

INFLUENCE D'UN BRISE VENT SUR LA CONSOMMATION D'EAU ET LA CROISSANCE D'UNE CULTURE DE BLE APRES UNE PLUIE PRINTANIERE (CLIMAT SEMI-ARIDE DES HAUTES - PLAINES ORIENTALES D'ALGERIE).

Par Abdelaziz ZITOUNI (1) et Michel LECOMPTE (2).

1. Institut National de la Recherche Forestière (INRF), B.P 19, Mesloug, 19130 Sétif.
2. Université Paris 7, 2 place Jussieu, 75005 Paris.

Résumé

Afin de préciser les modalités d'action d'un brise-vent sur l'équilibre hydrique et la croissance d'une culture de Blé, une expérience a consisté à suivre leur évolution après une pluie printanière assez importante : 23 mm les 3 et 4 Avril 1989.

La réserve d'eau du sol et la biomasse aérienne et souterraine du Blé ont été ainsi mesurées les premiers, deuxième, quatrième et sixième jour après la pluie. Les mesures sont échantillonnées à des distances croissantes au droit du B.V., multiples de sa hauteur ($H=5$ m). Les températures de l'air et l'évaporation Piche sont connues à trois distances (1,6 H et 15 H). Toutes les mesures sont rapportées à un témoin à découvert.

Le B V provoque une hausse des températures et une diminution de l'EV. Piche ; mais cette dernière est au moins partiellement consécutive à une hausse importante de l'ETR, que signale l'assèchement rapide et profond de la RU ; celui-ci s'effectue selon un rythme indépendant de la chronique climatique de la période d'expérience.

La production végétale augmente dans la zone d'influence du B.V. dans des proportions bien plus considérables que la consommation d'eau, de l'ordre du décuple au lieu du double. "L'indice d'efficacité de l'eau" augmente parallèlement, la biomasse racinaire également.

Les meilleurs résultats sont obtenus entre - 1 H et 10 H mais un doublement de la production est encore observé à 15 et 20 h. Un maillage bocager serait donc tout à fait positif dans le contexte climatique des hautes plaines algériennes.

Mots-clefs : Algérie, Brise-vent, semi-aride, Agroclimatologie, ETR, Rendement cultural.

Summary

In order to precise the ways of working of a wind-break upon water balance and growth of a wheat breeding, an experiment has consisted in following their evolution after a substantial spring rain : 23 mm, 3 and 4 april 1989.

Variations of water resource of soil and aerial and ground biomass of wheat have, then been measured in the first, second, fourth and sixth days after rain. The datas are sampled at increasing distances perpendicularly to the W.B., multiples of its height ($H=5$ m). Air temperature and Piche evaporation are known from three distances, 1,6 and 15 H. All the measures are referred to those of an opened place.

The W.B. increases air temperatures (fig.1) and decreases Piche evaporation (Fig.2) ; but this last result is due, at least partially, to greater evapotranspiration of wheat, denoted by quick and strong drying of soil water (fig.3). This drying is realised at independant rythm of climatic chronicle during experimentation time.

Under the influence of the W.B., vegetal production (fig.4) increases much more strongly, the range of the decuple, than water consumption, the range of the double. "Water efficiency index" rises in the same way (fig.6), and root biomass too (fig.5).

The best results are obtained between -1H and 10 H (fig. 3-6) but doubling production is still observable at 15 and 20 H. Coppice management would then be very relevant in the semi-arid environment of these high plains of Algeria.

Key-words : Algeria, Wind-break, Semi-Arid, Agroclimatology, Evapotranspiration.

INTRODUCTION

Après une chute de pluie appréciable au printemps 1989 (23 mm les 3 et 4 avril) on a procédé à des mesures comparées, sous l'abri d'un brise-vent végétal et hors abris, de l'accroissement de biomasse d'une culture de blé de la Var. Mahom-Demias et de sa consommation d'eau (ETR).

L'expérience avait été préparée dans l'attente d'un tel événement hydrologique, dont on rend grâce au ciel. Elle s'insérait dans une étude pluriannuelle sur l'influence agronomique et agroclimatique des brise-vent dans la région de Sétif. Celle-ci (Zitouni, 1991) montre l'influence favorable des B.V sur l'atténuation de l'ETP, l'augmentation des températures diurnes hivernales et printanières, l'augmentation de l'ETR et de la récolte. La présence contribution vise à préciser ces deux derniers points.

1. PRESENTATION DE L'EXPERIENCE

1.1. LE SITE DE L'EXPERIENCE

a/Situation générale

L'expérience s'est déroulée dans la ferme expérimentale de Guellal, à une vingtaine de Km au Sud de Sétif, dans la région des hautes plaines orientales de l'Algérie (36° N, 5° E). Le climat méditerranéen y est de type semi-aride à hiver frais dans le système bioclimatique d'Emberger. Le total annuel moyen de précipitation est compris entre 300 et 350 mm selon la période de référence des normales, avec un creux marqué en Juin-Juillet-Août (une trentaine de mm en trois mois). Le maximum moyen mensuel (TX) dépasse alors 31° C (en Juillet) tandis que le minimum moyen (Tn) de Janvier s'abaisse à moins de 0,5°. Le climat présente donc des régimes thermique et hydrologique contrastés.

Il n'y a pas de direction véritablement dominante du vent au printemps, le secteur E étant seulement, le moins représenté. Toutefois, durant les deux années de nos observations, les vents d'Ouest ont été les plus fréquents.

b/La placette expérimentale à la forme d'un carré protégé sur trois côtés par une haie de *Cupressus sempervirens* d'une hauteur (H) uniforme de 5 m. Les brise-vent principaux, distants de 120 m, sont orientés WNW/ESE ; ils sont constitués chacun d'un double rang d'arbres dont la porosité est de l'ordre de 50%. Le troisième côté n'est bordé que d'une seule rangée ; il n'est pas ici directement étudié. Une parcelle témoin, de caractéristiques pédologiques très proches de celles de la placette expérimentale, est située à 800 m de celle-ci.

L'orientation des haies réalise un compromis entre les directions variables des vents. Pour la période printanière, la haie du sud de la parcelle a retenu notre attention.

1.2. NATURE ET TECHNIQUES DES MESURES

1.2.1. MESURES DE BIOMASSE

Les accroissements des biomasses aérienne et racinaire sont déterminés séparément. Pour la première, le poids de matière sèche est mesuré après séchage des plants à l'étuve à 85° durant 24 H. Pour la seconde, la technique utilisée est celle de Maertens et al (1974) cités par Bonneau et Souchier (1979) : sur les parois d'une fosse est prélevé un volume de terre de 0,005 m³ (0.2 x 0.25 m de prof.) qui est ensuite trempé dans l'eau, puis tamisé ; après tri des racines, celles-ci sont séchées à 60° et pesées.

1.2.2. MESURES AGROCLIMATIQUES

Les températures de l'air sont mesurées sous abri à ventilation naturelle simplifiée (Guyot, 1974, Charfi, 1980, Zitouni 1991), et l'évaporation Piche sous abri Piche simplifié (Najjar et Ambroise, 1982 ; Zitouni, 1991).

La réserve en eau utile du sol (RU) est donnée par la formule :

$$RU \text{ (mm)} = \sum_Z \frac{\Phi_s}{10} (H_p - H_F) Z$$

Φ_s = densité apparente (masse volumique, en g. cm⁻³) ; H_p = humidité pondérable (obtenue par gravimétrie, en % du poids sec) ; H_F = point de flétrissement permanent (pF 4,2) en % du poids sec ; Z = profondeur, en cm.

L'évaporation réelle est donnée par la formule :

$$ETR \text{ (mm)} = P + \Delta R - D + R$$

Toutefois, le drainage (D) et le ruissellement (R) peuvent être tenus pour négligeables 24 h après la pluie, temps de la première mesure, et la formule se réduit à :

$$ETR = P + \Delta R$$

Soit pour P donné, puisqu'il ne pleut plus durant la période de mesure :
 $ETR = \Delta R$.

1.3 PROTOCOLE EXPERIMENTAL

Les prélèvements de matière en vue des mesures de biomasse sont réalisés en 7 points alignés sur la médiatrice du brise-vent principal bordant la placette expérimentale côté sud. Ces points sont respectivement situés à des distances comprises entre une fois et 20 fois la hauteur, H, du brise-vent, soit 1H, 3H, 6H, 10H, 15H, 20H vers le Nord/Nord/Est (donc sous les vents de S à W) et 1 H vers le sud du B.V (-1H). 40 plants sont pesés en chaque point de prélèvement. Cinq prélèvements sont effectués dans la parcelle témoin.

Quatre répétitions ont eu lieu en six jours après la pluie, aux intervalles de temps de deux fois 24, puis deux fois 48h.

Les mesures de température et d'évaporation sont échantillonnées aux distances 1 H, 6 H et 15H du B.V et en un point de la parcelle-témoin, les premières à 8 h (Tx) et 17 H (Tn) les secondes sont mesurées également deux fois par jour, aux mêmes heures. Les teneurs en eau du sol mesurées aux sept points de prélèvement de matière, aux mêmes pas de temps que pour ceux-ci.

1.4. CHRONIQUE CLIMATIQUE DE LA PERIODE D'EXPERIENCE (tab 1.)

Le temps durant la période d'expérience (du 5 au 10/4/89) est assez homogène, nuageux dans l'ensemble, mais non pluvieux, plus chaud après le 8 : sur le témoin, le plus faible Tx = 10,5 °C, le 5, le plus fort = 20,30 le 9 ; le Tn augmente de 1,5 à 8,5° du premier au dernier jour.

Le vent a soufflé modérément tous les jours, entre 2 et 6 m/s en moyenne, avec des pointes à 12 m/s le premier jour et 10 m/s le dernier (vitesse mesurée à la station proche de Sétif). La direction dominante est le SW, tournant au sud en fin de période.

Tableau n° 1 : Le temps à Sétif et Guellal du 05/04 au 10/04/1989

JOURS	VENT			T°C		EV PICHE	TYPE DE TEMPS
	V (M/S)	V : MAX	SENS	TX	TM		
5/4/89	6.8	12.0	S.W	10.5	1.5	3.8	Peu nuageux à très nuageux, vent assez fort à modéré.
6/4/89	2.0	5.0	N-NW à W-SW	12.2	2	1.5	Peu nuageux à nuageux, vent calme, temporairement faible à modéré.
7/4/89	3.4	8.0	W-SW à S-E	15.7	4	3.8	Peu nuageux à très nuageux, vent calme à modéré.
8/4/89	3.0	8.0	S-W à W	17.5	7.3	1.5	Clair à peu nuageux, vent calme à modéré.
9/4/89	2.0	7.0	E à S-W	20.3	7.9	1.8	Clair à peu nuageux, vent calme à modéré.
10/4/89	6.0	10.0	S	16.2	8.5	4.1	Clair à couvert faible, vent modéré, temporairement assez fort.

En conséquence, l'évaporation Piche au témoin est modeste sur l'ensemble de la période, 16,5 mm en six jours, entre 1,5 et 4,1 mm quotidiens. Les pointes sont notées le 5 et le 10, jours les plus venteux, mais aussi le 7, où le vent est momentanément venu du SE.

2. RESULTATS

2.1. Conditions microclimatiques créées par le brise-vent

Sur l'ensemble de la période de l'expérience, le B.V a exercé une action positive sur les températures, surtout diurnes (T_x) et surtout entre 1 H et 6 H (fig.1). Comprise généralement entre 1 et 2° près du B.V (1H) leur augmentation dépasse 3,5, pour les maxi. et 2,5° pour les mini., par temps venteux et chaud le dernier jour.

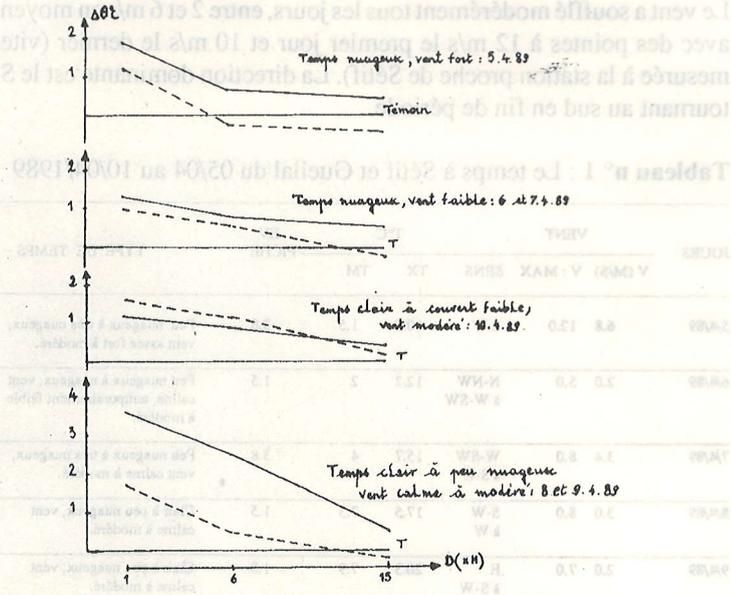


Figure 1 : Ecart avec le témoin des températures maxi est mini derrière brise-vent, par différents types de temps en avril, à Guellal.

- Ecart de la température maximale
- - - Ecart de la température minimale

L'évaporation Piche quant à elle varie en sens inverse des températures, avec la plus forte réduction près de B.V(1H) et par temps le plus venteux (premier et dernier jours ou en air sec de SE, le 7/4 (fig.2). L'évaporation totale sur l'ensemble de la période est presque divisée par deux entre le témoin (16,5 mm) et 1H (9 mm), alors qu'elle n'est pas sensiblement modifiée à 15 H (14,2 mm). Cette atténuation est évidemment corrélative d'une turbulence réduite par temps venteux, mais aussi de l'humidification de l'air par temps sec (le 7/4) du fait d'une ETR accrue (voir ci-dessous).

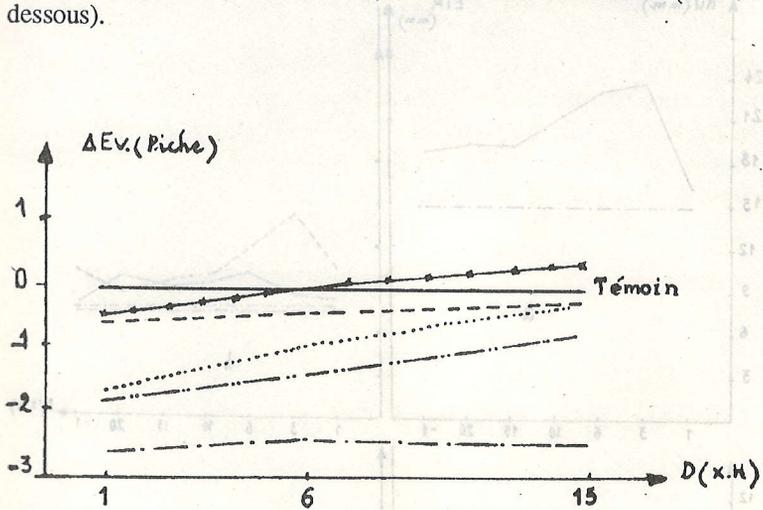


Figure 2 : Ecart avec le témoin de l'évaporation Piche derrière brise-vent, par différents types de temps en avril, à Guellal.

5/4
 6/4
 7/4
 8 et 9/4
 10/4/1989

2.2. Evolution de la réserve utile du sol et ETR du Blé (figure 3)

L'analyse de la figure 3 permet de faire ressortir les points suivants :

1/ Une brutale diminution de l'humidité du sol durant les premières 48 heures (comparer les figures 3a et b). A partir de 96 h la RU ne diminue plus que très lentement (figure 3c et d).

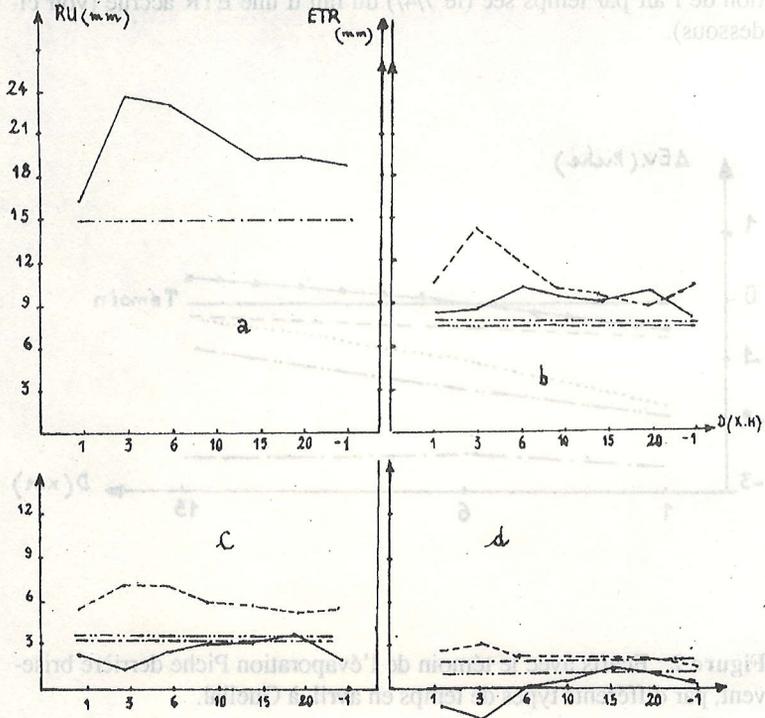


Figure 3: Variation de la réserve en eau utile du sol et de ETR et à diverses distances du brise-vent, du 5/4 au 10/4/89.

— RU (brise-vent)
 - - - ETR (brise-vent)
 a = 5/4 b = 6/4

— RU (témoin)
 - - - ETR (témoin)
 c = 8/4 d = 10/4/89

2/ Une dissiccation plus poussée en fin de période entre - 1 H et 10H, où la teneur en eau passe en-dessous du point de flétrissement (figure 3d). A 15 et 20H, la RU reste voisine de celle du témoin.

3/ La diminution rapide de la RU dénote une ETR particulièrement forte en début de période dans la zone d'influence du B.V.

Le brise-vent active donc sensiblement la consommation d'eau de la culture après la pluie, tarissant ainsi précocement la réserve accumulée par celle-ci dans le sol. Cette action est consécutive à une forte mais éphémère diminution de la résistance stomatique.

La décroissance de l'ETR durant la période est grosse-modo inverse des variations de l'évaporation Piche, qui de ce point de vue, est plutôt un indice de la consommation d'eau de la culture que de sa demande ! On observera la très grande supériorité de l'ETR sur le Piche en début de période, même au témoin (Figure 3 b, et tableau n°1) traduisant une forte humidification (malheureusement non mesurée) de l'air autour de l'abri de l'évaporomètre, du fait de cette ETR même. L'intensité de cette dernière est peut être accrue par effet d'oasis, dans l'environnement semi-aride des Hauts-Plateaux.

2.3. Evolution du poids de matière sèche (tableau n° 2 et figure n° 4).

L'examen de la figure n° 4 et des chiffres du tableau n° 2 montre une corrélation stricte entre les accroissements du poids de matière sèche et l'évolution de la consommation d'eau aux diverses distances du B.V

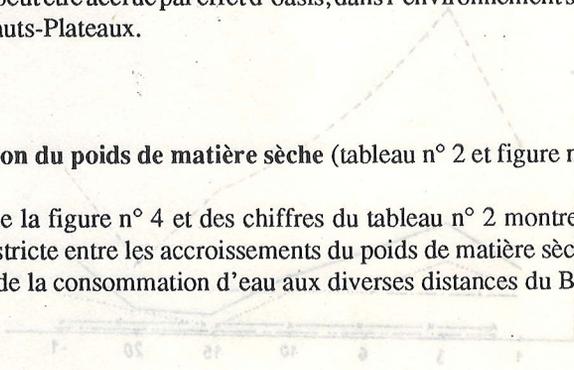


Figure n° 4 : Evolution du poids de matière sèche à diverses distances du brise-vent, du 24 au 10/4/89, à Guelat.

Tableau n° 2 : Evolution du poids de matière sèche (g/m) derrière brise-vent, du 5/4 au 10/4/1989, à Guellal.

	1H	3H	6H	10H	15H	20H	-1H	T
Période 1								
5/4 au 6/4/89	52,5	92,5	67,5	50,0	39,0	45,0	45,0	130
Période 2								
6/4 au 8/4/89	19,0	32,0	23,5	16,5	5,0	6,0	24,0	3,0
Période 3								
8/4 au 10/4/89	13,0	21,0	12,0	12,5	1,5	6,0	10,0	1,0

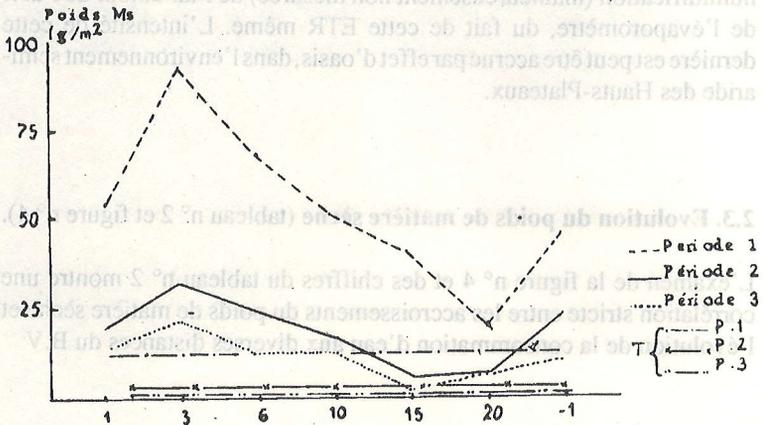


Figure n° 4 : Evolution du poids de matière sèche à diverses distances du brise-vent, du 5/4 au 10/4/89, à Guellal.

La prise de poids la plus forte s'observe à la distance 3 H, en début de période, mais la supériorité de la parcelle protégée par rapport au témoin est partout considérable, décuplant l'effet d'augmentation des températures et de l'ETR. L'effet du brise-vent s'étend "à son vent", puisque les résultats à -1H se rapprochent de ceux à 1 ou 10 H.

Les variations de densité racinaire ne sont pas étrangères à ces variations de production, car elles leurs sont parallèles (figure 5).

Densité racinaire (g/dm³)

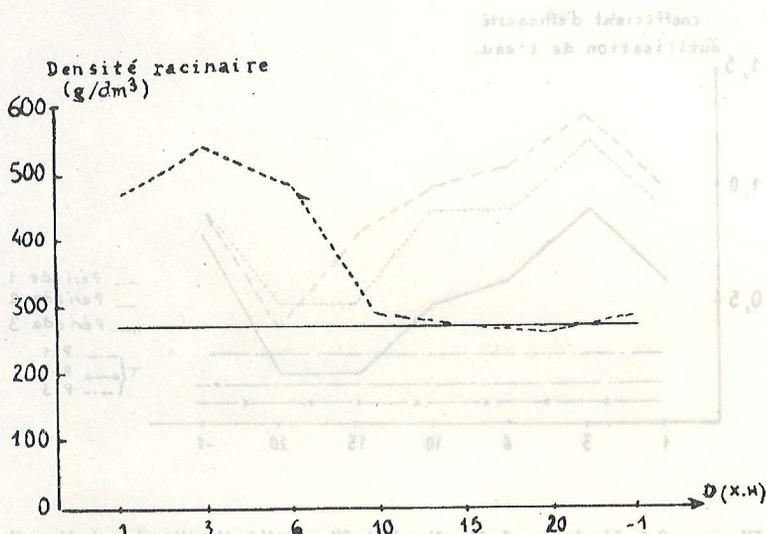


Figure n° 5 : Variation de la biomasse racinaire à diverse distances derrière le brise-vent et au témoin, à Guellal (10/4/89)

2.4. Indice d'efficacité de l'utilisation de l'eau

L'effet multiplicateur du B.V sur la croissance du blé relativement à la consommation d'eau peut être exprimé par un "indice d'efficacité de l'eau", soit le ratio production (en g/m²) consommation d'eau (en mm) selon la formulation de Viets (1962). Les variations de cet indice en fonction de la distance au B.V sont schématisées sur la figure 6.

Coefficients d'efficacité d'utilisation de l'eau

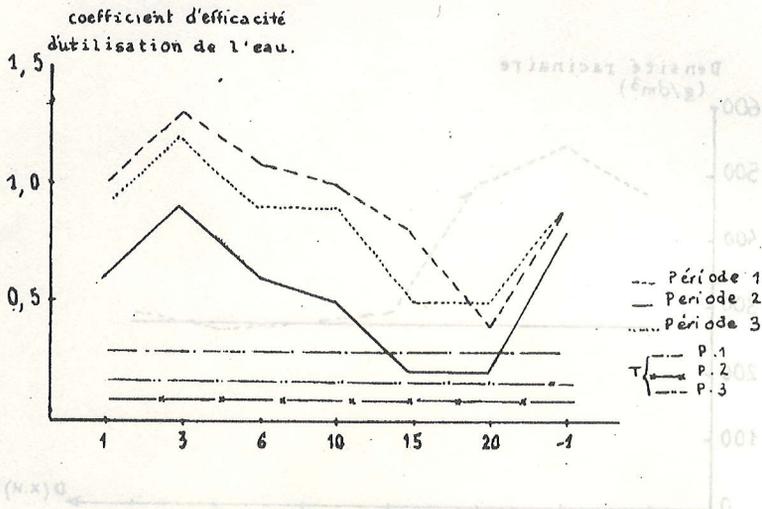


Figure n° 6 : Variation de l'indice "d'efficacité" de l'utilisation de l'eau" derrière brise-vent, du 5/4 au 10/4/89, à Guellal.

L'efficacité de l'utilisation de l'eau présente effectivement des différences remarquables selon la distance au B.V, dont l'influence est réduite au-delà de 15-20H (mais sensible à -1H). Ces différences s'accroissent en début et en fin de période, où sont les jours les plus venteux et où figure le secteur sud, presque perpendiculaire au B.V.

CONCLUSION

Cette expérience montre combien le brise-vent optimise l'utilisation par une culture de blé d'une modeste pluie de printemps, dans le contexte semi-aride des Hauts-plateaux algériens. Ce résultat est en accord avec les travaux de l'INRA (cf. Guyot.) ou de chercheurs américains comme Skidmore et al. (1978) ainsi qu'avec nos propres observations sur la consommation d'eau printanière et le rendement du Blé durant deux années, sous brise-vent (Zitouni, 1991).

Là où l'on s'attendrait à ce que le B.V protège la réserve hydrique du sol après la pluie, en réduisant l'ETP, cette réserve diminue au contraire le plus vite et le plus fortement, selon un rythme quasi-indépendant de la chronique climatique. La réduction du pouvoir évaporant de l'air (Ev. Piche) apparaît alors comme la conséquence autant que la cause d'une ETR accrue. L'absorption de l'eau est également facilitée par le plus grand développement des racines sous l'influence du B.V.

Outre l'abaissement de la résistance somatique, que traduit l'augmentation de l'ETR, l'influence aérodynamique du B.V détermine l'amélioration des conditions "d'utilisation de l'eau", puisque la production végétale croît dans des proportions bien supérieures à la consommation de celle-ci. Cette influence ne peut qu'être en relation avec l'atténuation des contraintes matricielles dans la feuilles, consécutive à la disparition momentanée du stress hydrique. Cette observation semble contredire des expériences en cours, relatives à l'influence de la déshydratation sur la photosynthèse (Cornic, 1991).

Les résultats les plus spectaculaires sont observés entre 1H et 6/10H, avec un maximum à 3H, qu'il s'agisse de l'augmentation de l'ETR (le double) de la production de matière sèche (le décuple) et donc de l'efficacité de l'eau. A partir de 15/20H, les performances du B.V plus proches de celles du témoin, quoique supérieures pour la production et pour l'indice d'efficacité de l'eau, de l'ordre du double. Enfin le B.V. améliore sensiblement la production dans le secteur de soulèvement du vent (- 1H) puisque l'on y trouve des valeurs proches de celles à 1 ou 10H.

L'analyse quelque peu détaillée de la dynamique de l'eau et du rythme de production après la pluie sous l'influence d'un brise-vent à donc permis de vérifier la nature de cette influence et de préciser son importance ; celle-ci est à la mesure de la sécheresse climatique et des très faibles rendements habituels à découvert, et plaide pour la généralisation du bocage sur l'étendue des Hauts-Plateaux algériens.

La ou l'on s'attendrait à ce que le B.V. protège la réserve hydrique du sol après la pluie, en réduisant l'ETP, cette réserve diminue au contraire le plus vite et le plus fortement, selon un rythme quasi-indépendant de la chronique climatique. La réduction du pouvoir évaporant de l'air (Ev-Piche) apparaît alors comme la conséquence autant que la cause d'une ETR accrue. L'absorption de l'eau est également facilitée par le plus grand développement des racines sous l'influence du B.V.

Outre l'abaissement de la résistance stomatique, que traduit l'augmentation de l'ETP, l'influence aérodynamique du B.V. détermine l'augmentation des conditions "d'utilisation de l'eau", puisque la production végétale croît dans des proportions bien supérieures à la consommation de celle-ci. Cette influence ne peut d'ailleurs être en relation avec l'atténuation des contraintes matérielles dans la feuille, consécutive à la disparition momentanée du stress hydrique. Cette observation semble corroborer des expériences en cours, relatives à l'influence de la déshydratation sur la photosynthèse (Comic, 1991).

Les résultats les plus spectaculaires sont observés entre 1H et 2H, avec un maximum à 3H, du fait de l'augmentation de l'ETP (le double) de la production de matière sèche (le décuple) et donc de l'efficacité de l'eau. A partir de 15.00H, les performances du B.V. plus proches de celles du témoin, quoique supérieures pour la production et pour l'indice d'efficacité de l'eau, de l'ordre du double. Enfin le B.V. agit de façon sensible sur la production dans le secteur de soulèvement du vent (-1H) puisque l'on y trouve des valeurs proches de celles à 1 ou 10H.

BIBLIOGRAPHIE

- Bonneau M & Souchier B, 1979 Pédologie, constituants et propriétés du sol. Tome 2. 2.2ème édition Masson Paris 45 p.
- Charfi M, 1980 Contribution à l'analyse de l'influence des brise-vent sur les facteurs climatiques et la production agricole en Tunisie. Thèse de Docteur Ingénieur Université d'Aix Marseille Faculté St Jérôme 166 p.
- Comic G, 1991 Effet de la température sur l'activité photosynthétique de feuilles soumises à une contrainte hydrique. Colloque de la société Française de physiologie Végétale : Gestion du Carbone et de l'eau chez les arbres, Nancy 31 Mai, 1 Juin 1991.
- Doorenbos, J. Pruiitt, Wo 1976 Besoin en eau des cultures. Bulletin d'irrigation et de drainage n° 24. FAO Rome 213 p.
- Guyot, G, 1983. Manuel sur l'utilisation des brise-vent dans les zones arides. Doc provisoire. INRA Avignon 386 p.
- Jouve P, 1983 Déficit hydrique et rendement potentiel des céréales d'hivers en milieux arides (Maroc) Division recherche développement IRAT. GERDA. Montpellier 18 p.
- Najjar G et Ambroise B, 1982 Abri simplifié pour évaporamètre Piche, Recherche géographique à Strasbourg n° 20 Paris 318 p.
- Viets FG, 1962 Fertilizers and the efficient use of water. Advan. agron. N°4. pp228-261.
- Zitouni A, 1991 Contribution à l'étude l'intluence des brise-vent sur les facteurs climatiques et la production céréalière en Algérie. Thèse de Doctorat de l'université de Paris 7. 187 p.