

CONTRIBUTION À L'ÉTUDE DES BESOINS EN EAU DU TOURNESOL

ELISABETH NICOLAS, J. G. PIERRE, M. ROLLIER
(France)

C'est à la station d'Agronomie de l' INRA de Clermont-Ferrand que Robelin (6) entreprend en 1965 une étude de l'action et de l'arrière action de la sécheresse sur la croissance et la production du tournesol. Il étudie ainsi le rapport du ralentissement de transpiration au ralentissement de la photosynthèse de la plante ; le rapport de l'indice de transpiration à l'indice de croissance ; l'influence de la variation de l'indice foliaire sur le rendement, et il détermine le laps de temps avant, et après floraison, pendant lequel le tournesol reste particulièrement sensible à la sécheresse.

Ces rapports de consommation en eau et de production de matière sèche sont étudiés sur évapotranspiromètre à l' INRA de Toulouse par Puech, Maertens, Marty (4) ; les conditions d'implantation de la culture sont observés à nouveau, par Marty et col. (2), tandis que l'évapotranspiration du tournesol, est à nouveau étudiée par Puech et Hernandez (5).

Ces résultats permettent outre leur apport propre de vérifier les premières mesures d'évapotranspiration réalisées dans la vallée du Rhône par Rollier et collaborateurs du CETIOM (7) en 1967 et 1968.

À la suite de ces travaux, il a paru intéressant de reprendre quelques observations en conditions semi artificielles, afin de suivre à nouveau les valeurs prises par le rapport transpiration de la plante, évapotranspiration potentielle, de mesurer l'incidence d'un régime hydrique équivalent à la moitié de la transpiration réelle maximale de la plante et de suivre la courbe d'efficacité de l'eau. L'ensemble des observations peut ainsi être rapporté à la variation des caractères végétatifs au cours du temps, et aux composantes du rendement au stade de la récolte.

Les travaux réalisés au Laboratoire de Biologie du CETIOM portent sur deux années : la première est consacrée à la mise au point de la méthode expérimentale (1), la seconde à l'essai proprement dit (3).

I. DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Le principe de la méthode consiste à appliquer un régime hydrique réduit, à des plantes cultivées en pots.

a) *Dispositif expérimental.* Les pots de culture comportent un compartiment inférieur d'où l'eau monte par capillarité dans le sol que contient le compartiment supérieur. Le sol de ce compartiment est normalement pourvu en éléments fertilisants en 1972 et reçoit en 1973 une alimentation supérieure à la normale en raison du faible volume de sol mis à la disposition de la plante.

Chaque pot contient une plante de la variété Issanka en 1972, Airelle (10 X V 135) en 1973. Les plantes appartenant à une même série de traitements sont placées dans une même colonne afin de permettre une manipulation facile. La densité des plantes est d'environ 45.000 plantes à l'ha.

L'ensemble de l'essai est entouré, le rang de bordure ne comportant pas de réserve hydrique.

b) *Les traitements hydriques.* Ils sont appliqués aux plantes à partir du début de la floraison (50% des capitules présentant des fleurs ligulées visibles). Jusqu'à cette période, les plantes reçoivent de l'eau suivant leur demande qui équivaut à l'évapotranspiration réelle maximale (ETRM). Par la suite dès le début des traitements, un cache de plastique couvre le pot de telle sorte que le sol n'évapore pas, et que les pluies ne pénètrent pas dans le pot. Les plantes témoins (T_0) consomment alors une quantité d'eau qui équivaut à la transpiration réelle maximale $T_0 = (TRM)$ (figure 1).

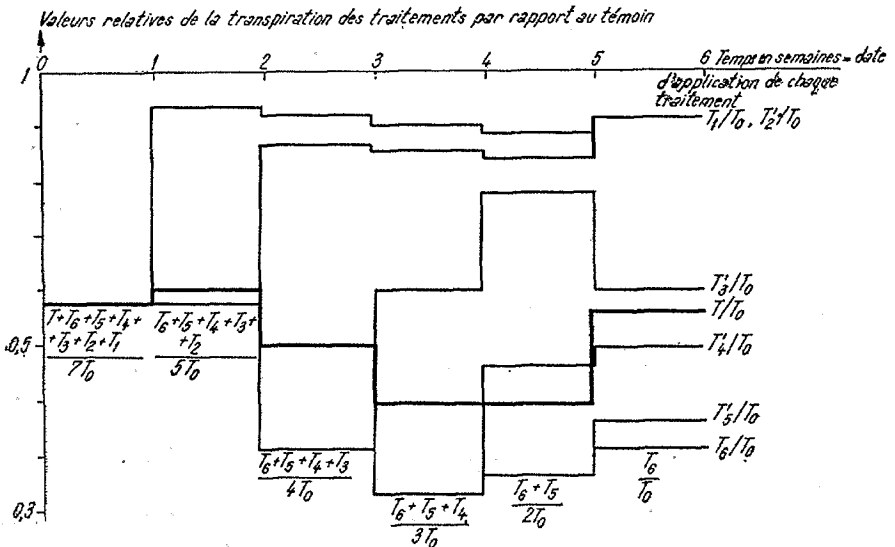


Fig. 1 — Consommation en eau de l'essai pour chaque traitement (1973).

— 7 autres traitements vont représenter des conditions de sécheresse variable :

— Un traitement t maintient une sécheresse constante de telle sorte que la transpiration T soit égale à celle du témoin divisée par 2. $T = \frac{TRM}{2}$

— 6 traitements $t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6$ font subir des sécheresses progressives de 1, 2, 3...6 semaines. Les transpirations sont déterminées pour que le traitement sécheresse d'une semaine (s), soit égale à la moitié de la transpiration réelle maximum du traitement sécheresse de la semaine précédente. Ceci pour suivre l'évolution de la réaction de réadaptation de la plante au cours du temps. Les traitements reçoivent donc les quantités d'eau suivantes :

Traitement t_1 : transpiration $T_1 = 0,5 T_0$ la 1ère semaine
puis $T' = a_1 T_0$ de la 2-e à la 6-e semaine

Le coefficient a , représente la variation de transpiration maximale de la plante à la suite de l'application du traitement de sécheresse $0,5 T_0$.

Traitement t_2 : transpiration $T_2 = 0,5 T_0$ la 1ère semaine
 $T_2 = 0,5 T'_1 = 0,5 a_1 T_0$ la 2-e semaine
 $T'_2 = a_2 T_0$ de la 3-e à la 6-e semaine

Traitement t_3 : transpiration $T_3 = 0,5 T_0$ la 1ère semaine
 $T_3 = 0,5 T'_1$ la 2-e semaine
 $T_3 = 0,5 T'_2$ la 3-e semaine
 $T'_3 = a_3 T_0$ de la 4-e à la 6-e semaine

Les traitements t_4, t_5, t_6 suivent progressivement ce schéma. Un traitement t_7 est ajouté à l'essai 1972.

c) *Mesures climatiques.* Elles sont lues sur un poste météorologique placé à la proximité immédiate des essais.

d) *Observations sur l'essai.* Après une semaine d'application des traitements, une fraction de l'essai est prélevée : 6 plantes des témoins t_0 et 6 plantes du traitement t de la semaine considérée. Ces prélèvements sont réalisés toutes les semaines ; au moment de la récolte, il reste 6 plantes pour chaque traitement. On peut ainsi observer d'une part l'évolution des plantes au cours du temps et d'autre part les conséquences de chacun des traitements au stade de récolte.

II. RESULTATS

A — CONSOMMATION EN EAU

La figure 2 indique, exprimées en mm, les variations de l'ETP (Bouchet) et de la TRM au cours du temps pour les années 1972 et 1973.

On constate que les climats des deux années sont très différents l'un de l'autre : 1972 a été une année caractérisée par une insolation très inférieure à la normale, 1973 une année à demande climatique relativement forte. On constate que la TRM 72 est à peu près équivalente à l'ETP de la même année, ce qui est très rarement observé dans le cas du tournesol ; par contre la TRM 73 dépasse largement la valeur de

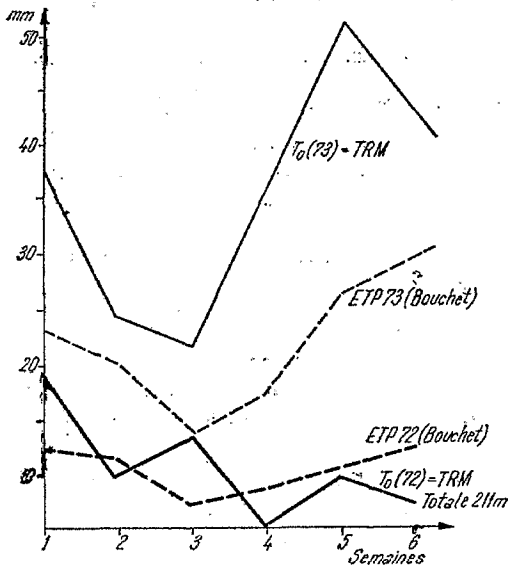


Fig. 2 — Variations relatives de l'ETP et de la transpiration réelle maximale au cours du temps pour 1972 et 1973.

l'ETP, le rapport $\frac{TRM}{ETP}$ variant de 1,13 à 2,12 alors qu'en 1972, ce même rapport varie de 0,62 à 1,71. Le faible développement des plantes au cours de l'année 1972 est du pour une part au caractère variétal, et pour une autre part au fait qu'il s'agissait de la mise au point de la technique expérimentale.

B — CONSÉQUENCES SUR LES CARACTÈRES VÉGÉTATIFS

— Indice foliaire :

Le tableau 1 indique les variations des indices foliaires pour le témoin et le traitement hydrique le plus sévère t_6 , pour les années 1972-

Tableau 1

Variations comparées au cours du temps, des indices foliaires (IF) et des transpirations réelles pour 1972 et 1973

No. de la semaine	Indice foliaire 1972			Transpiration 1972			Indice foliaire 1973			Transpiration 1973		
	IF t_0	IF t_6	$\frac{IF t_6}{IF t_0}$	To	T_6	$\frac{T_6}{To}$	IF t_0	IF t_6	$\frac{IF t_6}{IF t_0}$	To	T_6	$\frac{T_6}{To}$
1	1,10	1,10	1	19	10,2	0,54	2,9	2,9	1	36,4	21,11	0,58
2	1,10	0,91	0,82	10,5	5,1	0,48	3	2,3	0,77	24,8	24,3	0,58
3	1,08	0,81	0,75	14	7,6	0,54	3	1,9	0,63	23	7,47	0,32
4	1,07	0,68	0,63	6,2	3	0,48	3	1,6	0,53	35,7	8,08	0,22
5	0,80	0,49	0,61	10,4	5,1	0,49	2,6	1,4	0,54	51,6	13,6	0,26
6	0,79	0,43	0,54	8,2	2,56	0,31	2,2	0,5	0,23	40,4	12,7	0,28
7	0,65	0,10	0,15	—	—	—	—	—	—	—	—	—

et 1973. Les valeurs des rapports de la transpiration du traitement le plus sévère (T_6) et du témoin (T_0) au cours du temps sont également portées.

Pour l'année 1972, les valeurs de l'indice foliaire sont faibles ; en général les valeurs triplent au cours de l'année 1973, qu'il s'agisse du témoin ou du traitement. La surface des feuilles des témoins diminue au cours du temps ce qui est normal puisque les dernières semaines correspondent à la phase de maturation. La surface foliaire des plantes traitées diminue rapidement pour atteindre au moment de la maturation des valeurs très faibles.

La courbe de variation du rapport $\frac{\text{indice foliaire des plantes traitées}}{\text{indice foliaire des plantes témoin}}$ demeure à peu près équivalente d'une année sur l'autre ; c'est ce qu'indique la figure 3. Tout se passerait comme si à un traitement hydrique donné, correspondait une diminution à peu près constant de la surface foliaire.

La courbe de variation du rapport des transpirations au cours du temps, pour les 2 années, indique une tendance légèrement différente. Le rapport $\frac{T_6}{T_0}$ se stabilise assez rapidement en 1972, à des valeurs oscillant autour de 0,5. Par contre, en 1973, la diminution de ce rapport est plus importante, et le palier n'est observable qu'à partir de la 3^e semaine de traitement. Il ne paraît donc pas qu'il y ait un parallélisme complet entre la diminution de la surface foliaire et la diminution de la transpiration ; la transpiration de la plante diminue plus rapidement que

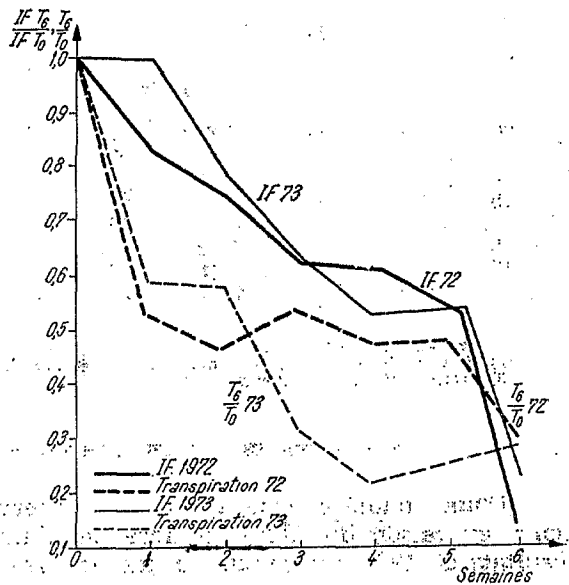


Fig. 3. — Modifications au cours du temps des indices foliaires et des transpirations par rapport au témoin pour 1972 et 1973.

la surface foliaire, mais alors que celle-ci continue de décroître, la courbe de transpiration tend à devenir constante. Il y a donc lorsque ce palier est atteint augmentation de la transpiration par unité de surface de feuille.

— Diamètre du capitule :

Le tableau 2 rend compte des variations observées au cours de l'année 1973. Les résultats montrent que le diamètre du capitule diminue après la troisième semaine de traitement, de façon hautement significative. Mais cette variation ne s'accroît pas davantage lorsque la sécheresse se poursuit.

Tableau 2

Composantes du rendement et efficience de l'eau pour les années 1972 et 1973

	Ø Capit.	Poids des capitules	Caractéristiques par capitules			Rend. q/ha	Rend. huile q/ha	Consom. en eau	Efficience de l'eau kg/mm (1)	
			Nbre de grains	Poids de grains	Poids de 1 000 grains				Rend. grains	Rend. huile

Année 1972 Variétés Issanka

T ₀	—	—	728	30.86	42.3	13.8	7.12	68.3	20.2	10.2
T ₁	—	—	565	25.71	45.7	11.56	5.8	53.2	21.7	10.9
T ₂	—	—	567	27.04	47.6	12.16	6.6	50.4	24.1	19
T ₃	—	—	665	25.91	39	11.6	6.2	56.3	20.6	11
T ₄	—	—	701	27.75	38.2	12.4	6.7	37,8	32.8	17.6
T ₅	—	—	589	26.05	43	11.7	6.1	38,5	30,4	15.8
T ₆	—	—	578	24.60	42.5	11.1	6	33,8	32 8	17.8
T	—	—	588	23.85	40.2	10.7	5.2	—	—	—

Année 1973 Variétés Airelle

T ₀	20,1	99 3 ²	1163	59 86	51	26	11 44	212	12 26	5 40
T ₁	18.6	99.3	1121	62	55	27	12.31	181	14.92	6.8
T ₂	18.4	100	1222	56.24	46	25	11.30	166	15.06	6.75
T ₃	15.6	81.4	969	50.56	52	22.5	10.08	130	17.31	8.22
T ₄	16.4	79.8	986	47.80	46	21.5	9.80	95	22.63	10.32
T ₅	15.8	76.7	1157	47.03	40	21.16	9.39	79	26.78	11.89
T ₆	15.7	75.7	1064	50.15	47	22.6	10.13	77	29.35	13.16
T	16.8	90.6	1176	51.54	43	23.2	9.86	107	22.06	9.21

(1) Pendant les traitements

(2) Groupes de traitement présentant des différences hautement significatives

(3) Traitement significativement différent (0,05) du témoin.

CONSEQUENCES SUR LES COMPOSANTES DU RENDEMENT

D'une manière générale, il faut interpréter les chiffres avec prudence en raison du faible nombre de plantes par traitement. Seuls les résultats de 1973 ont conduit à une analyse statistique (tableau 2).

— Poids des capitules secs :

Les observations de 1973 indiquent une différence hautement significative entre deux groupes de traitements : le témoin et les plantes issues des 2 premières semaines de régime hydrique „sec“ d'une part et les plantes issues des semaines 5 et 6 de ce régime de sécheresse d'autre part. De la comparaison des caractères poids des capitules secs et diamètre du capitule, on conclut que la plante commence par réagir au régime de sécheresse par une diminution du diamètre du capitule et ce n'est que si ce régime persiste avec la même intensité, que la plante réduira la quantité de substances de réserve contenues dans le capitule.

Dans l'essai de 1972, aucune de ces composantes n'est atteinte de manière significative. Par contre au cours de l'année 1973, le rendement qui tend à diminuer au fur et à mesure de l'application du traitement hydrique, franchi le seuil de signification au risque de 5% à partir de la 5-e semaine.

L'application d'un régime hydrique équivalent à la moitié de la transpiration réelle maximale n'entraîne par forcément une diminution du rendement. Mais les conditions climatiques et de nutrition sont très différentes d'une année sur l'autre, et le rendement chute lorsque les conditions climatiques et de nutrition sont les meilleures. Les rendements d'une année sur l'autre varient du simple au double (tableau 2 et figure 4).

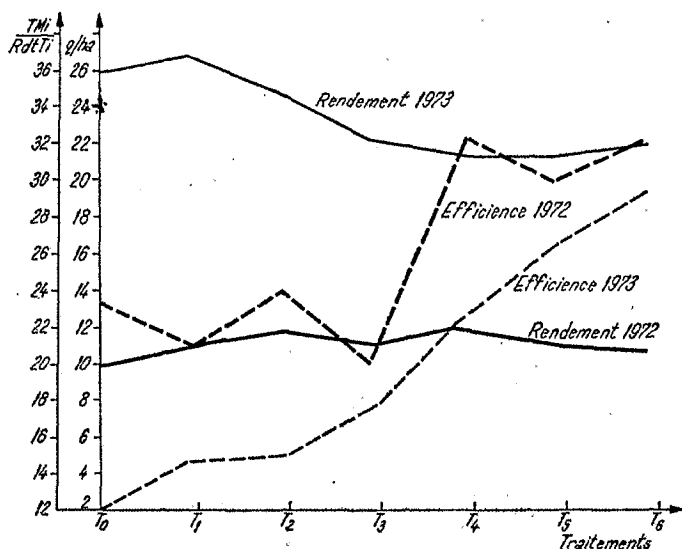


Fig. 4 — Variations comparées de l'efficience de l'eau et du rendement en grains pour les années 1972 et 1973.

Ce même graphique met en évidence que la diminution de rendement n'est pas un phénomène brutal mais progressif.

— Efficience de l'eau :

Les courbes d'efficience de l'eau calculées uniquement à partir de la consommation en eau des différents traitements au cours de l'application des régimes hydriques, c'est-à-dire depuis le stade début floraison jusqu'au stade fin de maturation, sont portées à la figure 4.

En 1972, alors que le rendement est faible, l'eau atteint une efficience élevée : l'efficience du témoin est multipliée par 1,6 dans le cas du traitement t_6 tandis que le rendement est multiplié par 0,8. Il faut attendre la 3-e semaine de traitement pour que l'efficience augmente brusquement.

En 1973, la quantité d'eau consommée est beaucoup plus importante, 3 fois plus pour le témoin qu'en 1972. L'efficience de l'eau vis-à-vis du rendement en grains est à peu près la moitié de celle de l'année précédente. La valeur de cette efficience croît régulièrement en 1973 pour atteindre une valeur maximale proche de celle de 1972. Le „rendement“ de l'eau est ici multiplié par 2,6 pour le traitement t_6 par rapport au témoin, alors que le rendement est multiplié par 0,87.

Vis à vis du rendement en huile, la courbe d'efficience de l'eau suit une courbe analogue à celle de l'efficience de l'eau pour le rendement en grains.

Donc l'efficience de l'eau augmente dès que la consommation en eau décroît par rapport à la transpiration maximale réelle. Mais cette augmentation de l'efficience de l'eau n'empêche pas un abaissement progressif du rendement lorsque la sécheresse dépasse 4 semaines dans les conditions de notre dernier essai.

CONCLUSIONS

Deux essais entrepris au cours des années 1972 et 1973, ont permis une étude des conséquences de l'application de régimes de sécheresse vis à vis des composantes du rendement du tournesol.

Quel que soit le contexte climatique ou de fertilisation dans lequel la plante est placée, celle-ci réagit rapidement. La transpiration diminue jusqu'à une valeur autour de laquelle elle reste jusqu'au stade fin de maturation des capitules. La surface foliaire varie moins rapidement, mais de manière régulière en fonction de la durée du traitement. Le diamètre du capitule n'est modifié qu'au bout de 3 semaines de traitement puis conserve une dimension à peu près constante.

Ce n'est qu'au bout de cinq semaines que la quantité totale de réserves présente dans le capitule au cours de l'année 1973, diminue de façon significative. Dès cet instant le rendement diminue lui aussi de manière significative.

C'est donc au moment où les premières composantes du rendement sont modifiées en raison de l'application d'un traitement hydrique $\frac{TRM}{2}$

qu'il faudrait appliquer une irrigation. Mais ceci n'a rien de rigoureux puisque dans la pratique les conditions climatiques, les conditions de nutrition des plantes, les réserves en eau du sol vont varier selon chaque situation.

Ces résultats expriment néanmoins qu'il ne faut pas compter sur la seule augmentation de l'efficacité en eau pour éviter à coup sûr la perte de rendement, puisque l'augmentation de l'efficacité en eau est corrélative de la diminution du rendement.

Ce qui va donc influencer réellement dans la pratique, c'est la quantité de réserves en eau du sol d'une part, et le coût de l'irrigation d'autre part. C'est donc à partir d'une estimation aussi précise que possible de ces deux paramètres, qu'une politique d'irrigation pourra être définie par l'agriculteur.

BIBLIOGRAPHIE

1. Julien, J. M., 1972, *Etude d'un protocole expérimental destiné à la recherche des besoins en eau du tournesol. Mémoire de fin d'études*, INA, Centre de Grignon, Laboratoire de Biologie du CETIOM.
2. Lencrèrot, P., Decau, J., Cochard, B., Marty, J. R., Pujol, B., 1973, *Contribution à l'étude de l'effet des conditions d'implantation et de développement du tournesol sur sa production quantitative et la composition oléoprotéique de sa graine*. Ann. Agron., 24, 3.
3. Nicolas Elisabeth, 1973, *Mémoire de fin d'études, fertilisation du tournesol, étude des besoins en eau du tournesol*, Institut National Agronomique, Paris, Grignon, Laboratoire de Biologie du CETIOM.
4. Puech, J., Maertens, Fioramonti, Marty, Courau, 1968, *Comparaison des consommations en eau et des productions en matières sèches de quelques plantes irriguées*, Ann. Agron., 19, 3.
5. Puech, J., Hernandez, M., 1973, *Evapotranspiration comparée de différentes cultures et étude de quelques facteurs influençant les rythmes de consommation*, Ann. Agron., 24, 4.
6. Robelin, N., 1967, *Action et arrière action de la sécheresse sur la croissance et la production du tournesol*, Ann. Agron., 18, 6.
7. Rollier, M., 1968—1970, *Actions protéines*, Rapport d'activité, CETIOM, Section Agronomie.
8. Rollier, M., Arsac, J., *Etude des besoins en eau du tournesol* CETIOM, Note interne 47.