

ELABORATION DU RENDEMENT DU TOURNESOL DANS DIFFERENTES SITUATIONS ET INDICATEURS DE FONCTIONNEMENT DE LA PLANTE

R. Blanchet, M.C. Ferran, N. Gelfi, A. Merrien, INRA - CETIOM - Station d'Agronomie, B.P. 12 - 31320 - CASTANET-TOLOSAN - FRANCE

RESUME

L'étude du développement et du remplissage des akènes dans l'hybride Mirasol a été réalisée sous un même climat sub-humide, sur des sols de différentes profondeurs et propriétés physiques, ayant provoqué ou non des accidents de démarrage, puis de sécheresse. Les cultures étaient conduites à deux densités de peuplement (5 et 10 plantes.m⁻²), et irriguées ou non. Des mesures fréquentes de surface foliaire (SF) et de matière sèche totale (MST) ont été effectuées, afin de tester leur valeur comme indicateurs de fonctionnement de la plante. Lorsque des défauts physiques du sol ont provoqué des souffrances prolongées au démarrage, révélées par des retards de croissance (SF, MST), le nombre d'akènes pleins est notablement réduit, même en l'absence de facteur limitant ultérieur. Sous l'effet de la sécheresse, les diminutions de nombres d'akènes pleins, de poids moyen de ceux-ci et de teneurs en huile sont très liées aux réductions de SF et d'assimilation pendant et après la floraison. Dans le cas d'accidents successifs de démarrage, puis de sécheresse, les composantes du rendement reflètent les différentes périodes de souffrance, et de réduction du feuillage. L'examen fréquent de la SF, et jusqu'à la floraison de la MST (tous les 10 jours environ) permet bien de suivre l'effet de ces souffrances diverses sur la physiologie de la plante et le développement des akènes. Ces mesures astreignantes peuvent être simplifiées à l'aide d'approximations, mais des observations fréquentes sont nécessaires si l'on veut suivre les effets des stress et des rattrapages sur le développement et le remplissage des akènes.

SUMMARY

In order to test the value as indicators of the plant physiological state of leaf area (SF) and total dry matter (MST) at successive stages of development, frequent measures of SF and MST have been made on the hybrid Mirasol cropped in various conditions of soil, plant population and water supply. SF and MST give a good reflect of early suffering, with consequences on number of full achenes. After flowering, leaf area durations are well linked to yield components. Then frequent measures of SF, and of MST before flowering, allow a good representation of the plant states and yield determinism; some approximations can probably replace exact measures of SF and MST.

INTRODUCTION

La compréhension de l'élaboration du rendement et le souci d'une bonne maîtrise culturale font de plus en plus appel à la notion d'indicateurs de fonctionnement de la plante, c'est-à-dire aux caractères de celle-ci susceptibles de révéler le mieux possible l'évolution de son état physiologique, et d'éventuelles souffrances pouvant intervenir à divers stades du cycle de développement (MERRIEN et al, 1983)

La formation des ébauches florales se produit durant les toutes premières semaines suivant la levée du tournesol (MARC et PALMER, 1978); aussi, le développement et le remplissage des akènes peuvent être influencés par les conditions de végétation pendant la plus grande partie du cycle de la plante (LENCREROT et al, 1973; RIBEYRE et al, 1980). Si la floraison est une période particulièrement sensible, notamment au déficit hydrique (ROBELIN, 1967), les stades précoces ont également une grande importance (MANICHON et al, 1980; SERIEYS, 1982). Enfin, la période postfloraison est déterminante pour le remplissage et la composition des akènes (BLANCHET et MERRIEN, 1982).

En observant sous un même climat la croissance et le développement d'un hybride placé dans des situations culturales très différentes, nous avons tenté de préciser l'influence de souffrances survenant au cours de différentes périodes du cycle (phase végétative, floraison, remplissage) sur le nombre d'akènes pleins obtenus, leur poids moyen et leur teneur en huile. Pour caractériser ces périodes de souffrance, nous considérerons surtout deux indicateurs de fonctionnement de la plante mis en éviden-

ce par des analyses statistiques dans un autre travail (FERRAN et al, 1985) : la matière sèche totale produite (MST) et la surface foliaire (S.F.) aux stades considérés ; nous tâcherons de préciser ici leur signification dans le déterminisme du rendement.

MATERIEL ET METHODES

L'hybride Mirasol a été cultivé près de TOULOUSE (FRANCE), sous un même climat subhumide, sur deux sols très différents dont le tableau 1 indique les principaux caractères. Le sol argilo-limoneux

TABLEAU 1 - Principaux caractères des sols utilisés

Texture Profondeur, cm	Argilo-limoneuse(AL)		Sableuse(S)	
	0 - 25	45 - 55	0 - 25	45 - 55
% terre fine : argile	28	42	11	18
limon fin	26	21	15	16
limon grossier	13	12	8	7
sable fin	15	13	16	13
sable grossier	17	8	50	46
mat. organiques	1.5	0.7	0.9	0.7
calcaire total	0	4	0	0
pH eau	7.6	8.2	6.6	7.2
P205 assimilable %.	0.11	0.01	0.30	0,20
K20 éch. %.	0.10	0.09	0.10	0,10
Densité apparente)selon	1.4 à 1.6	-	1.3 à 1.8	-
Macroporosités, %)situations	10 à 25	-	8 à 25	-
Réserve hydrique utilisable du profil, mm		200		70 à 150 selon profondeur

(AL) est profond et ne présente pas de défauts physiques importants, tandis que le sol sableux (S) est de profondeur variable, souvent faible, et par endroits très tassé. Les mêmes techniques culturales ont été appliquées aux deux sols ; la fumure minérale était en Kg.ha^{-1} de 80 N, 100P₂O₅ et 100K₂O ; il n'y a pas eu d'attaques notables de parasites ou de prédateurs. Les cultures ont été différenciées de la manière suivante sur chacun de ces sols :

- peuplements de 5 et 10 plantes. m^{-2} , très réguliers dans tous les cas ;
- irrigation satisfaisant sensiblement l'évapotranspiration maximale dans les zones à réserves hydriques les plus faibles (apport total d'eau 340 mm), ou absence d'irrigation ; après une période assez pluvieuse au départ de la végétation (110 mm de pluies du 1er avril au 31 mai), une forte sécheresse est intervenue, les pluies du 1er juin au 15 août n'étant que de 43 mm.

Des échantillons de 3 plantes caractéristiques des diverses situations ont été prélevés aux stades successifs Bouton Floral (BF) 1 cm, 3 cm, 5 cm de diamètre ; début floraison, fin chute des pétales, et maturité. Les productions de matière sèche totale et les surfaces foliaires ont été mesurées à chaque prélèvement, et les durées de surfaces foliaires ont été calculées selon THORNE (1971). A maturité, les akènes pleins, vides et stériles ont été comptés par capitule mais, en zones sèches surtout, il s'est avéré très difficile de distinguer les akènes vides, stériles, et les fleurons non évolués de la tache stérile centrale ; les nombres d'akènes vides et stériles ainsi déterminés ne sont donc qu'indicatifs.

RESULTATS

1) Difficultés de démarrage et formation des akènes

Le tableau 2 classe par signes de souffrance plus ou moins prolongée (SF, MST) les données obtenues en fort peuplement sur différentes zones du sol sableux où, selon le tassement, les plantes ont présenté des vigueur très différentes au démarrage (difficultés d'enracinement, et ennoyage temporaire au cours de la période pluvieuse). Elles se sont ensuite rattrapées : les surfaces foliaires et productions de MST à la floraison étaient sensiblement identiques ; irriguées à l'ETM, elles n'ont plus eu de difficultés notables jusqu'à la maturité.

A la récolte, les résultats montrent que, malgré le rattrapage en pré-floraison, le nombre d'akènes pleins a été nettement diminué par les difficultés de plus en plus prolongées de démarrage. A ces stades jeunes, SF et MST sont donc des indicateurs valables des handicaps subis, qui réduiront le nombre final d'akènes remplis.

TABLEAU 2 - Influence des caractères de la plante pendant la phase végétative sur le développement et le remplissage des akènes.
(10 plantes.m⁻², irrigation ETM, sol sableux ; BF : bouton floral, diamètre en cm)

Caractères par plante	Souffrance en phase végétative			
	Témoin	Courte	Modérée	Prolongée
Matière sèche totale, g, aux stades :				
BF 1	9	3	3	3
BF 3	17	8	7	7
BF 5	34	23	17	15
Floraison	78	70	72	82
Maturité	102	119	104	78
Surface foliaire, dm ² , aux stades :				
BF 3	15	8	8	4
BF 5	30	22	18	17
Floraison	38	34	35	38
Production :				
Nombre akènes pleins	1310	1050	990	870
Poids 1000 akènes, g	37.6	37.5	35.7	33.3
M.S. graines, g	49.4	39.6	35.5	29.1
Huile, %	47.4	47	50.7	40.5

TABLEAU 3 - Influence de la sécheresse pendant et après la floraison sur le développement et le remplissage des akènes, à deux densités de peuplement.
(MST : matière sèche totale ; SF : surface foliaire ; CP : chute des pétales)

Situations culturales	5 plantes.m ⁻²				10 plantes.m ⁻²			
	Irrigué		Non irrigué		Irrigué		Non irrigué	
	Sol AL		Sol S		Sol AL		Sol S	
	profond		sup.		profond		sup.	
Codes	A	B	C	D	E	F	G	H
MST à BF 3, g	26	18	22	-	18	17	19	-
MST à floraison g	118	129	117	127	92	84	92	79
SF à floraison, dm ²	71	86	49	50	56	46	37	24
SF 15 jours après CP	49	19	5	6	34	18	3	4
Durée SF post floraison, m ² . jours	28	21	9	10	21	13	8	10
Maturité :								
Nombre akènes pleins	1970	1650	1310	810	1710	1300	1330	710
Nombre akènes vides + stériles	180	150	480	630	140	270	690	600
Poids 1000 akènes, g	41	38	27	22	35	33	20	20
Production graines, g	81	62	33	18	60	42	27	15
Huile, %	45	46	39	33	49	42	38	41

2) Souffrance par sécheresse à partir de la floraison.

Le tableau 3 regroupe, pour les deux densités de peuplement, les résultats de situations n'ayant pas eu de difficultés au démarrage, et où les MST élaborées au début de la floraison étaient sensiblement identiques pour une même densité. Toutefois, les S.F. étaient déjà nettement réduites en sol sableux non irrigué, manifestant un début de souffrance. Celle-ci s'est fortement accentuée au cours de la floraison et du remplissage des graines, comme en témoigne la rapide régression de S.F.. En sol argilolimoneux non irrigué, cette souffrance a été plus tardive et moins intense.

Ces diverses conditions se sont répercutées clairement sur le nombre d'akènes pleins, réduit de plus de 50 % en situations les plus difficiles, tandis que l'on observe un nombre croissant d'akènes vides et stériles. En sol AL non irrigué, où une souffrance nette n'est intervenue qu'en fin floraison, le nombre d'akènes a néanmoins été affecté.

Les défauts de fécondation, de nouaison, et les avortements ultérieurs ont donc été d'autant plus marqués que les conditions étaient plus sèches, comme nous l'avons déjà observé (BLANCHET et MERRIEN, 1982), il est cependant difficile de distinguer entre elles ces diverses causes de non-viabilité des akènes.

Notons enfin sur le tableau 3 l'influence de la compétition intraspécifique qui, en situations comparables, diminue à la fois l'appareil végétatif, le nombre d'akènes et leur poids. Cette compétition est un autre aspect des limitations imposées à la plante, et à son fonctionnement. Un même nombre d'akènes formés correspond à des appareils végétatifs nettement différents selon la densité ; par contre, la durée de surface foliaire post-floraison apparaît mieux liée aux deux composantes du rendement et à la teneur en huile. Au-delà de la floraison, cette durée de SF est sans doute l'un des meilleurs indicateurs de fonctionnement.

3) Combinaison de souffrance au démarrage et de sécheresse ultérieure

Le tableau 4 présente un éventail de situations dans lesquelles le démarrage a été moyen en K et L, très bon en M et mauvais en N, avec rattrapage en pré-floraison. La sécheresse a ensuite été sévère chez M et N, moindre chez L. La différence de nombre d'akènes pleins entre M et N est à imputer aux démarrages différents, et l'écart M-L-K à la sécheresse d'été.

Les akènes très peu nombreux de N se sont par contre un peu mieux remplis que ceux de M et L.

TABLEAU 4 - Indicateurs de fonctionnement et composantes du rendement en situations culturales différentes, densité 5 plantes.m⁻², sol sableux (BF : bouton floral, diamètre en cm ; CP : chute des pétales).

Régime hydrique et caractères du sol	Irrigué	Non irrigué		
		assez meuble	Profond	Peu profond
			assez meuble	meuble
Code	K	L	M	N
Matière sèche totale, g,				
aux stades : BF 1	11	10	20	3
BF 3	29	25	33	18
BF 5	40	56	55	56
Floraison	99	136	117	107
Maturité	179	147	88	90
Surface foliaire, dm ²				
aux stades : BF 3	27	24	32	16
BF 5	34	45	44	45
Floraison	57	51	40	56
15 jours après CP	40	7	6	7
Production :				
Nombre akènes pleins	1770	1470	1050	630
Poids 1000 akènes, g	42.1	28.2	25.8	30.1
MS graines, g	74.6	41.6	27.2	19
Huile, %	47.3	34.9	38.6	35.5

Les souffrances successives de N, bien manifestées par l'évolution de la SF et de la MST, ont abouti à une très faible production, limitée à la fois par le nombre d'akènes et par leur remplissage. Lorsque la sécheresse a été le seul handicap, les nombres d'akènes et les productions ont été moins atteints, et ont reflété l'intensité de la contrainte hydrique.

DISCUSSIONS ET CONCLUSIONS

C'est donc toute la vie de la plante qui se traduit dans les composantes du rendement, mais pour bien comprendre celles-ci, il importe de suivre attentivement tout le déroulement du cycle de développement. Il faudrait également examiner de plus près la nutrition, souvent défectueuse, en cas de mauvais démarrage (BLANCHET et al, 1973 ; MANICHON et al, 1980).

Les phases floraison et remplissage des akènes sont ensuite capitales dans le déterminisme du rendement, non seulement pour le poids moyen des akènes mais aussi pour leur nombre. Ainsi, pour l'ensemble de cette expérience, nous obtenons entre le nombre d'akènes pleins et la MST-floraison les deux régressions suivantes, de pentes nettement différentes selon la présence ou l'absence d'irrigation :

Irrigué : Nombre akènes pleins = 11,1 (MST flor.) + 467

Non irrigué : Nombre akènes pleins = 7,3 (MST flor.) + 394

(corrélations respectives de 0,59 et 0,57, peu étroites mais hautement significatives, portant au total sur 118 mesures ; nombre d'akènes variant de 650 à 2300 et MST flor. de 33 à 170 g.plante⁻¹).

Le rendement n'est donc encore qu'ébauché à la floraison : les plantes chétives à ce stade produiront peu, mais celles qui sont bien développées ne produiront pas nécessairement beaucoup (tableau 3). Cela dépendra d'abord de la fécondation et de la nouaison, puis l'assimilation post-floraison, très liée à la persistance d'une surface foliaire active, sera déterminante pour le poids moyen des akènes et leur teneur en huile (BLANCHET et MERRIEN, 1982).

Les indicateurs de fonctionnement de la plante que sont la MST jusqu'à la floraison, et la SF tant lors de son établissement que lors de sa régression, permettent une bonne compréhension de ce déroulement de l'élaboration du rendement et de ses composantes. La compréhension détaillée exige toutefois des observations fréquentes, à des intervalles de l'ordre d'une dizaine de jours entre l'apparition du bouton floral et la période de prématurité. Des observations plus espacées peuvent être également intéressantes mais elles permettent moins d'appréhender des souffrances fugaces et des ratrappages parfois rapides.

De telles observations sont naturellement laborieuses ; on peut tenter de les simplifier par des estimations, telles que celle de la MST jusqu'à la floraison d'après le produit hauteur x diamètre du collet (MERRIEN et al, 1983), ou celle de la surface foliaire d'après le nombre de feuilles et la surface de la plus grande (POUZET, communication personnelle de données non publiées). L'échelle de variation de ces indicateurs est en effet très grande, et une erreur relative de l'ordre de 10 % paraît admissible pour les conditions agronomiques courantes : mieux valent sans doute des observations fréquentes, même un peu approximatives, plutôt que des mesures précises mais rares. Le choix de plantes bien caractéristiques dans le peuplement est par contre très important : nous avons montré ci-dessus (tableau 3) l'effet de la densité sur les caractères observés, et il est essentiel que les observations portent sur des individus aussi représentatifs que possible.

En conclusion, il est possible de bien repérer à travers l'évolution de la surface foliaire au cours du cycle, et de la MST jusqu'à la floraison, les souffrances d'origine pédoclimatique et leurs répercussions sur l'élaboration des composantes du rendement ; S.F., croissance et développement paraissent très liés chez cette espèce, SF et MST constituant respectivement la condition et le révélateur de l'assimilation nette. Un tel suivi astreignant peut notamment s'appliquer à des "observatoires permanents" de la formation du rendement ; d'autres indicateurs, notamment les diamètres du collet et du capitule, sont également utiles dans des suivis moins détaillés, mais ils ne nous apparaissent pas aussi explicatifs.

REMERCIEMENTS

Ce travail a bénéficié de la collaboration technique de J. LAURENT et de N. BOSC, et du soutien financier de la Société Interprofessionnelle des Oléagineux, PARIS. M. ROLLIER a bien voulu prendre en charge les dosages d'huile.

BIBLIOGRAPHIE

- BLANCHET R., BOSC M., MAERTIENS C., GELFI N., 1973 - Crop resistance to unfavorable soil physical conditions as influenced by fertilization. Phosphorus in Agriculture, 61, 43-51.
- BLANCHET R., MERRIEN A., 1982 - Influence of water supply on assimilation, yield components and oil-protein production of sunflower. Workshop on Sunflower, EEC Plant Protein Programme, Athens, 185-201.
- FERRAN M.C., BLANCHET R., RELLIER J.P., MERRIEN A., 1985 - Relations entre composantes du rendement et caractères des plantes en conditions très variées de culture du tournesol. XI Conférence Internationale Tournesol, Mar del Plata, Argentine.
- LENCROEROT P., DECAU J., COCHARD B., MARIY 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. Annales Agronomiques, 24, 339-358.
- MANICHON H., RIBEYRE C., ROLLIER M., 1980 - Relations entre l'état physique du sol et la nutrition minérale du tournesol. 9 Conferencia International del Girasol, TORREMOLINOS, Espagne, II, 166-173.
- MARC J., PALMER J.H., 1978 - A sequence of stages in flower development in the sunflower. 8th International Sunflower Conference, Minneapolis, USA, 130-137
- MERRIEN A. et al, rédaction collective, 1983 - Physiologie de la formation du rendement chez le tournesol. Informations Techniques Cetiom, 83, 5-72.
- RIBEYRE C., MANICHON H., ROLLIER M., POUZET A., 1980 - Etude des causes de variation du rendement du tournesol au champ par voie d'enquête. 9 Conferencia International del Girasol, TORREMOLINOS, Espagne, II, 35-44
- ROBELIN M., 1967 - Action et arrière-actions de la sécheresse sur la croissance et la production du tournesol. Annales Agronomiques, 18, 579-599.
- SERIEYS H., 1982 - Conséquences de traitements d'ennoyage sur le comportement de différents génotypes de tournesol. 10th International Sunflower Conference, Surfer Paradise, Australie, 14-17.
- THORNE G., 1971 - Physiological factors limiting the yield of arable crops, in Potential Crop Production. Wareing and coopered, 143 - 150