'utilisation de l'eau chez

le blé ayant subi différentes doses d'antitranspirant. Nos résultats sont consignés au **tableau 1**. Ce tableau montre que l'antitranspirant influence fortement, l'eau consommée (69.37 à 49.3 g d'eau consommée), bien que la durée de l'expérimentation soit limitée (15 jours). Cependant, l'effet de l'antitranspirant a également touché la matière sèche produite où on a enregistré une réduction de la quantité de matière sèche en fonction des traitements.

L'efficacité d'utilisation de l'eau est améliorée dans tous les traitements et varie de 5.5 à 20% par rapport au témoin marquant une différence significative entre le témoin et le traitement 2.5% d'un côté et les traitements 5% et 10% de l'autre.

Réduction des pertes en eau en fonction du temps

La **figure 1** montre l'évolution de la perte en eau par transpiration des feuilles excisées, en fonction du temps et en fonction de la dose d'antitranspirant utilisée. Cette figure montre qu'en régime d'assèchement, la transpiration tend à diminuer avec le temps. Cette fonction est, en effet, influencée par plusieurs facteurs externes et par des mécanismes physiologiques endogènes (acide abscissique) (Davies et Zhang, 1991; Ober et Setter, 1992). C'est ce qui explique la diminution des pertes en eau, chez tous les traitements, au fur et à mesure que le déficit hydrique s'intensifie. Cependant, il ressort que les feuilles traitées aux antitranspirants se maintiennent plus hydratées et préservent leur eau comparativement au témoin. La différence entre les traitements et le témoin est significative au seuil 5%, par contre elle ne l'est pas entre diverses doses.

La réduction des pertes, au niveau des traitements pourrait être imputée à l'effet des antitranspirants qui, en plus des mécanismes physiologiques endogènes, aideraient encore la plante à garder son eau et la protégeraient, momentanément, contre la déshydratation.

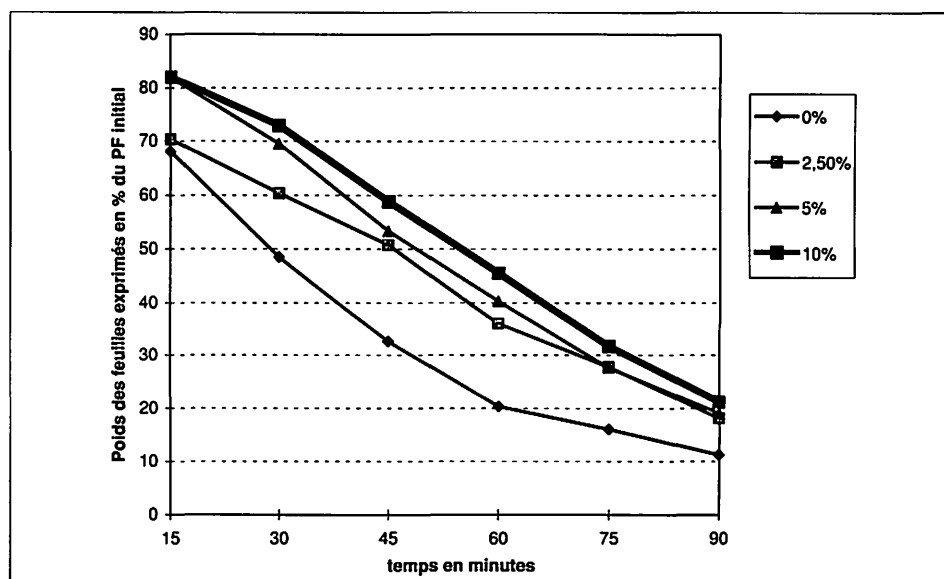
Evolution du potentiel hydrique foliaire

Il est établi qu'une plante est d'autant mieux adaptée à la sécheresse que son potentiel hydrique se maintient élevé au cours de l'assèchement (Batcho et Jossang, 1987). La **figure 2** illustre l'effet du stress hydrique et de l'antitranspirant sur le potentiel hydrique foliaire des plantes. Ce potentiel varie entre

**Tableau 1 Efficacité d'utilisation de l'eau chez le blé dur, ayant subi différentes doses d'antitranspirant.**

	Matière sèche (mg/plante)	Eau consommée (g/plante)	Efficacité	% d'augmentation de l'efficacité (par rapport au témoin)
Témoin	83	69.37	1.2	-
Dose 2.5%	77	60.8	1.27	5.5 (a)
Dose 5% (b)	70	49.57	1.41	17.68
Dose 10%	71	49.3	1.44	20 (b)

-0.7 et -1.2 MPa chez tous les traitements, y compris le témoin. Cependant, on constate effectivement que l'antitranspirant préserve l'eau des feuilles. Le potentiel hydrique est plus bas dans le cas du témoin que dans le cas des traitements. Les doses 2.5% et 5% engendrent un potentiel plus élevé que celui du témoin (0%) comme l'a démontré Bourhazour (1997) sur blé tendre. La dose 10% permet d'avoir un potentiel encore plus élevé que les précédents mais s'accompagne de dégâts sur les feuilles. Par le biais de cet antitranspirant, les plantes maintiennent une hydratation tissulaire suffisante. Ce qui favoriserait, sous certaines conditions, la croissance et l'activité photosynthétique et par conséquent le rendement (Turner, 1986; Blum, 1989). Nos résultats sont en accord avec ceux de Davenport *et al.* (1972). Ces auteurs ont montré que l'antitranspirant "Mobileaf" permet un maintien du potentiel hydrique foliaire plus élevé chez le traitement que chez le témoin et une amélioration du volume du fruit d'environ 6% chez le pêcher. La même équipe a conduit une étude complète sur olivier et a montré que l'antitranspirant améliore le potentiel hydrique foliaire de 50%. Al-Kay'Ali (1990) a montré



**Figure 1 - Variation de la perte en eau des feuilles excisées, en fonction du temps et de la dose d'antitranspirants, chez le blé.**

une expansion du diamètre des tiges chez le pêcher traité par rapport au témoin, traduisant une préservation de l'eau au niveau de la plante. Nos résultats sont aussi en accord avec ceux de Barkley (1986). Cet auteur a montré que l'antitranspirant "Vapor gard" réduit la transpiration chez le maïs et lui permet de maintenir un potentiel hydrique foliaire plus élevé que chez le témoin. Nos résultats sont également en accord avec ceux de Bourhazour (1997) qui a montré que l'antitranspirant "l'huile de lin" améliore les paramètres hydriques foliaires du blé tendre traité aux antitranspirants.

### Eau restant dans le sol en fin d'expérience

Le **tableau 2** illustre la teneur en eau du sol en fin de l'expérience. Il est clair que le témoin a davantage épuisé ses réserves en eau que les autres traitements. La différence entre le témoin et les traitements (dose 5% et 10%) est significative au seuil 5%. Par contre il n'y a aucune différence significative entre le témoin et le traitement 2.5%. Ce comportement s'explique par le fait que les plantes n'économisent pas l'eau lorsqu'elles en disposent. Dès qu'on leur impose un régulateur de transpiration, on les aide à bien gérer leur eau. Bien que la différence entre les divers traitements ne soit pas significative, nous observons que les traitements 5% et 10% sont ceux qui gardent la plus importante teneur en eau au niveau de leurs racines. Cependant, il est à signaler que la dose 10%, engendre des dégâts sur feuilles conduisant à des phénomènes de sénescence.

### ESSAI EN POTS PLACÉS AU CHAMP

#### Teneur en eau des feuilles et des tiges traitées aux antitranspirants

L'examen du **tableau 3** montre que la teneur en eau des feuilles varie de 78 à 81% chez les différents traitements. Cependant, elle n'est que de 70% chez le témoin. Les feuilles de ce dernier sont les plus déshydratées. La différence entre le témoin et les traitements est significative au seuil 5%. Par contre elle ne l'est pas entre traitements. L'effet de l'antitranspirant se traduit par une meilleure rétention de l'eau des feuilles. Ainsi les doses 2.5, 5 et 10% ont induit une amélioration de cette teneur en eau de 12, 13 et 16% respectivement. Ce résultat confor-

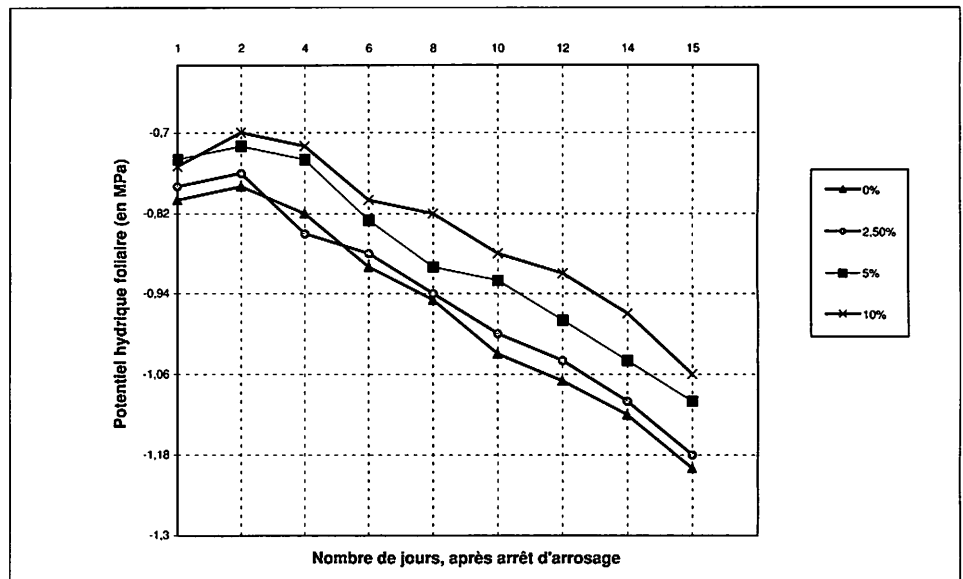


Figure 2 - Evolution du potentiel hydrique foliaire du blé traité aux antitranspirants et soumis au déficit hydrique.

te, encore, ce que nous avons trouvé en chambre de culture. Contrairement aux feuilles, les tiges sont plus déshydratées (**tableau 4**). Les teneurs en eau des tiges varient de 47 à 50% uniquement. Dans nos conditions de travail, l'utilisation d'antitranspirant améliore légèrement les teneurs en eau des tiges par rapport au témoin. Ainsi, la dose 5% induit une augmentation de l'hydratation des tiges de 7.5% par rapport au témoin. Par contre les doses 2.5 et 10% n'engendrent qu'une faible augmentation (4.3 et 3.8% respectivement). La faible amélioration de l'hydratation des tiges, ayant reçu la dose 10% d'antitranspirant, serait due à une hétérogénéité de pulvérisation de l'émulsion, qui est passée en majorité sur feuilles. Toutefois, il est à souligner que

**Tableau 2** Effet des antitranspirants sur la teneur en eau du sol à la fin de l'expérience.

Doses d'antitranspirant	% d'humidité du sol
Témoin (0%)	6.91 a
2.5%	8.11 ab
5%	8.86 bc
10%	8.65 bc

**Tableau 3** Teneur en eau des feuilles de blé après traitement aux antitranspirants.

Doses d'antitranspirant	Poids frais (PF)	Poids sec (PS)	Teneur en eau (en %)	% d'augmentation par rapport au témoin
0%	0.5108	0.1532	70.12 (b)	-
2.5%	0.4387	0.0945	78.51 (a)	11.96
5%	0.4286	0.0878	79.49 (a)	13.37
10%	0.4707	0.0870	81.33 (a)	15.98

**Tableau 4 Variation de la teneur en eau des tiges de blé traité aux différentes doses d'antitranspirant de type film.**

Doses d'antitranspirant	Poids frais (PF) (en g)	Poids sec (PS) (en g)	Pourcentage d'hydratation (%)	% d'augmentation par rapport au témoin
0%	5.561	2.963	46.72	-
2.5%	6.649	3.408	48.74	4.3
5%	6.742	3.356	50.21	7.5
10%	6.667	3.432	48.52	3.8

**Tableau 5 Amélioration de l'efficacité d'utilisation de l'eau, chez le blé dur, par l'emploi d'antitranspirants.**

Doses d'antitranspirant	Matière sèche produite (mg)	Eau consommée (en g)	Efficacité d'utilisation de l'eau	Amélioration par rapport au témoin
0%	3116	867	3.594	-
2.5%	3030	818	3.704	3.06
5%	2894	766	3.778	5.12
10%	2819	733	3.845	6.98

les mesures du statut hydrique que nous avons réalisées constituent un bon indicateur de l'effet positif des antitranspirants, comme l'ont montré Zowain et Narang (1991) sur blé et Nitzsche *et al.* (1991) sur piment.

#### Amélioration de l'efficacité d'utilisation de l'eau

Le **tableau 5** montre que l'utilisation des antitranspirants agit en même temps sur l'eau consommée et sur la matière sèche produite. Cela accentue la critique faite à l'usage d'antitranspirants et reposant sur le fait que la fermeture des stomates réduit les échanges gazeux et, en conséquence, le rendement photosynthétique. De même, il influence directement l'efficacité d'utilisation de l'eau. Ce paramètre tend à s'améliorer avec l'augmentation de la dose d'antitranspirant. Grâce à l'utilisation de ces antitranspirants, l'efficacité d'utilisation de l'eau est améliorée de 3 à 7%.

Bien que plus faible que ce que nous avons noté en chambre de culture, cette amélioration pourrait protéger momentanément les plantes d'une pénurie en eau qui pourrait être létale.

#### EFFETS SECONDAIRES SUR LES VÉGÉTAUX ET RECOMMANDATIONS

Nos résultats ont montré que l'huile de lin possède des propriétés antitranspirantes qui se traduisent par une obturation partielle des stomates, mises en évidence par le maintien du potentiel hydrique foliaire et la réduction des pertes en eau par transpiration foliaire. A part son effet bénéfique dans la préservation de l'eau de la plante, le traitement protégerait les plantes contre les attaques par des insectes ou des champignons (Coudret et Ferron, 1977). Le produit provoque, cependant, des brûlures foliaires, sur céréales, à partir de la dose 10%. Les dégâts sont d'autant plus importants que la dose est plus élevée (15% et 20%). Nos résultats montrent que

l'huile de lin pourrait être utilisée comme antitranspirant à la dose de 2.5 à 5% sur céréale, sans aucun danger, bien que certains auteurs ont montré que l'effet est plus marqué avec une émulsion à 5% qu'avec une émulsion à 2.5% (Bourhazour, 1997). Cette huile réduit la transpiration de façon significative. Elle pourrait aider la plante à bien gérer le peu d'eau dont elle dispose, en zone aride. L'application de cet antitranspirant doit être renouvelée fréquemment pour toucher les feuilles nouvellement formées. Il faut toutefois souligner que les traitements par cet antitranspirant ne sont efficaces que si la plante traitée se trouve déjà sous contrainte hydrique, comme nous l'avons conduit dans cet essai. Si les conditions sont favorables, les rendements sont, au contraire, plus faible que ceux du témoin (nos résultats inédits). Cette conclusion a été signalée par plusieurs auteurs dont Solarova *et al.* (1981) et Carbonnier *et al.* (1987), dans une mise au point sur le sujet. Ces auteurs ont montré l'inefficacité des antitranspirants lorsque le sol est suffisamment hydraté et inversement leur efficacité dans le cas où le sol est déficitaire en eau. De notre point de vue, l'emploi d'antitranspirant induit une meilleure hydratation des feuilles et des tiges et améliore l'efficacité de l'eau en cas où le sol est insuffisamment humide.

Cependant, les dégâts engendrés peuvent être plus ou moins grands, selon la dose et la manière dont elle est utilisée. Un étalement hétérogène d'antitranspirant du type film est susceptible de provoquer une augmentation de la transpiration, contrairement à ce qu'on attendait. Les doses 2,5 à 5% sont à retenir pour les céréales. ●

Les références bibliographiques n'ont pas été publiées pour manque d'espace. Qui est intéressé à la bibliographie complète peut s'adresser soit à l'Auteur soit à la rédaction.