T1978AGRO27

INFLUENCE DE DIVERSES MODALITES D'ALIMENTATION HYDRIQUE SUR LE COMPORTEMENT FOLIATRE ET LA PRODUCTION DU TOURNESOL cv. RELAX

By

R. Blanchet et N. Gelfi*
INRA - Station d'Agronomie
BP. 12 - 31320 Castanet-Tolosan - France

Resume

Les relations entre l'alimentation hydrique et le fonctionnement foliare, ainsi que les repercussions sur la production de graines, ont ete etudiees en vases de vegetation sur le cultivar hybride Relax. La fourniture d'eau satisfaisait soit la transpiration maximum (T M), soit seulement 75% ou 50% de celle-ci; ce stress etait applique d'une part des le debut de la vegetation, d'autre part tres progressivement au cours de l'ensemble du cycle. Des ablations partielles de feuilles etaient egalement realisees.

Les controles d'ouverture des stomates, de transpiration et d'activite photosynthetique montrent qu'en regime TM les pertes d'eau sont tres fortes au cours des journees chaudes, en raison de la faible resistance foliaire du tournesol. La contrainte hydrique reduit la transpiration plus que la photosynthese; l'efficience de l'eau consommee augmente, mais la surface folaire et l'assimilation nette sont diminuees.

La production de graines depend a la fois des modalites d'intervention de la contrainte hydrique, et du developpement vegetatif. Les consequences de ces divers faits a l'egard de l'adaptation du tournesol aux conditions seches sont discutees.

Introduction

Quoique le tournesol puisse s'accommoder de conditions assez seches, sa consommation d'eau est elevee lorsqu'il dispose de ressources hydriques abondantes satisfaisant son evapotranspiration reelle maximale ou E.T.R.M. (Marty et al, 1972; Puech et Hernandez, 1973; Downes, 1974). Sa periode critique de plus grande sensibilite a la secheresse va de la formation du capitule a la fecondation (Robelin, 1967; Pirjol et al, 1972; Muriel et Downes, 1974; Sipos et Paltineanu, 1975), quoique l'alimentation hydrique apres la floraison influence egalement la production (Alessi et al, 1977).

L'une des repercussions les plus directes de l'insuffisance d'alimentation hydrique sur la structure de la plante est la reduction de la surface foliaire (Eckardt et al, 1971; Pirjol, 1974); si celle-ci presente souvent une correlation positive avec la production de graines (Muriel et Downes, 1974), les modalites de cette influence sont toutefois assez floues, l'activite des feuilles superieures pouvant compenser le manque de feuilles inferieures (Rodriguez Pereira, 1974).

* Avec la collaboration technique de J. Laurent.

Sur le plan physiologique, la contrainte hydrique s'accompagne d'une reduction de l'ouverture des stomates, de la transpiration et de la photosynthese; cette reduction peut persister apres la disparition de la contrainte (Boyer, 1971). La production de matiere seche totale et de graines est cependant moins directement proportionnelle a la consommation d'eau que chez d'autres expeces comme le mais ou le sorgho (Blanchet et al, 1974), et l'on peut se demander si la satisfaction d l'E.T.R.M. n'occasionne pas un certain gaspillage d'eau. Malgre un indice foliaire modere, l'abondante consommation hydrique conduit a une efficience de l'eau consommee (photosynthese nette/transpiration) assez faible; le rapport graines/matiere seche totale est egalement peu eleve (Marty et al, 1975).

Le tournesol n'est donc pas une culture adaptee a la secheresse, et plusieurs caracteres seraient a ameliorer chez cette plante: structures foliaires, avancement ou etalement de la floraison, mobilisation des assimilats au profit des graines, etc...(Cauderon, 1976). Nous avons tente d'explorer un peu ces voies de progres en realisant une experience en vases de vegetation permettant d'obtenir, avec diverses modalites de contraintes hydriques, des developpements vegetatifs differents. L'influence de l'alimentation en eau sur le fonctionnement foliaire a d'abord ete examinee; puis, au cours de la phase reproductrice, les relations entre l'ampleur de l'appareil vegetatif et la production de graines ont ete etudiees en conditions de disponibilites hydriques decroissantes.

Methodes Experimentales

1. Plan d'experience

Celle-ci a ete realisee avec l'hybride francais Relax en vases de vegetation portant deux plants chacun, en ambiance naturelle (abri grillabe), et de maniere a constituer un peuplement de huit plants par metre carre. Les traitements hydriques, indiques par la figure 1 et le tableau 1, etaient les suivants:

- Alimentation hydrique non limitante satisfaisant la transpiration maximale TM: traitement no. 1.

- Alimentations limitees sur l'ensemble du cycle vegetatif a 75% TM ou 50% TM environ, et appliquees selon deux modalites differentes (figure 1):

  . reduction brusque au stade 5-6 feuilles, avec maintien du meme regime 75% ou 50% TM jusqu'a la maturite. Les traitements no. 3 et no. 5 reduisent fortement le developpement vegetatif (tableaux 1 et 3) mais ne conduisent pas en fin de cycle a une forte sous-alimentation hydrique, la "demande" des plantes etant plus faible,

  . reduction progressive (figure 1), de maniere a provoquer une sous-alimentation hydrique continue, notamment au cours de la phase reproductrice sans diminution trop marquee de la croissance vegetative (no. 4 et no. 6).

Afin d'obtenir en conditions TM un developpement vegetatif plus limite nous avons applique a partir de la sixieme feuille deux

traitements de reduction de l'appareil foliaire, en sectionnant perpendiculairement a la nervure principale l'extremite des jeunes feuilles, des leur deploiement:

- soit a 1/3 de leur longueur (no. 2 a)

- soit aux 2/3 de leur longueur (no. 2b)

Ces ablations ont provoque un developpement plus abondant des parties de feuilles restantes, sans traumatismes particuliers pour les plantes.

Dans tous les cas, l'evaporation directe du sol etait empechee par un revetement en matiere plastique; tous les apports d'eau ont ete notes. La nutrition minerale etait largement assuree par des apports convenables d' elements nutritifs.

Dans chaque traitement, un pot a ete recolte a la floraison, trois autres ont ete conduits jusqu'a la maturite, et des plantes supplementaires ont servi a divers controles physiologiques.

2. Controles effectues

Au cours de journees presentant divers caracteres climatiques (temperature, eclairement, degre hygrometrique de l'air), les controles suivants ont ete appliques:

- Mesures de transpiration par pesee des pots a intervalles reguliers.

- Appreciation de l'activite photosynthetique par la technique de Shimshi (1969), qui consiste a faire passer pendant 20 secondes sur une partie eclairee de la feuille, une quantite connue d'air normal contenant une tres petite dose egalement connue de gaz carbonique radioactif (1,6 Ci). L'echantillo traite est aussitot preleve a l'emporte-piece et, apres refrigeration et dessiccation rapides, le carbone radioactif fixe est dose au compteur Geiger; 2000 coups/minute correspondent a une assimilation de l'ordre de 12 a 15 mg CO2/heure/dm2 de feuille.

- Le degre d'ouverture des stomates a ete estime par un porometre analogue a celui de Shimshi (1967), avec lequel on mesure le temps necessaire pour que la pression appliquee sur la face superieure de la feuille diminue de moitie (de 160 a 80 g/cm2). Cette duree est exprimee en secondes; elle varie de 1 seconde (stomates bien ouverts) a plusieurs dizaines de secondes (stomates fermes); elle indique la resistance foliaire, fonction inverse de l'ouverture stomatique.

- Mesure de la tension de l'eau dans les feuilles a l'aide de la chambre de pression (Beggs et Turner, 1976).

- Controle de la temperature des organes par un radiothermometre a rayonnement infrarouge (Baradas et al, 1976).

FIGURE 1. Traitements realises: variation dans le temps des fournitures d'eau, exprimees en % de la transpiration maximum TM

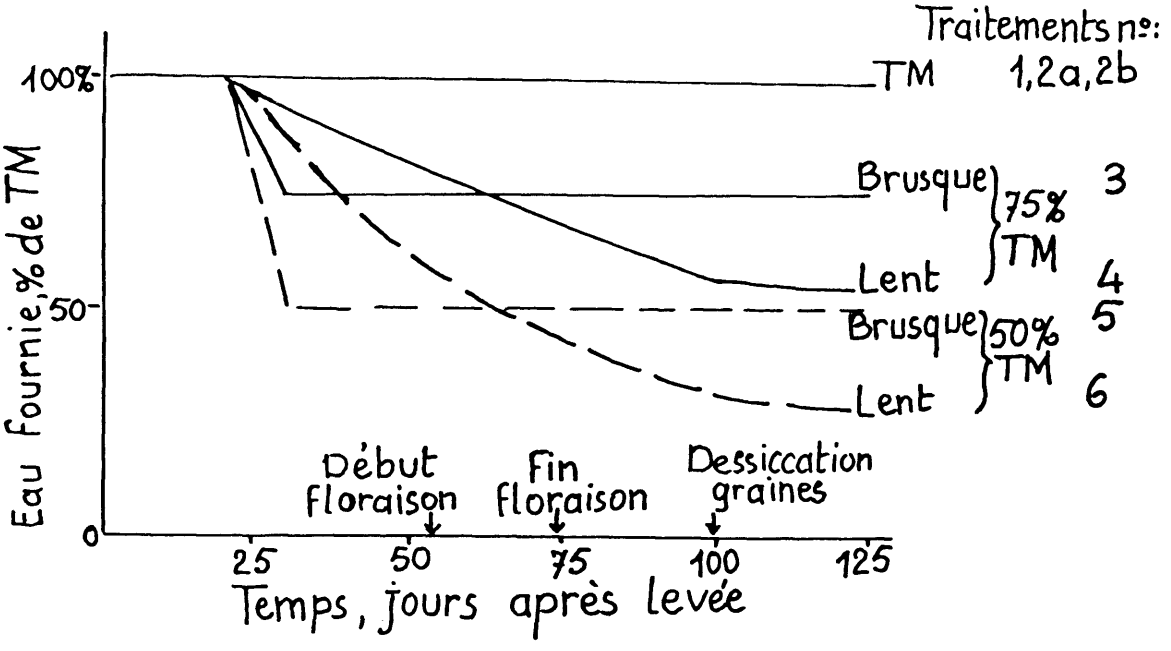


FIGURE 2. Surfaces foliaires et productions de matiere seche en fonction des quantites d'eau consommees, a la pleine floraison.

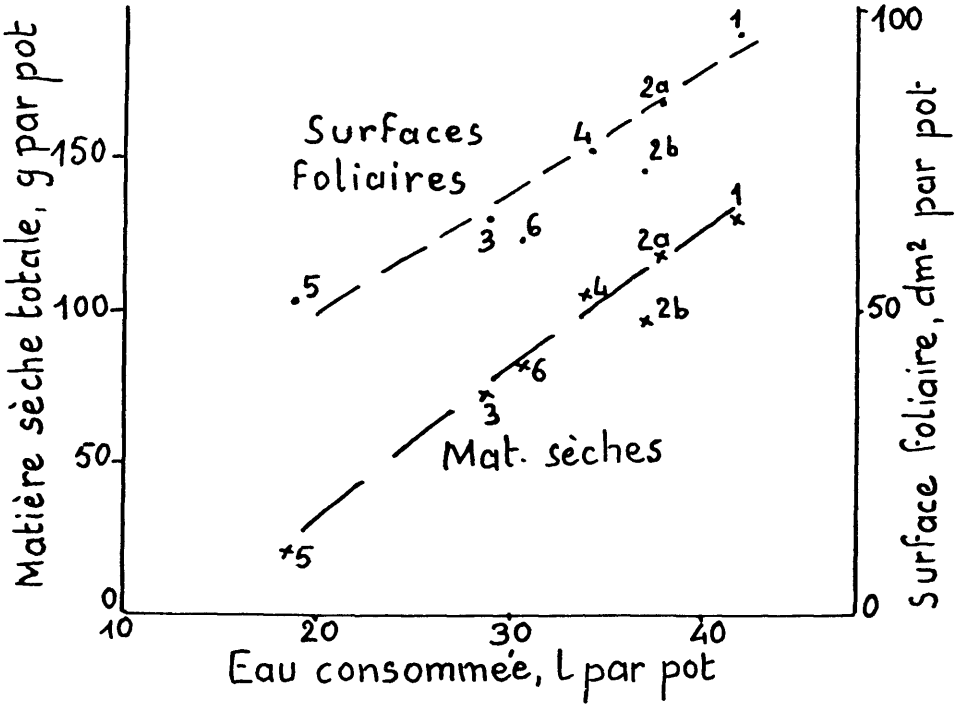


TABLEAU 1. Traitements appliques et principaux caracteres des plantes a la pleine floraison (floraison realisee sur la moitie environ de la surface du capitule; resultats exprimes par plante)

No.	Traitements	Eau Consommee l	Surface foliaire dm2	Matiere seche totale g	Efficience eau g M.S. / l d'eau
1	TM: Normal	20.8	48.8	70.0	3.37
2a	- 1/3 feuilles	18.7	42.7	63.5	3.38
2b	- 2/3 feuilles	18.3	34.9	61.5	3.36
	Contrainte hydrique brusque:				
3	75% TM	14.4	32.9	56.5	3.91
5	50% TM	9.7	26.0	42.0	4.32
	Contrainte hydrique lente:				
4	75% TM	16.9	38.6	64.5	3.82
6	50% TM	15.2	31.6	58.0	3.82

TABLEAU 2. Fonctionnement du feuillage dans deux regimes hydriques, au courant d'une journee fraiche et peu lumineuse (26/07/77; temperature 17-20°C, luminosite 15.000 lux environ).

Traitement hydrique	1 (TM)	5 (50% TM)
Caracteres des plantes:		
Surface foliaire, dm2	49	26
Matiere seche totale, g	70	42
Moyennes des mesures realisees de 9 H. a 15 H. (temps universel)		
Tension de l'eau dans les feuilles, bars	- 9.1	-15.2
Photosynthese, coups/mn	1480	990
Resistance foliaire, secondes	2.7	10.3
Transpiration horaire per plante, g	100	31
Transpiration horaire, g/dm2 de feuille	2	1.2
Rapport relatif $\frac{\text{photosynthese}}{\text{transpiration}}$ par unite de surface foliaire	7.4	8.2

Resultats

1. Alimentation hydrique et croissance des organes vegetatifs

La figure 2 resome les principaux resultats obtenus: la surface foliaire et la porudction de matiere seche des organes aeriens sont etroitement liees entre elles, et fonction des quantites d'eau fournies. Les ablations foliaires entrainent une reduction assez modeste de la matiere seche et de la consommation d'eau grace aux rattrapages signales ei-dessus. Le tableau 1 indique en outre que l'efficience de l'eau consommee (rapport matiere seche produite/eau transpiree) augmente en milieux secs: la contrainte hydrique reduit donc un peu moins la photosynthese nette que la transpiration, et nous allons tenter d'analyser en peu plus en detail ce comportement.

2. Fonctionnement de feuillage: alimentation hydrique et echanges gazeux

Nous examinerons ceux-ci d'une part en conditions fraiches, peu evaporantes, d'autre part sous une plus forte "demande" climatique.

- Par temps frais (tableau 2), les plantes conduites en regime 50% TM transpirent beaucoups moins que leurs homologues TM, mais leur appareil vegetatif est moins developpe. Une nette difference de transpiration subsiste neanmoins si l'on rapporte celle-ci a l'unite de surface de feuille; la permeabilite foliaire et la photosynthese sont reduites en milieu sec. Les rapports relatives photosynthese/transpiration evalues par unite de surface foliaire different peu, et le leger avantage que apparait dans le traitement sec explique mal l'accroissement beaucoup plus net de l'efficience de l'eau consommee observee au tableau 1 sur une periode longue.

- Par contre, par temps chaud et avec des plantes de memes surfaces foliaires condiutes pendant les observations soit en TM, soit en 50% TM environ, les rapports photosynthese/transpiration sont beaucoup plus differencies (figure 3): les transpirations tres differentes s'accompagnent en effet d'activites photosynthetiques relativement proches, qui ne diminuent fortement en milieu sec que lorsque les stomates se ferment progressivement, au cours de l'apres-midi. La faible efficience de l'eau consommee enregime TM apparait donc due surtout a un defaut de regulation de la transpiration par temps chaud.

- Cette interpretation est confirmee par la figure 4 qui compare, en l'absence de contrainte hydrique, les resultats obtenus au cours de la journee fraiche (26 Juillet, tableau 2) et ceux d'une autre journee chaude (10 Aout) au cours de laquelle le degre hygrometrique de l'air s'est particulierement abaisse pendant l'apres-midi: la transpiration devient alors tres elevee, sans que l'activite photosynthetique suive la meme progression. D'autres especes telles que le soja (Gelfi et al, 1976) ont un comportement comparable, tandis que celles qui sont mieux adaptees a la secheresse (sorgho) presentent a la fois une plus forte resistance aux pertes d'eau, et une plus grande simultaneite dans la variation de la photosynthese et de la transpiration, qui aboutit a une meilleure

FIGURE 3. Transpiration (Transp.), photosynthese (PS.) et resistance foliaire (Res. Fol.) dans deux regimes hydriques au cours d'une journee chaude (11/07/77, temperature maximum 30°C, luminosite 40.000 lux, humidite relative voisine de 50%) chez des plantes possedant des surfaces foliaires sensiblement identiques, au debut floraison.

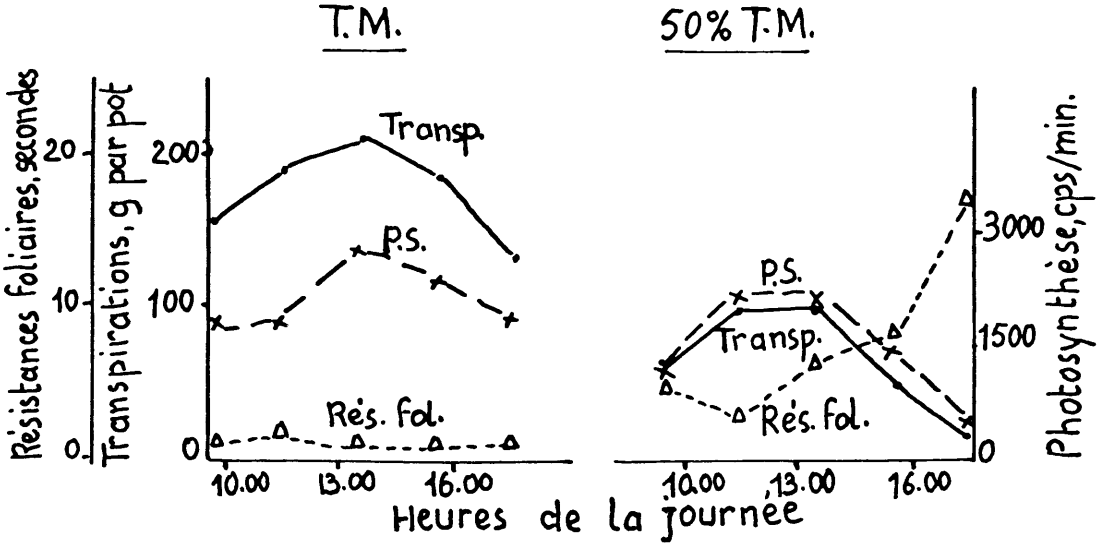


FIGURE 4. Echanges gazeux intervenus au cours de deux journees presentant des characteres climatiques differents, en conditions de transpiration maximum (TM), en milieu et fin floraison.
Tr = transpiration; PS = photosynthese; Res. Fol. = Resistance foliaire; HR = humidite relative de l'air; t = temperature; lum = luminosite.

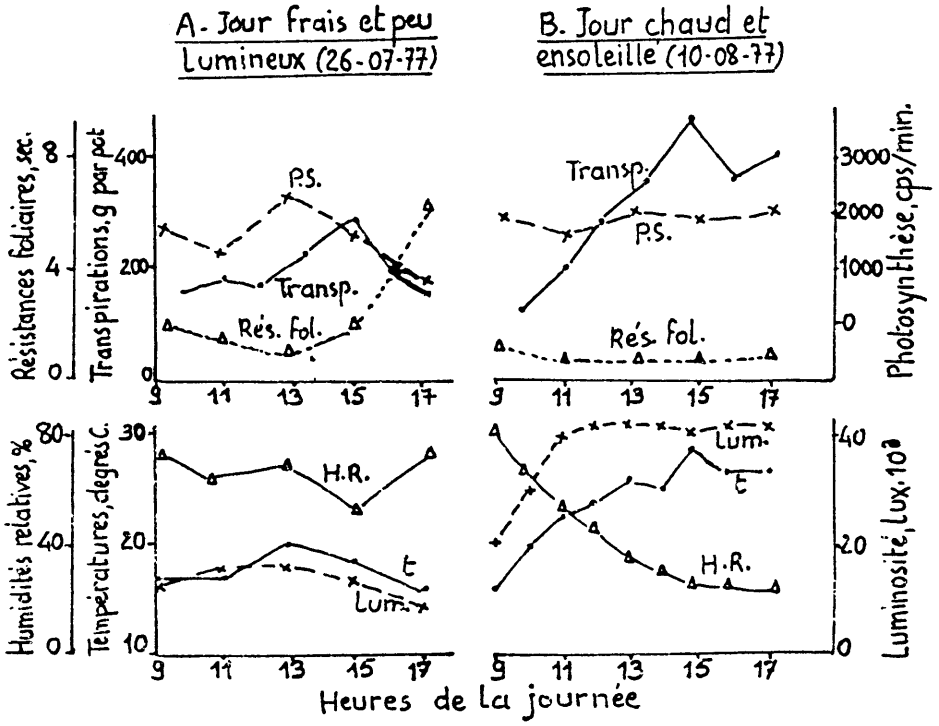


FIGURE 5. Productions de matiere seche totale et de graines en fonction des quantites d'eau consommees.

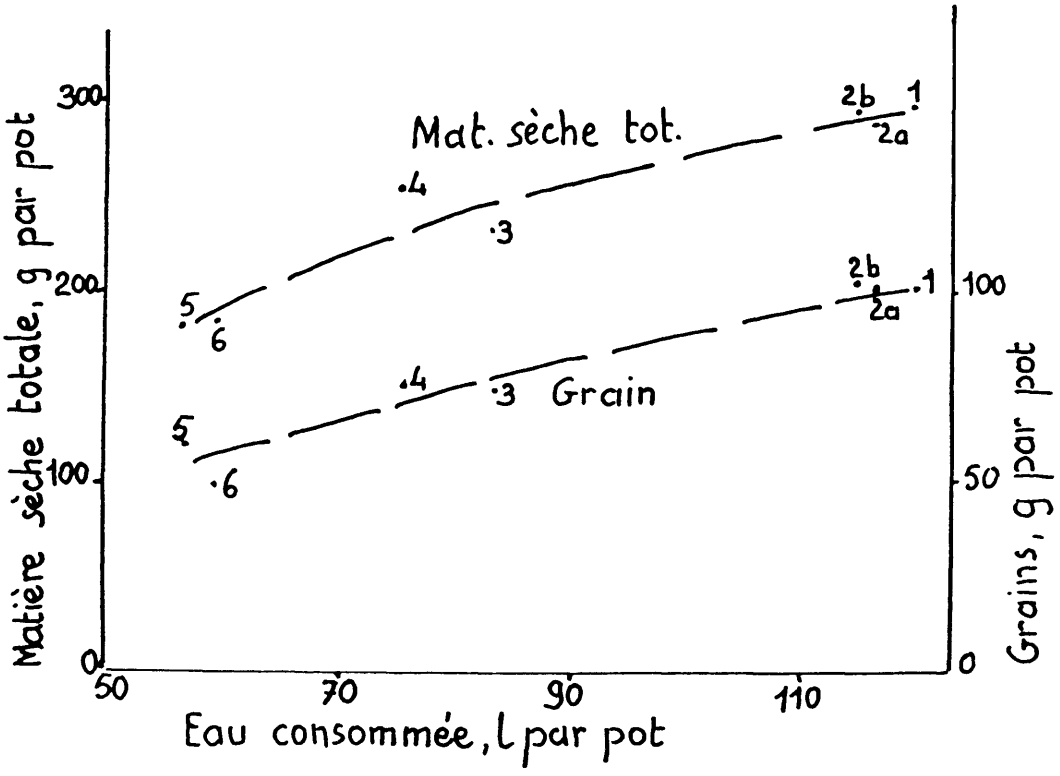
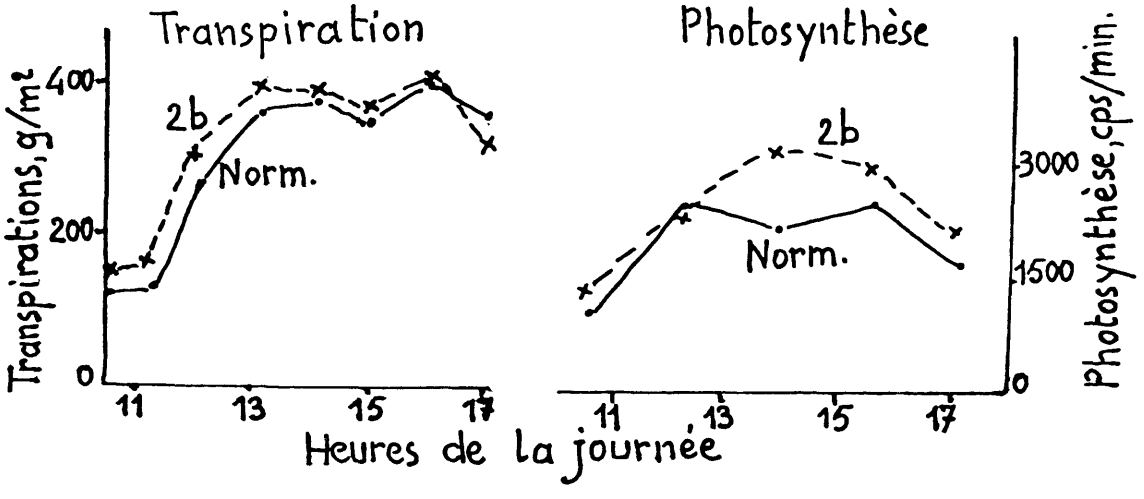


FIGURE 6. Transpiration et photosynthese par unite de surface foliaire chez des plantes normales (Norm., traitement 1) ou partiellement effeuillees (traitement 2 b) au cours d'une journee courante (19/07/77, maximum 26°C, 30.000 lux environ, stade pleine floraison).



efficience de l'eau consommee (Marty et al, 1975). Si une bonne luminosite est necessaire au tournesol (Robelin, 1972; Puech et al, 1975), il faudrait aussi qu'il puisse mieux utiliser les temperatures elevees frequentes en zones seches.

3. Comportements au cours de la phase reproductrice et production

La figure 5 represente les quantites de matiere seche totale et de graines obtenues a maturite, en fonction des quantites d'eau consommees. De meme qu'a la floraison (figure 2), ces relations sont assez etroites, et le tableau 3 va nous permettre de considerer plus en detail les comportements intervenus entre la floraison et la maturite, dans les divers traitements appliques. Pour cela, nous comparerons deux a deux ces traitements correspondant a des contraintes de plus en plus severes, en tenant compte egalement des developpements vegetatifs realises a la floraison.

a. Effet de la reduction de la surface foliaire en regime TM - Les colonnes 1 et 2 du tableau 3 montrent que la moindre croissance vegetative realissee jusqu'a la floraison par le traitement le plus severement effeuille a ete compensee au cours de la deuxieme partie du cycle: les productions totales de matiere seche et de graines sont identiques. La photosynthese a donc ete plus active chez les plantes effeuillees, comme l'illustre la figure 6; la transpiration ayant ete sensiblement identique au cours de cette deuxieme phase, l'efficience de l'eau a ete accrue.

Ainsi, un retard ou un handicap de croissance vegetative n'est pas tres grave chez le tournesol bien alimente en eau, car la plante possede des possibilites de rattrapage assez importantes.

b. Reduction moderee du developpement vegetatif accompagnee de contrainte hydrique egalement moderee en phase reproductrice - Les plantes des traitements 2, 3 et 4 (tableau 3) se trouvaient a la floraison dans des etats voisins: surface foliaire, hauteur, assimilation nette totale..., la sous-alimentation hydrique ayant produit des effets comparables a ceux de l'effeuillage. Les disponsibiletes hydriques de ces trois traitements ont par contre differe pendant la phase reproductrice:

- La comparaison des colonnes 2 et 3 montre que le rattrapage survenu en 2 n'a pu intervenir en 3, en presence d'eau plus limitee: l'assimilation nette totale a ete plus faible, ainsi que le nombre de graines et le poids moyen des graines.

- Il en est de meme pour le traitement 4, qui possedait a la floraison un leger avantage sur les deux precedents, mais qui a dispose ensuite d'une quantite d'eau moindre. L'appareil vegetatif a fonctionne aussi bien que possible, selon le processus indique figure 3, comme en temoigne la bonne effience de l'eau en deuxieme phase, mais la fructrification a ete genee.

c. Contrainte hydrique limitant fortement le developpement vegetatif et se poursuivant jusq'a maturite (traitement no. 5) - Ce traitement a dispose en phase reproductrice d'une quantite d'eau peu interfieure a celle du traitement

TABLEAU 3. Caracteristiques des plantes a la floraison, production de graines, et efficience de l'eau consommee (les resultats accompagnes d'une meme lettre ne sont pas significativement differents les uns des autres au seuil de 5%).

Traitements No.s	TM Normal	TM effeuille 2/3	75% TM brusque	75% TM lent	50% TM brusque	50% TM lent
	1	2 (b)	3	4	5	6
Floraison						
Surface foliaire, dm2/pot	97.7	69.7	65.7	77.2	52.0	63.1
Indice foliaire (LAI)	4	2.8	2.6	3.1	2.1	2.5
Poids sec des feuilles, g/pot	31	25	24	29	18	25
Hauteur des plantes, cm	196	169	169	173	143	149
Matiere seche total, g/pot	140	123	113	129	84	116
Eau consommee, l/pot	41.5	36.6	28.9	33.7	19.4	30.3
Efficience eau, g M.S./l	3.37	3.36	3.91	3.82	4.32	3.82
Periode floraison-maturite						
Eau consommee, l/pot	78	76	54	42	38	29
Matiere seche produite, g/pot	159	174	120	128	96	66
Efficience eau, g M.S./l	2.04	2.29	2.22	3.05	2.53	2.28
Maturite						
Matiere seche totale, g/pot	299 a	297 a	233 b	257 b	180 c	182 c
Graines, g/pot	101 a	103 a	74 b	75 b	60 bc	48 c
Nombre de graines	1545	1505	1200	1190	1090	935
Poids de 1000 graines, g	66	69	63	63	55	51
Rapport graines/M.S.T.	0.34	0.35	0.32	0.29	0.33	0.26
Pour l'ensemble du cycle						
Eau consommee totale, l/pot	120	113	83	76	57	59
Efficience eau sur M.S.T., g/l	2.49	2.63	2.81	3.38	3.16	3.08
Efficience eau sur graines, g/l	0.84	0.91	0.89	0.99	1.05	0.81

no. 4 ci-dessus, mais son appareil vegetatif etait nettement moins developpe. L'assimilation nette, le nombre de graines et leur poids moyen en ont ete manifestement handicapes et, si l'efficience de l'eau consommee pour la production de graines est la plus forte de toutes sur l'ensemble du cycle, la quantite totale produite est peu elevee. La comparaison des traitements 4 et 5 montre qu'un appareil vegetatif plus developpe aurait certainement permis une production de graines un peu plus grande.

d. Contrainte hydrique forte et surtout marquee pendant la phase reproductrice (traitement no. 6) - Sur l'ensemble de la vegetation, ce traitement a dispose d'autant d'eau que le precedent. Son appareil vegetatif a pu se developper a peu pres convenablement mais la contrainte hydrique devenue de plus en plus severe a fortement reduit le nombre de graines, leur poids moyen, et le rapport grain/materiere seche totale; le resultat est une production des graines nettement moindre que dans le cas precedent, avec la plus faible efficience globale de l'eau sur la production de grain.

Ainsi, les deux traitements a secheresse progressive, no. 4 et no. 6, mettent en evidence les effets favorables ou defavorables de l'abondance de l'appareil vegetatif, selon les disponsibilites hydriques survenant au cours de la phase reproductrice:

- Si ces disponsibilites ne sont pas trop limitees (no. 4) un appareil vegetatif assez puissant est un avantage: le no. 4 produit autant de grain que le no. 3 avec moins d'eau et, quoique le rapport grain/M.S.T. soit mediocre, l'excellent rapport photosynthese/transpiration conduit a une bonne efficience de l'eau pour la production de grain.

- Si ces ressources sont vraiment limitees, un developpement vegetatif modere est au contraire preferable (no. 5): la photosynthese est trop reduite chez le no. 6 pour nourrir convenablement les graines formes, et le no. 5 manifeste sur l'ensemble du cycle un meilleur comportement (production, grain/M.S.T., efficience-grain).

Discussion et Conclusions

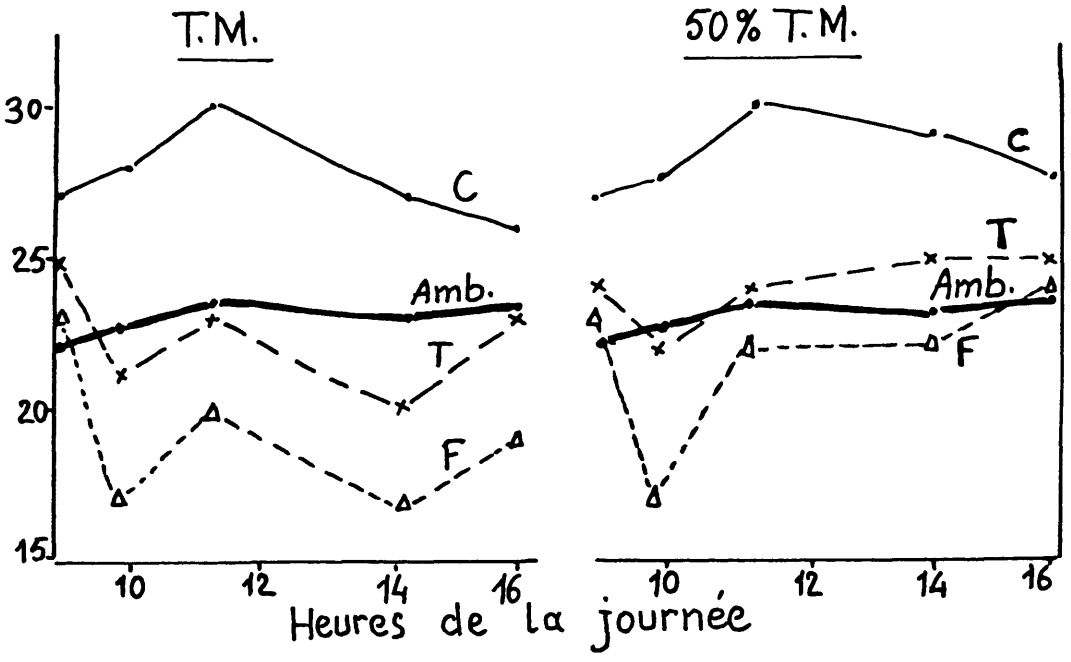
L'un des defauts majeurs du tournesol, en zones a etes secs, est une resistance insuffisante des feuilles a la transpiration, qui conduit a une forte consommation d'eau non accompagnee d'une photosynthese tres active lorsque l' evaporation est intense, et par consequent a une mediocre efficience d'leau consommee. C'est ce qu illustre le tableau 4, qui compare le tournesol Relax utilise ici a un sorgho et a un soja cultives dans la meme experience: malgre un indice foliaire modere et une tension de l'eau dans les feuilles assez elevee en faible transpiration, la consommation d'eau depasse legerement celle du soja dont l'indice foliaire est double, et l'efficience est legerement moindre. La comparaison au sorgho, dont l'indice foliaire est plus reduit et la resistance foliaire beaucoup plus grande, est particulierement frappante.

C'est bien au niveau des feuilles que s'effectue l'essentiel des pertes d'eau, comme l'indiquent les temperatures d'organes observees au cours d'une experience annexe realisee en serre, en l'absence de fecondation des capitules, a la fin de la floraison (figure 7). La temperature des feuilles bien alimentees en eau (traitement TM) est nettement inferieure a l'ambiante, alors que celles

TABLEAU 4. Comparaison de quelques caracteres de trois especes cultivees en l'absence de contrainte hydrique, en vases de vegetation; stade pleine floraison pour tournesol et soja, sortie des panicules pour sorgho.

Caracteres	Sorgho-grain (NK 121)	Tournesol (Relax)	Soja (Amsoy 71)
Nombre de plants par m2	24	8	16
Indice foliaire	2.8	4	8.2
Transpiration, litres par jour et par dm2. de couvert (19-25/07/77)	2.80	3.92	3.80
Tension de l'eau dans les feuilles, en faible transpiration (bars)	- 3	- 8	- 4
Resistance relative des feuilles au passage de l'air (porometrie)	8	1	3
Efficience de l'eau consommee depuis la levee, g M.S./l d'eau	6.6	3.4	3.8

FIGURE 7. Temperatures des tiges (T), feuilles (F) et capitules (C) au cours d'une journee, et comparaison a la temperature ambiante (Amb); serre, fin floraison.



qui subissent la contrainte hydrique (50% TM) ne manifestent cette baisse de temperature qu'au debut de la matinee, lorsque le stress est encore faible, puis elles se rapprochent de l'ambiante. Les capitules, au contraire, presentent une temperature tres superieure bien qu'ils ne soient pas ici l'objet d'un metabolisme tres actif (absence de fecondation), et transpirent donc peu. Les tiges ont un comportement intermediaire.

La surface des feuilles etant beaucoup plus grande que celle des tiges et capitules, ce sont bien les structures foliaires qui sont a incriminer dans cette abondante transpiration. La reduction du feuillage diminue d'ailleurs peu les pertes d'eau (tableau 1), dans la mesure ou ce feuillage deceure capable d'intercepter l'energie lumineuse. C'est donc d'abord par la structure des feuilles qu'il faudrait tacher de limiter la transpiration, et il serait sans doute necessaire de rechercher de meilleures adaptations a la secheresse chez des types d'origine xerophytique.

Un autre defaut du tournesol est un rapport grain/matiere seche totale peu eleve, surtout en conditions seches, et il est probable que l'ensemble de l'appareil vegetatif pourrait etre plus limite. On peut d'ailleurs remarquer surle tableau 3 que la moitie environ de la matiere seche totale, notamment l'huile qui demande davantage d'energie, a ete synthetisee entre la floraison et la maturite. Cela laisse supposer que les translocations d'assimilats des organes vegetatifs vers les graines n'ont pas ete tres actives. Si l'indice foliaire n'apparait generalement pas excessif, la tige pourrait peut-etre subir une reduction appreciable, comme le montre d'ailleurs l'existence des types nains productifs. Naturellement, cela suppose pour l'adaptation aux conditions seches que les racines ne soient pas reduites en meme temps, du moins quant a leurs possibilites de penetration en profondeur.

L'adaptation la plus difficile se pose pour les zones a printemps humide, favorisant le developpement vegetatif, suivi d'un ete sec qui handicape la fructification. L'avancement de la floraison (Downes, 1974), ou son etalement dans le temps pourraient constituer des approches interessantes (Cauderon, 1976). Lorsque les ressources hydriques estivales ne sont pas trop limitees (pluviometrie appreciable, sols profonds), un feuillage assez abondant parait justifie, comme le montre ici le traitement no. 4 (tableau 3), qui a ete relativement performant. Par contre, si les ressources hydriques sont vraiment faibles, il faudrait certainement avoir recours a des appareils vegetatifs plus modestes, economisant mieux l'eau (comparison des traitements no. 5 et no. 6).

De maniere generale, c'est tout un ensemble de caracteres de la plante qu'il faudrait ameliorer pour l'adapter aux conditions seches, des tissus foliaires plus resistants aux pertes d'eau etant sans l'un des points essentiels a rechercher.

References Bibliographiques

ALESSI,J., POWER J.F., ZIMMERMAN D.C., 1977 - Sunflower yield and water use as influenced by planting date, population and row spacing. Agron. Journal, 69, 465-469.

BARADAS M.W., BLAD B.L., ROSENBERG N.J., 1976 - Reflectant induced modification of soybean canopy radiation balance; leaf and canopy temperature. Agron. Journ. 68, 843-847.

BEGG J.E., TURNER N.C., 1976 - Crop water deficits. Adv. in Agronomy, 28, 161-21.

BLANCHET R., MAERTENS C., MARTY J.R., PUECH J., 1974 - Principaux facteurs determinant la conduite et l'efficacite de l'irrigation. Agrochimica, 18, 288-307.

BOYER J.S., 1971 - Recovery of photosynthesis in sunflower after a period of low leaf water potential. Plant Physiol. 47, 816-820.

CAUDERON A., 1976 - Sur l'utilisation de l'eau par le tournesol. 7eme Conf. Int. Tournesol, Krasnodar.

DOWNES R.W., 1974. Environmental and physiological characteristics affecting sunflower adaptation. 6th Int. Sunfl. Conf., 197-204.

ECKARDT F.E., HEIM G., METHY M., SAUGIER B., SAUVEZON R., 1971 - Fontionnement d'un ecosysteme au niveau de la production primaire; mesures effectuees dans une culture d'Helianthus annuus. Oecol. Plant., 6, 51-100.

GELFI N., BLANCHET R., BOSC M., 1976 - Influence de l'alimentation hydrique sur la transpiration et la photosynthese du soja (Glycine Max. L. MERRIOL); Consequences relatives a l'efficience de l'eau consommee. C.R. Acad. Sc. Paris, 283, 495-497.

MARTY J.R., PUECH J., DECAU J., MAERTENS C., 1972 - Effets de l'irrigation sur la production et la qualite du tournesol. 5eme Conf. Int. Tournesol, 46-53.

MARTY J.R., PUECH J., MAERTENS C., BLANCHET R., 1975 - Etude experimentale de la reponse a l'eau de quelques grandes cultures a l'irrigation. C.R. Acad. Agric. France, 61, 560-575.

MURIEL J.L., DOWNES R.W., 1974 - Effect of periods of moisture stress during various phases of growth of sunflower in the greenhouse. 6th Int. Sunfl. Conf., 127-132.

PIRJOL-SAVULESCHU L., MILICA C.I., VRANCEANU V., 1972 - Etude de la resistance a la secheresse pendant differentes phases de vegetation chez le tournesol. 5eme Conf. Int. Tournesol, 36-45.

PIRJOL-SAVULESCU L., 1974 - Variability of sunflower resistance to drought. 6th Int. Sunfl. Conf., 133-144.

PUECH J., HERNANDEZ M., 1973 - Evapotranspiration comparee de differentes culture et etude de quelques facteurs influencant les rythmes de consommation. Ann. Agron., 24, 437-455.

PUECH J., LENCREROT P., DECAU J., 1975 - Effet d'une reduction de l'intensite lumineuse sur la photosynthese globale d'une culture de tournesol (Helianthus annuus); incidence sur la production oleoproteique de la graine. C.R. Acad. Sc. Paris, 281, 387-390.

ROBELIN M., 1972 - Etude du bilan gazeux au niveau des couverts vegetaux; premieres applications a l'etude du tournesol. 5eme Conf. Int. Tournesol 19-28.

ROBELIN M., 1967 - Action et arriere-action de la secheresse sur la croissance et la production du tournesol. Ann. Agron., 18, 579-599.

RODRIGUEZ PEREIERA, 1974 - Effects of artificial defoliation on components of yield in sunflower. 6th Int. Sunfl. Conf., 181-188.

SHIMSHI D., 1967 - Some aspects of stomatol behavior as observed by means of an improved pressure-drop porometer. Israel Journal of Botany, 16, 19-28.

SHIMSHI D., 1969 - A rapid field method for measuring photosynthesis with labelled carbon dioxide. Israel Journal of Botany, 20, 381-401.

SIPOS G.H., PALTINEANU R., 1975 - Consumul de apa si regimul de irigare la principalele culture agricole. Productia vegetala, cereale si plante technice, 5, 3-9.