

VARIABILITE GENETIQUE DES CULTIVARS DE TOURNESOL EN SEMIS D'HIVER DANS LA REGION DU SAIS-FES

M. Boujghagh

INRA. Centre Régional du Sous Sahara d'Agadir B.P. 124. Inezgane. Maroc.

RÉSUMÉ

L'expérimentation porte sur 56 génotypes de tournesol (*Helianthus annuus* L.) en semis d'hiver (novembre) au Domaine Expérimental de l'Institut National de la Recherche Agronomique de Douyet, région du Saïs-Fès, durant la campagne 1989-90. Le but de cet essai consiste à étudier les caractères morphologiques d'adaptation du tournesol aux semis précoces, notamment les liens existants entre eux, en vue de dégager l'idéotype à prendre en compte dans une optique de sélection.

Il ressort des résultats obtenus que le rendement en grains des génotypes en semis d'hiver dépend essentiellement de la durée semis-floraison ($r=0,697^{***}$) et ne peut guère être prédit ou expliqué par les caractères juvéniles (nombre de feuilles, hauteur...). Il semble cependant que leur résultante finale en serait le principal indicateur. Ce qui a été démontré par les corrélations très significatives enregistrées entre le rendement et les paramètres de vigueur; la hauteur ($r=0,641^{***}$) et le diamètre du capitule ($r=0,480^{***}$) mesurés à maturité physiologique, le diamètre de la tige au collet ($r=0,619^{***}$) et le nombre de feuilles ($r=0,599^{***}$) mesurés au stade floraison. L'ensemble de ces paramètres sont aussi liés à la précocité. En outre la productivité des génotypes dépend très étroitement de la vigueur des jeunes plantules ($r=0,422^{***}$) qui est très fortement liée à leur résistance au froid ($r=0,849^{***}$).

INTRODUCTION

Le tournesol (*Helianthus annuus* L.), principale culture oléagineuse au Maroc, est semé habituellement au printemps (fin février - mars) sur une superficie moyenne, entre 1988 et 1990, de 120.000 ha (COMAPRA, 1990). Ces semis de printemps effectués souvent tard font souffrir la culture d'un déficit hydrique au moment de la floraison, stade le plus critique quant aux exigences en eau du tournesol (Robelin, 1965; Robelin, 1967; Gimenez et al., 1972 et Muriel et Downes, 1974). En outre, les températures élevées de l'été accompagnées de vents chauds, intervenant la plupart des cas avant la maturité, affectent d'une façon notable les rendements aussi bien en grains qu'en huile.

Pour pallier à ce problème la recherche d'un type de culture de tournesol susceptible d'être semé précocement (novembre - décembre) s'avère, à priori, indispensable afin de situer le cycle de développement de la plante durant la période pluvieuse (novembre - avril). Des études antérieures ont montré que ce type de culture est possible (Boujghagh, 1988). Certains génotypes de tournesol, n'étant pas handicapés par les conditions climatiques hivernales, offriraient des progrès considérables en matière de sélection génétique (Boujghagh, 1988; Boujghagh et Doukkali, 1989; Boujghagh, 1991 et 1992a). En outre la date du premier janvier est à considérer comme limite séparant deux périodes de semis; une période hivernale "froide"; novembre - décembre et une période printanière "sèche";

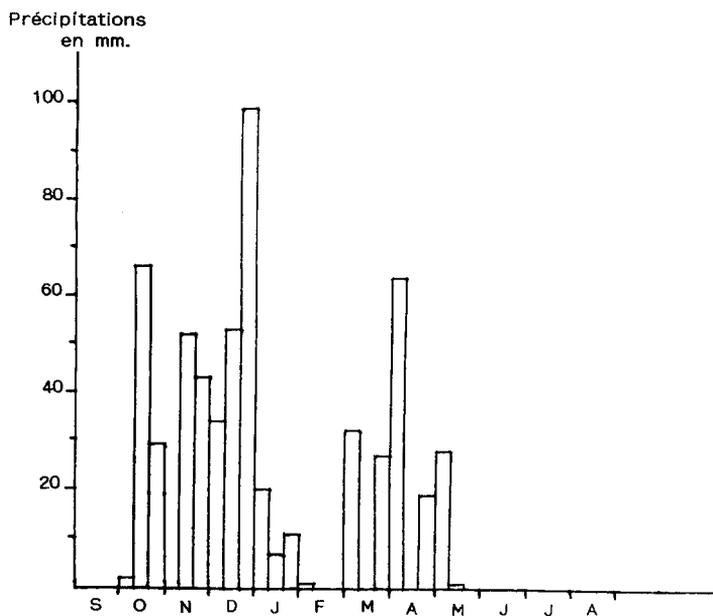


Figure 1a: Précipitations décadaires en mm. Douyet 1989-90.

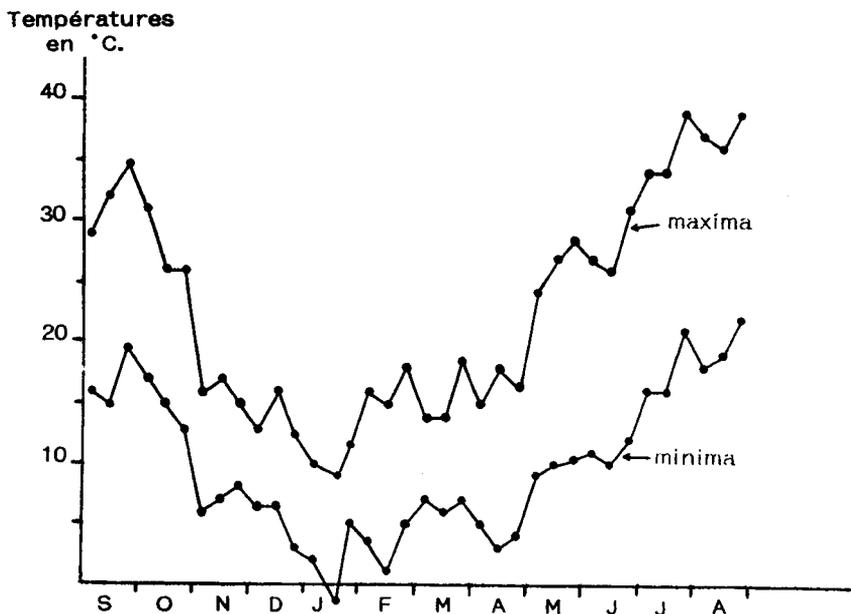


Figure 1b: Températures moyennes minimales et maximales décadaires en °C. Douyet 1989-90.

février - mars. Généralement les géotypes de tournesol réagissent de façons différentes voire opposées dans ces deux périodes de semis; les variétés tardives l'emportent dans la première et les variétés précoces dans la seconde (Boujghagh, 1990 et 1992b).

L'expérimentation réalisée a pour objectif d'étudier les caractères agronomiques et morphologiques d'adaptation du tournesol aux semis précoces (novembre), notamment les liens existants entre eux, en vue de dégager l'idéotype à prendre en compte dans une optique de sélection.

MATERIEL ET METHODES

L'essai a été conduit durant la campagne 1989-90 au Domaine Expérimental de l'Institut National de la Recherche Agronomique de Douyet, situé à 10 km à l'Ouest de la ville de Fès à une altitude de 416 m, sur un sol argilo-calcaire fertile et très profond.

Caractéristiques climatiques

La région de Douyet fait partie de la plaine du Saïs considérée comme zone favorable dont la pluviométrie moyenne annuelle, calculée sur 35 ans, est de 542 mm (Chraïbi et El Mourid non daté). Le climat de la plaine du Saïs est de type semi-aride à hiver tempéré dont les températures moyenne minimale et moyenne maximale sont respectivement de 10°C et de 27°C. Les minima extrêmes et les maxima extrêmes sont respectivement de -1°C à 5°C et de 40°C à 45°C.

Les caractéristiques climatiques de l'année de l'expérimentation sont données par décade sur les figures 1a et 1b respectivement pour les précipitations et les températures moyennes des minima et des maxima. Les températures journalières sont tracées sur la figure 2. Ces données montrent des disponibilités hydriques satisfaisantes (soit un total de 585 mm) et bien réparties avec un hiver "relativement froid" et un été chaud.

Traitements

56 géotypes de tournesol d'origines différentes (tableau 1); Californie (CL), Canada (CN), Espagne (E), Etats Unies (US), France (F), Italie (I), Maroc (M), et Roumanie (R), ont été randomisés dans un bloc aléatoire complet à 3 répétitions. Chaque parcelle élémentaire, distante d'un mètre de sa voisine, est formée de 6 lignes de 4 m de long espacées de 50 cm comme interlignes; soit $4 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} = 10 \text{ m}^2$. A la récolte, tenant compte des effets de bordures, seules les deux lignes centrales par parcelle élémentaire (0,5 m de chaque bout de la ligne non compris) sont prises en considération pour l'estimation des rendements en grains; soit une superficie de $3 \text{ m} \times 1 \text{ m} = 3 \text{ m}^2$.

Conditions culturales

L'essai a été installé le 24/11/1989 sur une parcelle, jachère travaillée à structure fine, ayant subi préalablement un labour profond et deux cover-cropages croisés et ayant reçu, au moment du premier labour, une fumure minérale de fond de 60 unités/ha de P_2O_5 et 80 unités/ha de K_2O . L'azote a été apporté sous forme ammonitrate à une dose totale de 60 unités/ha dont 20 unités au moment du dernier cover-cropage et 40 unités en couverture au stade 3 à 4 feuilles. Les graines ont été semées manuellement en poquets de 5 graines (pour minimiser les dégâts des alouettes constatés au stade levée) espacés de 20 cm à une profondeur de 5 cm avec un écartement de 50 cm entre les lignes. Le

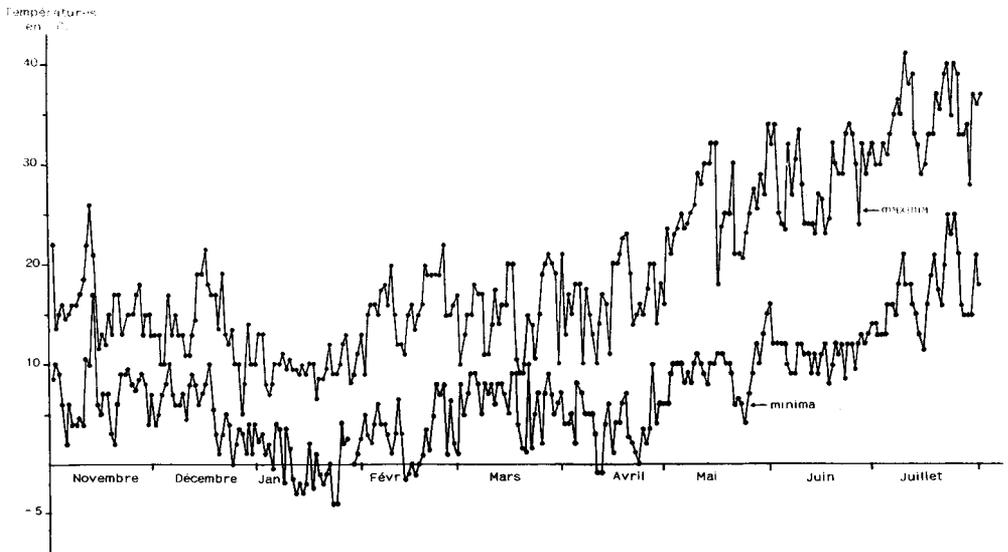


Figure 2: Températures journalières maxima et minima. Douyet 1989-90.

démariage a été effectué au stade 3 à 4 feuilles en laissant un plant, le plus vigoureux, par poquet. Après la levée des contrôles fréquentes d'adventices ont été pratiqués manuellement et la parcelle est restée propre tout au long de l'expérimentation.

Pour éviter les dégâts des oiseaux, tous les capitules des pieds des deux lignes centrales, par parcelle élémentaire, ont été protégés par des sacs en papier sulfurisé ingraissable format 60 cm x 40 cm. Ces sacs ont été installés au stade fin floraison-début maturité et ont été maintenus et entretenus jusqu'à la récolte.

Caractères étudiés

Les caractères étudiés dans cette expérimentation sont: la précocité en nombre de jours du semis à la floraison, la hauteur de la plante à maturité physiologique (capitule jaune, bractées brunes), le diamètre du capitule et son diamètre central avorté ou stérile, le diamètre de la tige au collet et le nombre de feuilles au stade floraison, le rendement en gains et la teneur en huile (en pourcentage de la matière sèche). Nous avons en outre déterminé le nombre de feuilles et la hauteur de la plante à un stade jeune; 2 mois et demi après le semis, et noté sa vigueur (notation de 1 à 5; 1 = très vigoureuse, 5 = très faible) et sa résistance au froid (notation de 1 à 5; 1 = très résistante, 5 = très sensible). Les analyses statistiques ont été exécutées par le logiciel M. Stat. pour les analyses de variances et les classements des moyennes et par le logiciel STATITCF pour l'ACP.

Tableau 1: F; Floraison (j), H; Hauteur (cm), DC; Diamètre du Capitule (cm), DCA; Diamètre Central (du capitule) Avorté (cm), DCL; Diamètre de la tige au Collet (cm), NF; Nombre de Feuilles, TH; Teneur en Huile (% de la matière sèche) et RDT; Rendement en Grains (qx/ha) de 56 génotypes de tournesol en semis d'hiver (novembre). Douyet 1989-90.

Génotypes/Caract.	F	H	DC	DCA	DCL	NF	TH	RDT
1=ROMSUN 52(R)	156.7 bh	125.5 or	13.20 mp	3.33 mu	1.64 st	26.93 dm	42.86 al	19.57 vx
2=FLOROM (R)	138.3 qr	97.5 wy	17.80 bd	4.33 dj	2.01 os	21.37 qu	43.80 ai	27.12 nt
3=STROMBOLI (US)	163.0 ab	159.2 cf	17.40 ce	5.97 a	2.35 ko	28.73 ag	41.59 cm	40.07 be
4=ROMSUN 53(R)	149.0 fp	105.4 tv	15.80 dn	6.33 a	2.09 or	23.00 nr	44.26 ah	17.85 wy
5=ISA (US)	145.3 kq	102.5 uw	15.83 dn	0.60 x	1.83 pt	16.17 v	43.21 ak	24.83 rt
6=ISOLA (US)	151.0 em	126.7 or	13.87 kp	4.47 ch	1.80 pt	24.20 iq	42.49 bl	28.75 ls
7=FESTIV (R)	142.0 nr	108.3 tv	12.23 p	3.33 mu	1.68 rt	23.43 lr	43.71 aj	24.12 su
8=PHARAON (I)	150.0 en	126.5 or	14.80 ep	3.97 fo	2.06 os	25.27 gp	42.12 cl	27.01 nt
9=TRIDENT (I)	152.7 ek	109.2 su	17.90 bd	4.40 di	2.65 il	26.27 dn	43.01 ak	32.39 go
10=OMBRONE (I)	148.7 gp	135.4 mo	14.63 gp	5.13 bc	2.12 nr	24.73 hq	42.48 bl	30.84 hq
11=MARCHE (I)	143.3 lr	86.2 z	13.43 lp	3.23 nu	1.61 t	19.33 su	45.50 ad	15.43 wy
12=GIOVE (I)	147.0 ip	112.4 st	15.50 do	3.70 gr	2.35 ko	27.77 bi	44.64 ah	33.91 fl
13=ISABEL (US)	153.0 dk	122.6 pr	12.87 op	3.50 js	1.76 qt	23.63 kr	43.76 aj	35.64 dj
14=FLORUM (R)	136.7 r	91.6 yz	13.17 np	3.57 is	1.78 qt	18.60 tu	42.91 al	14.32 y
15=INA (US)	143.0 mr	117.6 rs	13.53 kp	3.20 ou	2.03 os	19.60 su	46.41 ab	14.01 y
16=FELIX (R)	141.0 pr	100.2 vx	15.83 dn	3.03 qu	2.07 os	19.83 su	44.31 ah	20.23 uvw
17=ISARDO (US)	152.7 dk	145.9 gl	13.83 kp	2.83 sv	2.07 os	24.70 hq	45.24 aj	35.47 dj
18=IDA (US)	152.3 ek	135.8 mo	16.87 cg	4.90 be	2.61 jl	16.30 dn	43.60 ae	34.45 fl
19=ISMUS (US)	146.0 jq	107.2 tv	15.43 do	2.60 uv	2.07 os	20.33 ru	44.98 af	27.58 mt
20=FLAMME (I)	150.7 em	141.0 km	16.10 dl	2.00 w	3.03 di	29.90 ad	44.89 ag	45.41 a
21=IVA (US)	155.3 bi	157.2 cf	14.40 gp	4.30 dk	2.17 mq	24.57 hq	40.42 hm	33.33 fm
22=ISEA.PM 22(I)	155.7 bi	156.9 cf	13.70 kp	3.47 kt	2.23 lp	25.20 gp	41.39 dm	34.86 ek
23=SOLARIS (I)	157.7 bg	151.6 fi	18.57 bc	2.97 ru	3.23 cf	30.87 ac	40.31 hm	41.81 ac
24=CERFLOR (F)	148.0 hp	113.3 st	17.70 bd	2.27 vw	2.52 jn	19.87 su	41.85 cm	28.93 ks
25=NOVISOL (I)	162.3 ab	161.6 ce	19.63 b	4.07 fn	3.43 bd	31.07 ab	40.84 fm	43.30 ab
26=ASTRO (I)	161.3 ad	164.1 cd	18.53 bc	4.53 cg	3.30 be	29.03 af	43.18 ak	40.56 bd
27=CERNIANKA (I)	140.7 pr	93.8 xy	14.50 gp	3.10 qu	2.07 os	18.47 u	38.01 m	14.61 xy
28=FIORA (I)	155.7 bi	134.6 mo	17.00 cg	3.63 hs	2.83 fj	31.70 a	41.30 dm	34.10 fl
29=KIWI (I)	157.0 bh	138.9 ln	16.53 ci	3.80 gq	2.94 ej	29.60 ae	38.97 km	38.61 cf
30=MUGO (I)	150.7 em	142.0 im	16.07 dl	4.23 el	2.37 ko	28.33 ah	42.03 cl	31.70 gp
31=ST 330(CL)	149.3 fo	128.9 oq	15.90 dm	4.90 be	2.64 il	25.17 gp	38.76 lm	26.66 ot
32=ST 415(CL)	155.7 bi	153.0 eh	15.70 dn	4.20 ei	2.65 jl	27.27 cl	43.37 aj	35.89 di
33=ST 417(CL)	140.0 gp	140.9 jm	13.57 kp	4.47 ch	2.29 ko	23.63 kr	42.35 bl	30.20 ir
34=ST 317(CL)	137.3 r	120.8 qr	14.43 gp	3.93 fp	2.31 ko	23.33 mr	40.79 fm	28.90 ks
35=ST 335(CL)	151.7 el	133.1 mo	16.77 ch	4.00 fo	2.55 jm	21.77 pt	39.58 im	27.49 mt
36=TH.INRA.89 (M)	167.7 a	186.9 a	16.23 ck	1.83 w	3.66 b	29.13 af	46.80 a	36.55 dh
37=TH.JMS.89 (M)	155.0 bj	151.2 fi	13.87 jp	3.93 fp	2.74 gk	25.50 fp	45.77 ac	33.37 fm
38=TH.JMS.F4 (M)	158.3 bf	179.8 a	14.87 eo	3.70 gr	3.05 dh	29.23 af	43.46 aj	28.49 ls
39=FLORASOL (E)	156.0 bi	145.8 gl	16.50 cj	3.40 lt	3.65 ab	26.27 dn	42.37 cl	43.85 ab
40=TORNASOL (E)	152.7 dk	145.9 hl	15.83 dn	4.17 em	2.67 il	20.53 ru	42.53 bl	33.19 fm
41=SOLADOUR (F)	154.7 bj	127.0 or	17.30 cf	2.70 tv	3.09 dg	25.80 fo	41.45 dm	28.35 lt
42=VIZIR (E)	158.7 be	134.2 mo	23.63 a	3.13 pu	3.92 a	29.00 af	41.90 cm	37.08 cg
43=RIOSOL (E)	153.7 ck	155.3 dg	14.73 fp	4.00 fo	3.30 be	27.57 bj	42.14 cl	37.38 cg
44=VIDEO (F)	150.0 en	142.6 im	13.80 kp	3.80 gq	3.07 dg	28.90 af	41.03 em	25.13 qt
45=PHARAON (CN)	151.0 em	131.0 np	13.13 np	4.33 dj	2.63 il	23.93 jq	40.58 gm	27.36 mt
46=RECORD R1 (M)	166.7 a	186.4 a	13.83 kp	3.13 pu	2.89 ej	27.43 bk	41.50 dm	29.67 js
47=ORO-9G1 (M)	126.3 s	126.2 or	14.20 hp	3.57 is	2.33 ko	24.80 hq	43.41 aj	15.92wy
48=INRA-87G1 (M)	121.3 t	110.7 su	15.67 dn	4.10 em	2.57 jm	25.90 eo	43.08 ak	14.92 xy
49=COMPOSITE (M)	141.0 or	135.3 mo	13.30 mp	4.37 dj	2.58 jm	24.90 hq	42.28 cl	26.38 pt
50=225 CAT.88-89	142.7 mr	150.7 fj	13.57 kp	4.70 bf	2.52 jn	30.73 ac	41.82 cm	22.76 tv
51=213 CAT.88-89	162.0 ac	164.5 c	16.63 ch	4.37 dj	3.55 bc	24.77 hq	41.28 dm	32.96 fn
52=201 CAT.88-89	157.0 bh	173.7 b	15.33 do	5.30 b	3.27 ce	29.00 af	41.82 cm	33.17 fm
53=224 CAT.88-89	142.0 nr	150.0 fk	13.97 ip	4.00 fo	3.19 cf	30.90 ac	39.04 km	34.26 fl
54=203 CAT.88-89	154.7 bj	165.5 c	15.67 dn	4.27 dk	3.31 ce	26.43 dn	39.41 jm	35.21 dj
55=215 CAT.88-89	150.7 em	141.9 im	16.20 ck	4.10 em	2.64 hl	22.27 os	40.38 hm	32.43 go
56=228 CAT.88-89	141.0 pr	109.6 su	13.23 mp	5.03 bd	2.08 os	23.67 kr	41.75 cm	17.33 wy
Moyennes:	150.23	135.03	15.44	3.83	2.57	25.30	42.37	29.75
C.V%:	1.91	2.72	5.33	7.14	5.95	4.86	2.99	6.78
Newman et Keuls:	1.66	2.12	0.48	0.16	0.09	0.71	0.73	1.16

RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 1. L'analyse de la variance a révélé des différences significatives pour tous les caractères étudiés. Le classement des moyennes par la méthode de Newman et Keuls a permis de dégager des groupes d'homogénéités variétales au niveau de chaque caractère. Ainsi dans le but de mieux interpréter ces résultats, non pas pour chaque caractère pris isolément mais pour l'ensemble des caractères considérés simultanément, il nous a semblé utile de les traiter par une Analyse en Composantes Principales (ACP). Cette méthode, selon Philippeau (1986), nous permettra en effet de voir la structure des variables mesurées, notamment les liens existants entre elles (corrélations) et de regrouper les variétés en groupes de ressemblances et/ou dissemblances "génotypiques" compte tenu de l'ensemble de ses variables.

L'Analyse en Composantes Principales, réalisée sur des données centrées et réduites (matrice des corrélations) a montré que 68.7% de la variabilité totale est expliquée par les axes 1, 2 et 3 soit respectivement 37.2%, 19.8% et 11.7%.

Les variables les plus liées à l'axe 1 sont; le rendement en grains (RDT), la précocité à la floraison (F), la hauteur à maturité physiologique (H), le diamètre de la tige au collet (DCL), le nombre de feuilles (NF), et la résistance au froid (RF) (tableau 2 et figure 3a). Ces variables très significativement corrélées entre elles (tableau 3) contribuent fortement à la formation de l'axe 1 que nous qualifierons d'axe "productivité". La liaison très significative existante entre ces variables montre que les génotypes présentant une résistance au froid (RF) qui dépend très étroitement ($r=0.849^{***}$) de leur vigueur (VG), les deux caractères mesurés au stade plantule, expriment au mieux les caractères morphologiques préfloraux et postfloraux. L'ensemble de ces paramètres traduisent une bonne vigueur de la plante. En effet le nombre de feuilles est corrélé très significativement à la durée semis-floraison ($r=0.467^{***}$). Ce qui concorde, dans une certaine mesure, avec les travaux de Burlov et Redkov (1983) et de Chervet et Vear (1990) qui ont montré que le nombre de feuilles est lié à la durée levée-bouton floral. Contrairement à ces auteurs mais en accord avec les travaux de Russel (1953), ce caractère n'est pas le seul relié à la durée semis-floraison. La hauteur ($r=0.704^{***}$), le diamètre du capitule ($r=0.359^{***}$), le diamètre de la tige au collet ($r=0.513^{***}$), le rendement en grains ($r=0.697^{***}$) et, dans notre étude, la résistance au froid ($r=0.335^*$) lui sont aussi liés. Autrement dit les variétés tardives montrent une certaine résistance au froid et une certaine vigueur au stade juvénile et ont tendance à développer beaucoup de feuilles à cause de leur taille haute et à produire relativement plus à cause de leur diamètre du capitule et de la tige au collet plus importants. Ce qui confirme la supériorité de ce type de variétés en semis d'hiver sous nos conditions (Boujghagh, 1990 et 1992b).

Le rendement en grains est très significativement corrélé à la floraison ($r=0.697^{***}$), à la hauteur ($r=0.641^{***}$), au diamètre de la tige au collet ($r=0.619^{***}$), au nombre de feuilles ($r=0.599^{***}$), au diamètre du capitule ($r=0.480^{***}$), à la résistance au froid ($r=-0.522^{***}$) et à la vigueur ($r=-0.422^{***}$). Les corrélations négatives observées au niveau des deux derniers caractères, mesurés au stade plantule, sont dues aux notations

1 à 5 (1 = plante très résistante ou très vigoureuse et 5 = plante très sensible ou très faible) qui leur ont été attribuées.

Tableau 2: Corrélations (1^{ère} colonne) et leur carrés (2^{ème} colonne) entre les variables et les trois premiers axes principaux.

Variables	Axe 1		Axe 2		Axe 3	
NF ₀	0.123	0.015	0.868	0.753	0.209	0.044
H ₀	0.337	0.113	0.792	0.627	0.274	0.075
F	0.716	0.512	-0.364	0.133	0.104	0.011
H	0.759	0.576	-0.289	0.083	0.232	0.054
DC	0.599	0.358	-0.038	0.001	-0.328	0.108
DCA	0.130	0.017	0.122	0.015	0.765	0.586
DCL	0.825	0.680	-0.187	0.035	0.019	0.000
NF	0.724	0.524	-0.249	0.062	0.289	0.083
VG	-0.641	0.411	-0.585	0.342	0.241	0.058
RF	-0.720	0.519	-0.422	0.178	0.248	0.062
TH	-0.175	0.031	0.326	0.107	-0.554	0.307
RDT	0.841	0.707	-0.207	0.043	-0.132	0.017

Tableau 3: Matrice des corrélations linéaires entre 12 variables. Douyet 1989-90.

Var.	NF ₀	H ₀	F	H	DC	DCA	DCL	NF	VG	RF	TH	RDT
NF ₀	1.00											
H ₀	0.81	1.00										
F	-0.17	-0.06	1.00									
H	-0.05	0.12	0.70	1.00								
DC	-0.03	0.06	0.36	0.14	1.00							
DCA	0.16	0.18	0.01	0.14	-0.05	1.00						
DCL	-0.03	0.20	0.51	0.68	0.58	-0.01	1.00					
NF	-0.05	0.12	0.47	0.67	0.29	0.23	0.64	1.00				
VG	-0.43	-0.51	-0.26	-0.24	-0.39	-0.07	-0.35	-0.22	1.00			
RF	-0.27	-0.41	-0.34	-0.31	-0.47	-0.06	-0.44	-0.31	0.85	1.00		
TH	0.18	0.02	-0.09	-0.17	-0.14	-0.26	-0.26	-0.18	-0.15	-0.04	1.00	
RDT	-0.08	0.11	0.70	0.64	0.48	-0.01	0.62	0.60	-0.42	-0.52	-0.13	1.00

Coefficient de corrélation (54 ddl): $r_{0.05}=0.264$, $r_{0.01}=0.342$ et $r_{0.001}=0.429$

Ainsi contrairement à plusieurs auteurs qui ont conclu, dans la majorité des cas, que les caractères morphologiques sont plutôt liés au rendement, il semble dans notre cas que ces paramètres sont liés aussi bien au rendement qu'à la précocité. En effet, Chervet et Vear (1990), Podtar et al.,(1977), Kesteloot et al.,(1978), Sidhu et Bains (1980) et Merrien et al.,(1982) ont souligné des corrélations significatives entre le rendement et "la graine", notamment le nombre de grains par capitule et le poids de mille grains. Putt

(1943) a obtenu un lien très étroit entre le rendement et la hauteur, les diamètres de la tige au collet et du capitule. Pathak (1974) et Merrien et al., (1982) confirment ce lien avec ces deux derniers paramètres. Burns (1970), Ayyasami et al., (1977) et Vannozi et al., (1986) ont observé cette corrélation avec le diamètre du capitule et enfin Moradi et Vojdani (1974) et Podtar et al., (1977) avec la surface foliaire. Tous ces caractères sont des paramètres de vigueur.

Les variables les plus liées à l'axe 2, et qui contribuent à sa formation, sont surtout le nombre de feuilles (NF_0) et la hauteur de la plante (H_0) mesurées au stade juvénile (tableau 2 et figure 3a). Ces deux variables, très fortement corrélées entre elles; $r=0.805^{***}$ (tableau 3) et pratiquement indépendantes des précédentes, caractérisent à notre sens le "degré de végétation instantané" des génotypes au stade plantule. Par contre la variable VG; vigueur de la plantule, bien représentée sur le plan principal, contribue presque autant à l'axe 1 qu'à l'axe 2 (tableau 2 et figure 3a). Ainsi la productivité des génotypes dépend de la vigueur des jeunes plantules mais cette relation est influencée par leur degré de végétation sans pour autant influencer celle-ci (la productivité). Il est donc impossible de prévoir la productivité d'un génotype à partir d'une mesure instantanée de la végétation au stade plantule. Il semble que c'est leur résultante finale qui en serait le principal indicateur comme le montre les corrélations très significatives entre le rendement et les paramètres de vigueur discutés ci-dessus.

Sur l'axe 3, la variable DCA; diamètre du capitule avorté ou stérile, apparaît essentiellement et contribue à sa formation (tableau 2 et figure 3b). Ce paramètre caractérise ainsi un axe que l'on peut baptiser "degré de fertilité". Le fait que cet axe est pratiquement non corrélé aux autres par construction nous amène à penser que cette variable DCA, pratiquement indépendante des autres (tableau 3), est une caractéristique génotypique. En effet Marc et Palmer (1978) ont précisé que la période d'initiation des ébauches des fleurons commence dès le 16^{ème} jour après le semis et détermine déjà le nombre total d'akènes. Steeves et al., (1969) décrivant le comportement particulier de la zone centrale sur plantules âgés de 21 jours ont conclu que lors de la transformation du méristème végétatif en méristème reproducteur cette zone disparaît de façon centripète. Mais ce processus pourrait néanmoins ne pas se faire sentir au niveau le plus central expliquant, en partie, la présence de cette zone stérile au centre du capitule. Ils précisent en outre que la totalité des fleurs d'un capitule ne donne pas des akènes. Un taux de stérilité très variable se manifeste d'une manière particulièrement visible dans la partie centrale du capitule et certains cultivars présentent de façon presque constante une "tache stérile". Mais si le défaut de pollinisation est une des causes de stérilité des fleurs centrales, il ne la justifie pas totalement. En effet d'après Patil et al., (1976), l'alimentation des akènes centraux est plus difficile que celle des akènes périphériques et il est possible que ces derniers, plus précoces, détournent l'essentiel du flux nutritionnel.

Quant à la teneur en huile, n'entrant en jeu dans la formation d'aucun axe, est pratiquement indépendante des autres caractères (tableau 3). Ceci s'explique par le fait que la synthèse des acides gras est un mécanisme physiologique qui n'intervient que très tardivement au cours du cycle de développement de la plante. En effet la formation d'huile dans la graine commence dix jours après la floraison et dure sept semaines environ

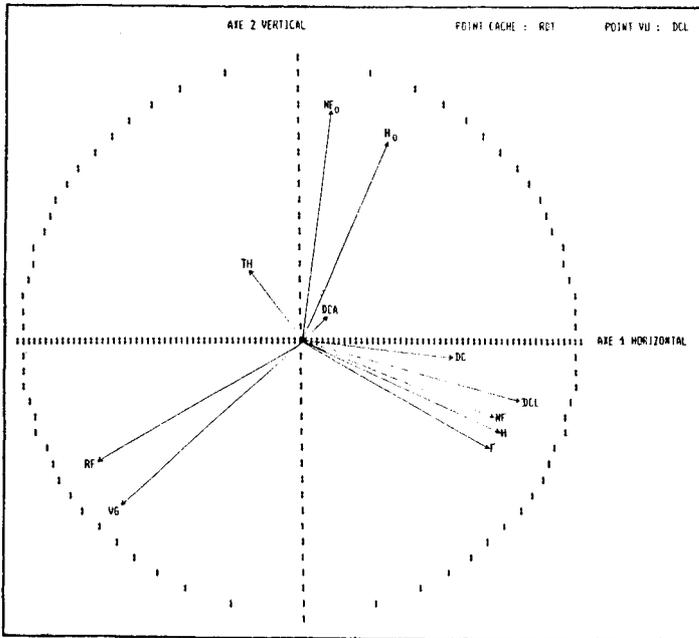


Fig 3 a :
Plan 1-2 .

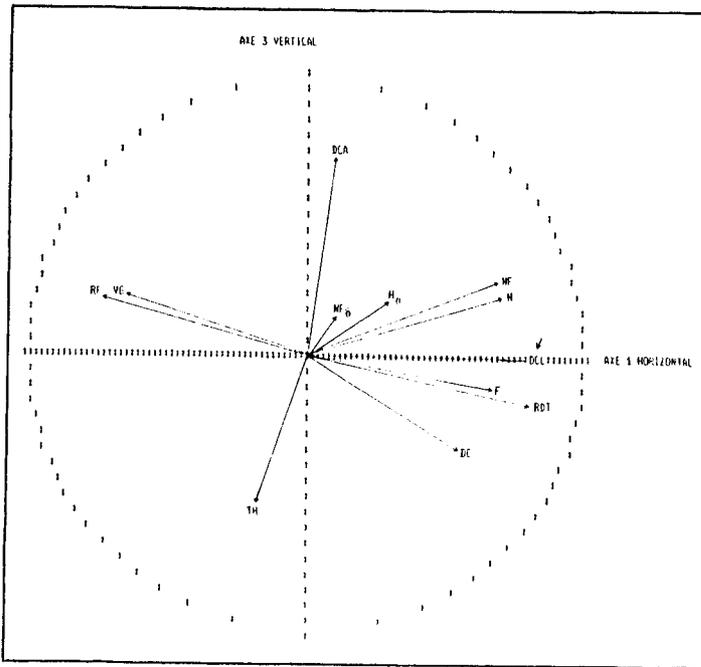


Fig 3 -b :
Plan 1-3

Figure 3: Cercles des corrélations entre 12 variables. Douyet 1989-90.

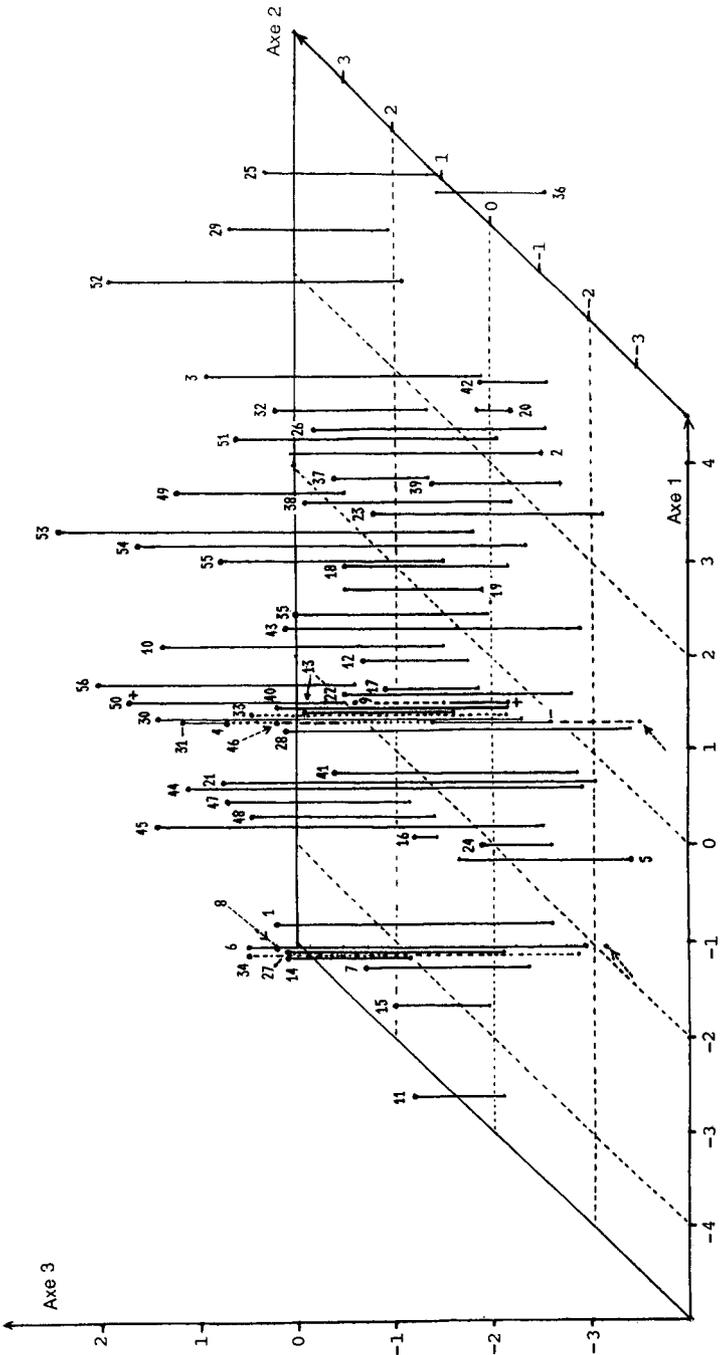


Figure 4: Distribution de 56 génotypes de tournesol dans un espace à 3 dimensions délimité par les 3 premières axes principaux: 1, 2, et 3, de l'ACP. Douyet 1989-90.

(Hopkins et Chisholm cités par Roberson, 1978). D'après Blanchet et Merrien (1982), la teneur en huile, qui va de pair avec l'obtention de hauts rendements en grains, est liée à l'intensité de l'assimilation après la floraison. Dans le cas d'un déficit hydrique, selon Robelin (1967), ce caractère est beaucoup moins touché que le poids du grains mais il relève cependant un effet dépressif dans les vingt jours séparant de part et d'autre la fin de la fécondation. Ce laps de temps correspond à la phase active de la lipidosynthèse et d'accumulation accélérée de l'huile. Le manque de liaison entre la teneur en huile et les autres caractères est aussi mis en évidence par Chervet et Vear (1990). Dans d'autres études (Putt, 1943; Škorić, 1974; et Moradi et Vojdani, 1974) les résultats obtenus sont discordants.

La représentation graphique des génotypes selon l'espace à trois dimensions délimité par les trois premiers axes principaux; 1, 2 et 3 est donnée dans la figure 4. Une fois répertoriées les variétés très mal représentées (dont la somme du cosinus carré de l'angle formé avec chacun des axes est inférieure à 0.40); 4, 9, 12, 13, 17, 18, 22, 30, 31, 33, 35, 40, 41 et 55, nous pourrions ainsi regrouper le reste des variétés en groupes de ressemblances génotypiques. Si nous nous limitons au cas qui nous intéresse on se contentera de dégager seulement deux groupes extrêmes. Compte tenu des variables liées à l'axe 1, les variétés adaptées aux semis précoces, et qu'on pourrait qualifier de "génotypes d'hiver", sont situées à sa droite (figure 4). Ce groupe est constitué des variétés: 3, 20, 23, 25, 26, 29, 36, 39, 42, 51 et 52. Sur sa gauche sont situées les variétés à éviter en semis d'hiver soit: 1, 5, 6, 7, 8, 11, 14, 15, 16, 27, 34, 47 et 48. Le dernier groupe, constitué en majorité de variétés précoces, peut servir de témoins dans des études ultérieures. Quant au premier groupe, il est constitué essentiellement de variétés tardives ayant un rendement en grains compris entre 37 et 45 qx/ha.

CONCLUSION

Cette étude porte sur des corrélations phénotypiques qui ne sont pas toujours de bons prédicteurs des corrélations génétiques. Néanmoins, elles permettent de distinguer les tendances et de déterminer les caractères importants pour un programme de sélection du tournesol en semis d'hiver.

Il apparaît dans les conditions de notre étude que la productivité des génotypes en semis d'hiver dépend essentiellement de la durée semis-floraison et ne peut guère être prédit ou expliquée de façon satisfaisante par des caractères juvéniles souvent limités aux mesures instantanées de la végétation ou stade plantule. Il semble que c'est la résultante finale de ces mesures qui en serait le principal indicateur comme le montre les corrélations très significatives entre le rendement et les paramètres de vigueur; la hauteur ($r=0.641^{***}$) et le diamètre du capitule ($r=0.480^{***}$) à maturité physiologique, le diamètre de la tige au collet ($r=0.619^{***}$) et le nombre de feuille ($r=0.599^{***}$) au stade floraison. L'ensemble de ces paramètres sont aussi liés à la précocité. En outre la productivité des génotypes dépend étroitement de la vigueur des jeunes plantules ($r=0.422^{***}$) qui est très fortement liée à leur résistance au froid ($r=0.849^{***}$).

Dans ce cas le choix portera sur les génotypes présentant l'ensemble de ces paramètres. Ceci concorde avec les résultats de Pathak (1974) qui estime que la sélection pour le rendement du tournesol peut-être basée sur les composantes qui lui sont corrélées positivement. Hayman (1964) cité par Pathak (1974) considère, au contraire, que la sélection pour le rendement en grains à travers ses composantes n'est pas aussi efficace que sur le rendement lui-même.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ayyasami M.K., Krishnaraju J. et Sivasankaran D., 1977. Biometric studies in sunflower. Madras Agric. J., (64), 7: 430-432.
- Boujghagh M., 1988. Etude comparative de génotypes de tournesol en semis d'hiver et de printemps dans la région de Settat. Résultats préliminaires. INRA. Rap. Activ. Prog. Oléag. 1987-88.
- Boujghagh M. et Doukkali A., 1989. Etude sur les réactions d'adaptation du tournesol au froid. Sélection de lignées résistantes. (Mémoire de fin d'Etude E.N.A juillet 1989). 68 pp.
- Boujghagh M., 1990. Effets des semis d'hiver sur deux génotypes de tournesol dans la région du Sais-Fès. HELIA (13) 13: 107-119.
- Boujghagh M., 1991. Etude sur les réactions d'adaptation du tournesol au froid. Test de variétés populations et hybrides en semis d'hiver. INRA. Rap. Acti. Prog. Oléag. 1989/90: 1-19.
- Boujghagh M., 1992a. Enfin! le tournesol d'hiver au Maroc. Le Mond. Agr. Pêch. Mar. 65: 6.
- Boujghagh M., 1992b. Comportement de deux génotypes de tournesol en semis d'hiver et de printemps dans la région du Sais-Fès. Al Awamia (sous presse).
- Blanchet R. et Merrien A., 1982. Influence of water supply on assimilation, yield components and oil protein production of sunflower. Proc. E.E.C. Workshop on sunflower 23/24 nov. 1982. Athens (Greece), 10p.
- Burlov V.V. et Redkov V.V., 1983. Correlation analysis of some economic characters determining growth period duration and yield in sunflower. Plant Breed Abst., (53) 8: 619-620.
- Burns R.E., 1970. Head size of sunflower as an indicator of plot yield. Agr. J. 62: 112-113.
- Chevret B. et Vear F., 1990. Etude des relations entre la précocité du tournesol et son rendement, sa teneur en huile, son développement et sa morphologie. Agron. 10: 51-56.
- Chraïbi L. et El Mourid M., (non daté). Les progrès techniques en agronomie. Cas d'une zone favorable. INRA. Dépt. Agron. DIF. Serie 1. 77 pp.
- Gimenez C., Ortiz J., Berengena J. et Herrera J., 1972. Evapotranspiration in sunflower (*Helianthus annuus*) crop in semi-arid zone. C.R.V. Conf. Int. Tournesol, Clermont Ferrand, France. 31-35.
- Kesteloot J.A., Leclercq P. et Serieys H., 1978. Recherche contribuant à la détermination des éléments permettant la différenciation entre hybrides à haut et bas rendement dans le tournesol (*Helianthus annuus* L.). 8th Intern. Sunf. Conf. Minneapolis, USA, 343-347.
- Merrien A., Blanchet R., Gelfi N., Rellier J.P. et Rollier M., 1982. Voies d'élaboration du rendement chez le tournesol sous différents stress hydriques. 10^{ème} Conf. Intern. Tournesol, Surfers, Paradise, 11-14.
- Marc J. et Palmer J.H., 1978. A sequence of stages in flower development in the sunflower. Proc. 8th Intern. Sunflower Conf. Minneapolis. USA.
- Moradi A. et Vojdani P., 1974. Study of the relationship between leaf surface, grain yield and oil content in different varieties of sunflower. 6th Intern. Sunflower Conf., Buharest, 189-196.
- Muriel J.L. et Downes R.W., 1974. Effects of periods of moisture stress during various phases of growth of sunflower in the green-house. Proc. 6th. Intern. Sunf. Conf. Bucharest (Roumanie), 127-132.
- Pathak R.S., 1974. Yield components in sunflower. 6th. Inter. Sunflower Conf. Bucharest, 271-281.
- Patil V.A., Bangale D.B., Goswami B.B., 1976. A note on interfloret competition in sunflower. Indian J. of Pl. Physiol., 19: 28-31.
- Philippeau G., 1986. Comment interpréter les résultats d'une analyse en composantes principales? Sev. Etudes Stat. ITCF. 63 pp.
- Podtar M.V., Pawar K.R. et Sreenivas L., 1977. Simple correlation and regression studies between grains yield and yield attributing characters in sunflower. Ind. J. Agron., 22: 115-116.

- Putt E.D., 1943. Association of seed yield and oil content with other characters in sunflower. *Sci. Agric.* 37: 377-383.
- Robelin M., 1965. Etude des périodes critiques du tournesol vis à vis de la sécheresse. *Informations Techniques. CETIOM*, 73: 13-15.
- Robelin M., 1967. Action et arrière-action de la sécheresse sur la croissance et la production du tournesol. *Ann. Agron.*, 18: 579-599.
- Roberson J.A., 1978. Relation of days after flowering to chemical composition and physiological maturity of sunflower seed. *The sunflower News-Letter. I.S.A.* 264: 14-17.
- Russel W.A., 1953. A study of inter-relationships of seed yield, oil content, and other agronomic characters with sunflower inbred lines and their top crosses. *Can. J. Agric. Sci.* 33: 291-314.
- Sidhu B.S. et Bains D.S., 1980. Correlation between seed yield, yield attributing and quality characteristics of sunflower. *Ind. J. Agon.*, (25), 1: 156-157.
- Škorić D., 1974. Correlation among the most important characters of sunflower in R₁ generation. 6th Intern. Sunf. Conf., Bucharest, 283-289.
- Steeves T.A., Hicks A., Naylor J.M. et Rennie P., 1969. Analytical studies on the shoot apex of *Helianthus annuus*. *Can. J. Bot.* 47: 1367-1375.
- Vannozzi G.P., Belloni P. et Martorana F., 1986. Correlazione tra fattori produttivi nel girasole (*Helianthus annuus* L.) *Sementi Eletta*, 32: 25-31.