

RELATIONS ENTRE COMPOSANTES DU RENDEMENT ET CARACTERES DES PLANTES EN CONDITIONS TRES VARIEES DE CULTURE DU TOURNESOL

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

RESUME

Pour préciser au cours de stades successifs l'influence des caractères des plantes sur la formation du rendement, nous avons réalisé à partir de conditions de culture très variées une étude statistique des relations entre les composantes du rendement (nombre d'akènes remplis par capitule, poids moyen des akènes) et les principaux indicateurs de croissance et de développement (évolution de la matière sèche totale MST, de la surface foliaire SF, et du capitule ; signes de souffrance tels que flétrissements). Pour cela deux hybrides nettement différents (Mirasol, X 266) ont été cultivés sur des sols de profondeurs et de réserves hydriques variables, irrigués ou non, à des peuplements de 5 et 10 plantes.  $m^{-2}$ , avec deux fertilisations azotées (80 et 240 kg  $N \cdot ha^{-1}$ ). Les productions de grain par plante ont varié dans une proportion de 1 à 10. L'analyse statistique a été réalisée par matrices de corrélations et path-coefficients. Ceux-ci montrent que, quoique les deux hybrides fleurissent à des dates différentes, le nombre d'akènes remplis est surtout déterminé par la MST élaborée à la floraison, et son accroissement ultérieur. Les diamètres du capitule et de la tache stérile n'interviennent qu'indirectement. Le poids moyen des akènes est également très lié à la MST-floraison, et surtout à son accroissement postfloraison. L'évolution de la SF présente de bonnes corrélations avec ces composantes, mais elle intervient surtout par l'intermédiaire de l'assimilation nette (MST). La concurrence entre akènes pour les assimilats formés se manifeste nettement au cours du remplissage ; elle rejoint d'autres aspects de la compétition intraspécifique. Les évolutions de la MST et de la SF peuvent être de bons indicateurs du fonctionnement de la plante.

SUMMARY

In order to precise during successive development stages the influence of plant characters on yield and components, very different cropping conditions of two hybrids have been realized on various soils: plant populations, N fertilizations, irrigation or not. A statistical study of path-coefficients was made between plant characters and yield components. The number and weight of full achens are mainly related to the amount of total dry matter at flowering, and its further increase, themselves linked to the evolution of leaf area. The head characters (diameter, sterile task) are little directly linked to yield components. The evolutions of dry matter and leaf area can be good indicators of the yield determinism.

INTRODUCTION

Le rendement R d'une culture de tournesol est déterminé par ses composantes :  $R = C \cdot A \cdot P$  où :

C = nombre de capitules par unité de surface de terrain

A = nombre d'akènes remplis par capitule

P = poids moyen des akènes (qui peuvent en outre être caractérisés par leurs teneurs en huile et en protéines).

Dans le cas général de plantes possédant un seul capitule, C est déterminé par le semis et la levée. A et P dépendent à la fois de caractères variétaux (graines plus ou moins grosses et nombreuses), et des conditions de croissance et de développement de la plante comme l'ont notamment discuté récemment MERRIEN et al (1983. b) ; leur déterminisme n'est toutefois pas encore bien compris.

En utilisant deux cultivars hybrides productifs et nettement différents, placés dans des conditions très variées de sol, peuplement, fertilisation et irrigation, nous avons tenté de préciser par analyse statistique les relations existant entre composantes du rendement et caractères des plantes aux principaux stades du cycle de développement. Le but de cette démarche exploratoire est donc de dégager, dans une grande variabilité de croissances et de développements, les caractères des plantes les plus liés à la formation et au remplissage des akènes, ainsi qu'au rendement final. Une démarche d'un esprit assez voisin a été réalisée par KESTELOOT et al (1978) à partir d'un choix de génotypes : c'est ici par la variation du milieu cultural que nous avons principalement différencié les plantes.

en escomptant à travers les relations étudiées une meilleure vue d'ensemble de la physiologie de la formation du rendement, et du déterminisme de ses composantes.

#### MATERIELS ET METHODES

1) Conditions de culture. Celle-ci a été réalisée sur un sol présentant un fort gradient de texture (12 à 32 % d'argile en surface) et de profondeur (0,5 m à 1,30 m), passant progressivement d'un sol sableux peu profond à un sol limono-argileux profond. Les deux variétés ont été cultivées le long de ce gradient avec diverses modalités permettant d'obtenir une grande variabilité de croissance et de production des plantes :

- peuplements de 5 et 10 plantes.m<sup>-2</sup>
- fumures azotées de 80 et 240 kg N.ha<sup>-1</sup>
- irrigation ou non ; une forte sécheresse est intervenue pendant la culture (43 mm de pluies du 1er juin au 15 août) et pour satisfaire sensiblement l'évapotranspiration maximale (EIM) en sol peu profond, 340 mm d'irrigation ont été apportés.

2) Cultivars. Les deux cultivars hybrides, Mirasol et X 266, ont une même durée totale du cycle de développement et des potentiels de production voisins, et élevés ; leurs caractères moyens et variabilités rencontrés dans les situations étudiées sont indiqués par le tableau 1. X 266 a un développement végétatif plus précoce mais au total moindre que Mirasol, fleurit 10 jours plus tôt, et a une plus longue période de remplissage des akènes, qui sont plus gros et moins nombreux.

Tableau 1 - Principaux caractères moyens des plantes de chacun des deux cultivars, et valeurs extrêmes observées en situations très diverses (Mirasol : 39 situations; X 266 : 27 ; 3 individus par situation à chacun des stades).

Stades et caractères :	Valeurs moyennes :		Valeurs extrêmes			
	Mirasol :	X 266 :	Mirasol :		X 266 :	
			Min. :	Max :	Min :	Max :
Bouton floral 3 cm :	:	:	:	:	:	:
Surface fol. dm <sup>2</sup> :	18.4 :	27.0 :	5 :	45 :	8 :	46 :
M.S.T. g :	20.1 :	28.5 :	8 :	45 :	8 :	46 :
Début floraison :	:	:	:	:	:	:
Surface fol. dm <sup>2</sup> :	53.0 :	34.6 :	15 :	125 :	9 :	78 :
M.S.T. g :	102.5 :	97.7 :	33 :	195 :	39 :	170 :
Remplissage (10/8) :	:	:	:	:	:	:
Surface fol., dm <sup>2</sup> :	19.5 :	17.8 :	0 :	55 :	2 :	45 :
Maturité :	:	:	:	:	:	:
M.S.T., g :	133 :	129.5 :	41 :	256 :	31 :	238 :
Nombre akènes pleins :	1324 :	1064 :	255 :	2435 :	202 :	1930 :
Poids 1000 akènes, g :	32.2 :	48.9 :	13.9 :	49.6 :	18.4 :	67.8 :
Poids de grain, g :	44.8 :	50.0 :	5 :	102 :	10 :	95 :
Huile, % :	42 :	41 :	32 :	55 :	24 :	49 :

Mesures réalisées. Au stade 4 - 5 feuilles, des placettes de 10 plantes représentant un peuplement bien homogène et environné ont été repérées sur l'ensemble des variantes de sols et des traitements (66 situations différentes). La croissance et le développement ont été suivis par :

- Des prélèvements de 3 plantes caractéristiques de chaque placette aux stades Bouton floral (BF) 3 cm et 5 cm de diamètres, début floraison, fin chute des pétales, maturité : mesures de hauteur, diamètres du collet et du capitule, surface foliaire, matière sèche (MS) des divers organes. Les durées de surfaces foliaires entre deux stades ont été ensuite calculées selon THORNE (1971).
- Des notations appropriées ont en outre été faites : intensités de flétrissements, évolutions des surfaces foliaires après la floraison selon la sénescence des feuilles.

4) Traitement des données. Celles-ci ont été principalement exploitées par des matrices de corrélations entre les composantes du rendement de chacun des cultivars, d'une part, et d'autre part les caractères des plantes lors des prélèvements et observations. Afin de préciser les liaisons directes et indirectes entre composantes et caractères, la méthode des "path-coefficients" (KEMPSTHORNE, 1973) a été ensuite appliquée. L'effet direct d'un caractère correspond à l'augmentation de la varia-

Tableau 2 - Relations entre le nombre d'akènes pleins par capitule et les caractères des plantes à divers stades.  
 Seuils de signification des coefficients de corrélation linéaire : 5% : 0,194 ; 1% : 0, 254

Stades et caractères	Codes		Corrélations linéaires, r	Path-Coefficients		Corrélations linéaires, r	Path-Coefficients		
	Direct	Indirect > + 0,20		Direct	Indirect > + 0,20		Direct	Indirect > + 0,20	
Phase végétative :									
Mat. sèche bouton fl. 3 cm	MST3		0.28	0.13		0.34	0.23	MSTFLO, - DSF5	
Mat. sèche bouton fl. 5 cm	MST5		0.16	- 0.11		0.34	0.03	MSTFLO, - DSF5	
Durée surface fol. avant EF 5	DSF5		0.41	- 0.04		0.31	- 0.31	MSTFLO	
Durée surface fol. avant floraison	DSF AF		0.69	0.08		0.53	0.10	MSTFLO, - DSF5, - SFFLO	
Floraison :									
Surface foliaire à floraison	SFFLO		0.56	- 0.03	MSTFLO	0.49	- 0.34	MSTFLO	
Matière sèche à floraison	MSTFLO		0.47	0.40		0.45	0.89	- SF10	
Diamètre capitule à floraison	D CAP1		0.44	0.12		0.29	- 0.22	MSTFLO, - SF10	
Intensité flétrissement durant flo	FLET		- 0.51	- 0.13	IMST	- 0.36	- 0.13	- IMST	
Remplissage :									
Surface foliaire au 10 août	SF10		0.66	0.13	IMST	0.46	- 0.17	MSTFLO, IMST	
Durée végétation(SF>2,5dm <sup>2</sup> )aprèsfl.	DVA		0.54	- 0.07	IMST	0.42	0.01	IMST	
Durée surface foliaire après flo.	DSFPF		0.77	- 0.04	MSTFLO, IMST	0.58	0.19	MSTFLO, - SFFLO	
Maturité :									
Gain M.S.T. depuis floraison	IMST		0.63	0.55		0.41	0.53	- MSTFLO	
Diamètre capitule	DCAP2		0.71	0.13	MSTFLO, IMST	0.68	0.12	MSTFLO, IMST, - SFFLO	
Diamètre tache stérile	DTS		- 0.12	0.09		0.46	0.19	MSTFLO	
Nombre akènes vides ou stériles	NAKVS		- 0.46	0.11	- IMST	0.27	0.02	MSTFLO	
Huile, %	HU		0.53	0.17	IMST	- 0.11	- 0.05	IMST, - MSTFLO	
Coefficient de corrélation multiple :									
			0.91					0.83	

X 266

MIRASOL

ble à expliquer (la composante du rendement) lorsque la valeur de ce caractère augmente d'un écart-type, toutes les autres variables explicatives étant fixes. Ses effets indirects représentent ceux qui se manifestent, sur la composante étudiée, par l'intermédiaire d'autres caractères. La somme des effets directs et indirects est égale à la valeur du coefficient de corrélation  $r$  ; chaque effet, positif ou négatif, peut être supérieur à 1.

Nous avons déjà utilisé cette méthode dans un travail plus limité (MERRIEN et al, 1982) ; nous l'avons appliquée ici à un plus large champ d'investigations.

## RESULTATS

### 1) Nombre d'akènes pleins par capitule.

Pour chacun des deux cultivars, le tableau 2 indique :

- Le coefficient de corrélation multiple entre l'ensemble des caractères étudiés et le nombre d'akènes remplis ; cette corrélation est un peu plus élevée pour Mirasol que pour X 266.

- Les coefficients de corrélation linéaire avec chacun des caractères ; les plus élevés (soulignés) apparaissent avec les durées de surfaces foliaires, et le diamètre du capitule à maturité. Les caractères aux premiers stades EF 3 et EF 5 cm ne manifestent pas une très forte liaison, ni à maturité les données relatives à l'avortement (tache stérile, nombres d'akènes vides ou stériles).

- Les effets directs et les principaux effets indirects obtenus par le calcul des path-coefficients. Les effets directs font très nettement ressortir l'importance d'une part de la matière sèche à la floraison, surtout chez le cv. X 266 qui fleurit tôt, et d'autre part de l'évolution de la matière sèche après la floraison. Ce sont donc deux caractères qui reflètent très directement l'assimilation nette, avant et après la floraison. Les autres caractères bien corrélés au nombre d'akènes (surfaces foliaires, diamètre du capitule), présentent surtout des effets indirects, qui s'exercent beaucoup par l'intermédiaire de la matière sèche formée. Ainsi, les processus de formation et - ou - de maintien du nombre d'akènes viables apparaissent ici dominés par l'assimilation nette, surtout avant floraison chez X 266, et surtout après floraison chez Mirasol. Le détail des résultats montre par ailleurs que le nombre d'akènes par capitule est plus faible à forte densité de peuplement, de même qu'en milieu sec et en sous-alimentation azotée, mais l'effet propre d'aucun de ces facteurs du milieu ne modifie l'interprétation générale donnant à la vigueur et en particulier à la MST un rôle primordial.

### 2) Poids moyen des akènes.

Le tableau 3 fait apparaître des phénomènes voisins : si les corrélations linéaires dégagent surtout des liaisons avec la durée de surface foliaire post-floraison, les effets directs mettent de nouveau en évidence la matière sèche à la floraison et son évolution post-floraison. Il s'ajoute toutefois un fort effet direct négatif du nombre d'akènes pleins, qui manifeste la concurrence entre akènes pour leur remplissage à partir des assimilats formés. Les effets indirects s'exercent essentiellement par l'intermédiaire de la MST et du nombre d'akènes.

Les résultats obtenus sur le cv X 266 sont tout-à-fait de même sens que ceux du cv. Mirasol. Chez l'un et l'autre, le poids moyen des akènes est moindre en peuplement dense et en milieu sec, mais de toutes façons très lié aux caractères mis en évidence par le tableau 3.

### 3) Rendement en grain.

Le tableau 4 résume pour les deux cultivars confondus les principales liaisons entre le rendement par unité de surface au sol, les déficits hydriques subis (EIM - Pluie + Irrigation + Réserve utilisable du sol), et quelques caractères des plantes au cours du cycle. Parmi les corrélations linéaires élevées, apparaissent les déficits hydriques, les durées de surface foliaire et les gains de MST post-floraison. Les path-coefficients montrent l'impact de ce dernier facteur, tant en effets directs qu'indirects, confirmant ainsi l'analyse effectuée sur chacune des composantes du rendement. Viennent ensuite la MST à la floraison, et le déficit hydrique subi pendant la floraison, qui est une période sensible à l'alimentation hydrique (ROBELIN, 1967).