

UNE ETUDE DES TOURNESOLS NAINS : LIMITES DE LEUR PRODUCTIVITE

G. Piquemal^(*), Catherine Rebelle, P. Trémoussaygue, D. Varès
 Union - C.S.T., Ferme de LOUDES, C.A.L. 11400 CASTELNAUDARY (France)

Résumé

Les formes naines de tournesol (*Helianthus annuus* L.) n'exprimeraient peut-être leur pleine potentialité qu'en certaines conditions de culture. Pour s'en assurer, 2 hybrides simples ont été comparés en 2 lieux et à 8 densités de peuplement comprises entre 5,5 et 16 plantes/m². L'un des hybrides court, C, plus précoce que l'autre de taille "normale", T, était, naturellement aussi, le moins productif. Le nombre moyen de feuilles à la floraison (19 pour C et 28 pour T) ne change pas avec le peuplement. Les indices foliaires, (L.A.I.), se sont maintenus au dessus des valeurs 3,5 et 5, pour C et T, respectivement. Ils s'abaissent à 2,1 et 3,1 avec 16 plantes/m². Les rendements sont les plus élevés pour 7 à 8 plantes/m², puis diminuent progressivement au delà de ces densités. L'hybride C, ne requiert pas un peuplement plus élevé que pour l'hybride T. Celui-ci, aux densités les plus fortes, n'a pas montré une plus grande tendance à la verse ou à la cassure des tiges. Les tailles des plantes, C ou T, sont très peu modifiées par le peuplement. Une connaissance plus approfondie et plus générale des tournesols nains a été obtenue par l'observation de nombreux génotypes tirés de populations homologues dérivant de géniteurs communs. 5 paires de telles populations ont été réalisées en croisant, dès 1977, des lignées naines avec des lignées "normales". Après 4 à 5 cycles de sélection massale, les populations ont fait l'objet en 1982 d'un essai factoriel mettant en jeu : populations naines, (n), ou normales, (N), 2 peuplements (5,9 ou 11,8 plantes/m²), avec ou sans irrigation. Les échantillons prélevés dans chaque parcelle d'essai ont fourni des données classées en 4 ensembles (N, 2N, n, 2n) selon le type de plante et le peuplement. Pour chacun des 4 ensembles on a calculé les corrélations partielles entre le rendement, la surface du capitule, la fertilité de celui-ci et le L.A.I. L'analyse par la méthode des coefficients directeurs a montré que le L.A.I. a un effet direct sur le rendement. La vitesse du développement (durée semis à floraison) a des effets à la fois directs et indirects. La surface du capitule, fortement associée au rendement ne varie pas en fonction du nombre des feuilles. Par contre, elle bénéficie d'effets directs de la surface moyenne d'une feuille et de la vitesse de développement. Les tournesols nains répondent comme les variétés "normales" aux variations de peuplement. Leurs lignes de régression des rendements sur les valeurs du L.A.I. sont parallèles, mais, à L.A.I. égaux, les tournesols nains ont toujours le rendement le plus faible. La moindre efficacité de leurs feuilles peut s'expliquer par l'auto-ombrage des limbes.

(*) Chargé de Recherches, département de l'amélioration des Plantes, de l'INRA, lors de la réalisation de ces travaux 1977 - 1983.

Introduction

Une variété naine se définit par sa taille relativement au nombre des feuilles ou à la durée du cycle végétatif. F.V.Rodin (1978) nous a rapporté comment L.A.Zhdanov avait croisé, dès 1957, en vue de les améliorer des formes naines introduites de la R.D.A. Depuis plus de 15 ans des variétés naines ont été créées en Union Soviétique : Donskoï, Cernianka 66 et le cultivar polonais Wielkopolsky, qui en dérive. Partant de ce fonds génétique nous avons obtenu de nombreuses lignées naines. Une autre source nous a été fournie par l'I.C.C.P.T. (Fundulea, Roumanie). Enfin, plusieurs de nos lignées dérivent de 2 plantes naines apparues, voici 20 ans, dans une population VNIIMK 6540 après seulement 2 cycles de sélection massale pour réduire la taille. Nous pensons que toutes nos lignées naines possèdent en commun un certain nombre de gènes assez fréquents dans les populations sélectionnées à Krasnodar. Ces gènes à dominance partielle additionnent leurs effets. Les lignées qui les possèdent donnent avec des lignées "normales" des hybrides de taille inférieure à celle d'hybrides obtenus à partir de 2 lignées "normales". Les tournesols nains qui font l'objet de notre communication sont les résultats du croisement de 2 parents nains. Il faut les distinguer d'autres types de tournesols nains génétiquement différents, tels que le mutant "compact" décrit par P.Leclercq (1978), récessif et monofactoriel, ou tels que certaines lignées que l'on dit naines dominantes. Actuellement bien des sélectionneurs possèdent des lignées naines et les ont combinées en hybrides nains. Du point de vue commercial, ces plantes présentent un caractère de nouveauté auquel on peut associer des arguments de valeurs discutables : résistance à la verse, facilité de traitement ou de récolte... Des théoriciens avanceront que la réduction de la tige, s'accompagne d'une meilleure efficacité, par une plus rapide migration des réserves vers la graine et un indice de récolte accru. Nous pensons, quant à nous, qu'un type nouveau de plante ne peut être apprécié qu'en fonction de techniques culturales appropriées. Les formes naines permettraient peut-être de réaliser des cultures à haut peuplement avec pour avantages une meilleure couverture du sol, une diminution de la taille des capitules et une dessiccation plus rapide. A ces questions pourront répondre les résultats de 2 séries d'essais, l'une mettant en comparaison 2 hybrides simples, l'autre confrontant des populations.

Matériels et Méthodes.

Comparaison de 2 hybrides en 1983 au domaine de Melgueil (I.N.R.A. Montpellier) et sur la ferme de Loudes (Union C.S.T. Castelnaudary). L'hybride simple Mirasol (T), de taille "normale", et un hybride expérimental court, (C), provenant du croisement de 2 lignées naines ont été cultivés selon les 8 dispositifs ci-après

1 : 60 X 30 cm	5,5 pl. m ⁻²	5 : 40 X 25 cm	10 pl. m ⁻²
2 : 60 X 25 cm	6,7 pl. m ⁻²	6 : 30 X 30 cm	11,1 pl. m ⁻²
3 : 40 X 40 cm	6,3 pl. m ⁻²	7 : 30 / 25 cm	13,3 pl. m ⁻²
4 : 40 X 30 cm	8,3 pl. m ⁻²	8 : 25 X 25 cm	16,0 pl. m ⁻²

Chaque essai comportait 4 blocs de 8 parcelles principales (peuplements) divisées en 2 (hybrides). Les parcelles principales mesuraient 5m de longueur. Leurs largeurs variaient entre 4,20m et 4,50m, selon les interlignes. L'intervalle entre les bordures de 2 parcelles voisines était de 50cm. Les peuplements prévus ont été réalisés manuellement (démariage précoce des poquets). Les techniques culturales habituelles ont été suivies : fumure minérale (60 - 120 - 120), desherbage au "treflan" puis "linuron", semis dans la première semaine d'avril ;

irrigations à Montpellier, seulement (40mm, 60mm et enfin 60mm au début de la floraison). Dans les 2 lieux, on a observé les dates de floraison et de maturité physiologique, les tailles, les rendements en grain et les poids de 1000 grains. De plus, à Montpellier, nous avons choisi, en début de floraison, 4 plantes représentatives, complètement environnées. Nous avons compté le nombre de leurs feuilles actives et estimé les surfaces de leurs plus grandes feuilles d'après leur longueur et leur largeur. Ces données nous ont permis de calculer la surface foliaire totale de chaque plante (G. Piquemal, 1982). Nous avons estimé, également, le nombre des fleurs et des akènes formés sur chaque capitule.

Comparaison de populations. En 1977, des lignées naines de bonne valeur agronomique ont été croisées avec des lignées "normales" de la même classe de précocité. Puis les hybrides ont été intercroisés pour fournir en 1978 des descendances formant 5 ensembles, d'après la précocité et la nature de leur cytoplasme (populations "restorer" ou mainteneuses de stérilité mâle). Chacun de ces 5 ensembles a été cultivé en 2 lieux, pour être soumis à une sélection massale divergente pour la taille. Ainsi ont été développées des populations "normales", A, B, D, E, K, et des populations homologues naines, a, b, d, e, k (par ordre de tardiveté croissante). Cette sélection a été conduite avec plus ou moins de bonheur, en France et aux Antilles ; 4 cycles qui n'ont pas produit des populations de tailles tout à fait uniformes. Une première comparaison des 10 populations a eu lieu au domaine de Melgueil (Montpellier) en 1982. Les populations homologues étaient couplées en une parcelle principale. Les parcelles "population" étaient à leur tour divisées en 2 parcelles élémentaires selon que leur peuplement était de $5,9 \text{ pl. m}^{-2}$, (60 X 28cm) ou de $11,8 \text{ pl. m}^{-2}$ (30 X 28cm). 4 blocs ont été semés le 9 avril et normalement irrigués du semis à la floraison (traitement I) ; 4 blocs semés le 22 avril n'ont reçu aucune irrigation (traitement S). La très grande variabilité intrabloc et intraparcellaire (levées irrégulières, hétérogénéité du sol et des populations) nous a fait renoncer à une analyse de variance. Nous avons été amenés à désigner très tôt, 5 individus représentatifs dans chaque parcelle, à partir desquels ont été calculés les valeurs moyennes de nombreux caractères : rendements par pied, rendements à l'ha, durée semis à floraison etc... (voir tableau 4). Une analyse des relations entre ces caractères par la méthode des coefficients directeurs, (path - coefficient) a été réalisée séparément pour les 4 ensembles suivants :

N et 2 N, populations "normales" à $5,9 \text{ pl. m}^{-2}$ et $11,8 \text{ pl. m}^{-2}$, respectivement.
n et 2n, populations naines à $5,9 \text{ pl. m}^{-2}$ et $11,8 \text{ pl. m}^{-2}$ respectivement.

En 1983, après un cycle supplémentaire de sélection, 4 des couples de populations ont été comparés de nouveau : 2 blocs semés le 24 mars et 2 blocs semés le 6 avril, en culture irriguée. Nous n'avons observé que les tailles et les rendements à l'hectare.

Résultats

Comparaison des 2 hybrides, T et C. La variation des rendements en fonction des peuplements, (fig. 1), est bien moins discontinue à Castelnaudary où l'analyse de la variance a fait ressortir des effets très significatifs, ($p < 0,01$) des peuplements et de l'interaction "peuplement X variété". A Montpellier, seul le peuplement a un effet significatif, ($p = 0,05$). L'écart de productivité entre les 2 hybrides est le plus marqué en l'absence d'irrigation. Les 2 hybrides atteignent leurs productivités maximales pour des peuplements compris entre 70 000 et 80 000 pl/ha. La variation des rendements s'explique par la variation des caractères qui le composent. Des comptages sur des échantillons de capitules, à Montpellier, ont montré, (avec de grandes fluctuations), que l'augmentation du

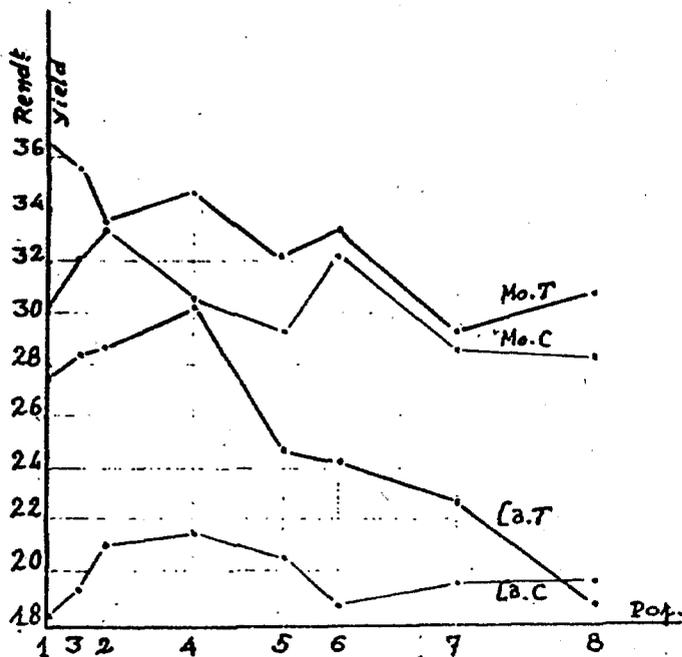


Fig.1 rendement et peuplement à Montpellier (MO) et à Castelnaudary (CA)

peuplement s'accompagne d'une diminution du nombre de fleurs et de leur fertilité (fig. 2). Dans les 2 lieux, les poids de 1000 grains sont assez voisins. Ils diminuent régulièrement quand le peuplement augmente. A 55 555 pl/ha les 1000 grains pèsent 41 g et 56 g. pour les hybrides T et C respectivement. A 160 000 pl/ha, les 1000 grains pèsent 29 g et 36 g., soit 29 % et 36 % de réduction pour T et C respectivement. A Montpellier l'hybride C a une moyenne de taille plus élevée qu'à Castelnaudary (95 cm, contre 88 cm). L'hybride T à l'inverse, mesure en moyenne 146 cm à Montpellier et 160 cm à Castelnaudary. Les coefficients de variation des tailles moyennes pour les 8 peuplements sont de 2 % et 3,1 % pour C et T respectivement, à Montpellier, contre 6,7 % et 3,2 % à Castelnaudary. Des augmentations de taille sensibles (10 cm) n'ont été observées qu'à Castelnaudary et pour le peuplement 8 (160 000

pl/ha), dans tous les autres cas, la variation est très aléatoire avec une amplitude de 3 cm. A Montpellier les maturations et dessiccations se sont succédées très rapidement. Elles n'ont été observées qu'à Castelnaudary où l'on a noté que l'hybride C parvenait à la maturité physiologique 1 semaine avant l'hybride T. Les différences de peuplement n'ont pas entraîné de différences significatives dans les vitesses de maturation (écart maximum : 3 jours). Les dates jugées les plus convenables pour une récolte mécanique ont été le 25 Août pour C (1 semaine après la maturité physiologique) et le 28 Août pour T (4 jours après la maturité physiologique). 10 jours d'écart à la floraison entre C et T, se traduisent finalement par 3 jours d'écarts pour la récolte. Au début de la floraison à Montpellier, une étude biométrique sur des échantillons parcelles nous a fourni le nombre moyen de feuilles actives et la surface moyenne des 2 plus grandes feuilles de chaque plante.

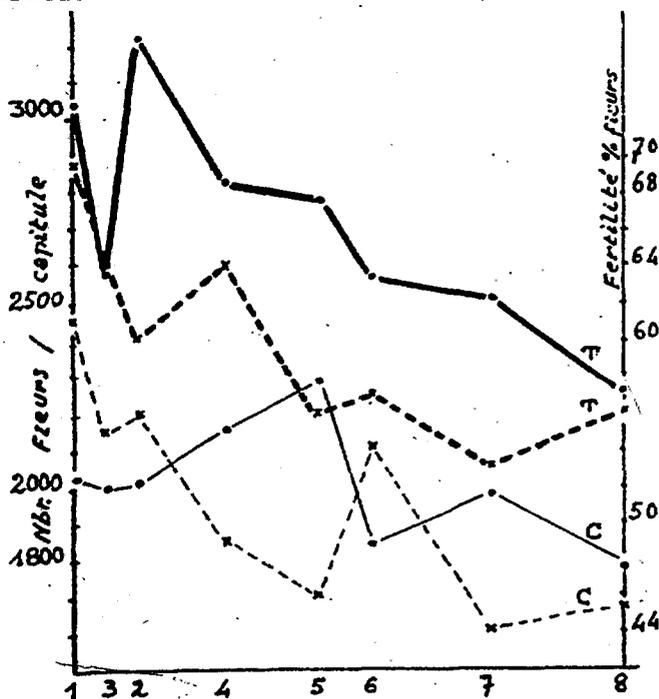


Fig.2. Nombre de fleurs/Capitule (-,-) et fertilité (---,---) à Montpellier

On en a déduit la surface foliaire totale (méthode publiée en 1982) et l'indice foliaire (L.A.I.). Le nombre moyen de feuilles est une constante génétique pour une même date de semis, en un même lieu ; il s'élève à 19 pour l'hybride C et 28 pour T ; aucune variation due aux peuplements.

Tableau 1. Surface moyenne des plus grandes feuilles (1) ; surface foliaire d'une plante (2), indice foliaire, L.A.I. (3) (Montpellier).

Traitements	C (1) T		C (2) T		C (3) T	
pl. m ⁻²	cm ²		cm ²		cm ²	
1 : 5,5	385	449	5599	8251	3,1	4,6
2 : 6,7	364	380	5006	7377	3,3	4,9
3 : 6,3	379	342	4850	7147	3,0	4,5
4 : 8,3	319	319	4304	6343	3,6	5,3
5 : 10,0	272	256	3571	5263	3,6	5,3
6 : 11,1	209	266	3213	4735	3,6	5,3
7 : 13,3	195	219	2810	4141	3,8	5,5
8 : 16,0	167	166	1321	1947	2,1	3,1

On voit que la différence de surface foliaire entre les 2 hybrides est due au nombre de leurs feuilles plutôt qu'à la surface moyenne de 2 feuilles comparables. L'indice foliaire de T est toujours plus élevé que celui de C. Ces indices ne varient pas pour des peuplements compris entre 5,5 pl. m⁻² et 13 pl. m⁻². Ils diminuent nettement pour 16 pl. m⁻². Les couples de données ne sont pas suffisants pour établir une relation entre les indices foliaires (d'ailleurs très constants) et les rendements enregistrés.

Comparaison des populations : Le tableau 2 nous résume le comportement des 10 populations cultivées à 2 densités (5,9 et 11,8 pl. m⁻²) et pour 2 milieux (I, culture irriguée semée le 9 avril ; S, semis retardé au 22 avril et absence d'irrigation. Les données parcellaires (valeurs moyennes d'échantillons)

étaient très variables et n'ont pas été soumises à l'analyse. Les valeurs moyennes au tableau 2 montrent, assez nettement cependant, que la culture retardée S, et malgré la sécheresse, a produit des plantes généralement plus hautes (3), avec 1 feuille active de plus à la floraison. Le développement de ces plantes est aussi plus rapide (5). Nous voyons que les populations naines semblent nettement moins productives que leurs homologues normales (quoiqu'un biais ait pu se produire à l'échantillonnage). Les rendements relatifs (2) sont généralement à l'avantage des 11,8 pl. m⁻², mais certaines populations seraient peut-être plus adaptées à la culture dense : A, a, d, e, K, k. Une vue plus globale des effets du peuplement et du type de plante nous est donnée au tableau 3. On voit que dans les 2 milieux, la réponse à l'augmentation du peuplement est la même pour les deux types de plante. Les 4 ensembles N, 2N, n, 2n, renferment chacun 40 don-

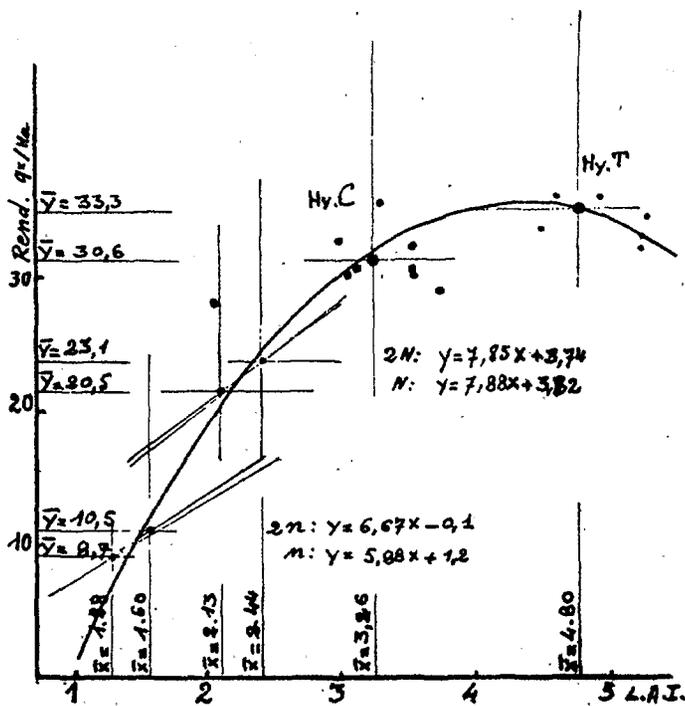
Tableau 2. Rendements en grains secs, qx/ha (1), rendements relatifs (2), taille en cm (3), nombre de feuilles actives à la floraison (4), durée semis à floraison, en jours (5).

Traitements	I (1)	S	I (2)	S	I (3)	S	I (4)	S	I (5)	S
A	19,3	13,2	100	100	93	101	14	15	68	59
2 A	26,8	21,2	139	160	99	107	13	14	68	60
a	10,1	6,1	100	100	55	59	11	12	66	58
2 a	14,3	8,4	141	139	57	62	12	13	65	59
B	18,9	14,2	100	100	97	107	15	16	69	61
2 B	22,6	13,9	120	97	101	109	13	14	68	60
b	9,5	6,7	100	100	62	68	13	14	66	59
2 b	9,6	6,4	101	95	66	70	11	13	67	58
D	26,7	16,5	100	100	92	101	13	15	73	66
2 D	27,9	13,7	105	83	93	100	13	14	73	65
d	7,2	5,4	100	100	58	59	12	14	71	65
2 d	10,8	7,6	150	141	60	60	11	13	71	75
E	35,9	15,0	100	100	132	133	18	19	79	68
2 E	35,4	17,2	99	114	137	130	18	19	79	69
e	14,5	5,6	100	100	82	82	17	19	80	68
2 e	16,6	7,9	114	142	80	83	14	17	78	68
K	28,1	17,9	100	100	134	134	21	21	78	67
2 K	33,3	19,1	119	106	129	129	18	18	79	65
k	14,9	6,8	100	100	63	63	16	16	71	63
2 k	18,7	7,9	126	116	63	61	15	16	70	64

Tableau 3. Rendements relatifs.

Ensembles	I	S
N	100	100
2N	113	111
n	44	50
2n	48	56

nées qui ont fourni les valeurs moyennes de nombreux caractères rapportés au tableau 4. Les variations dans chacun des 4 ensembles sont dues principalement au milieu et, à un moindre degré, aux 5 populations (effet génotypique partiel, car chaque donnée est la moyenne d'un échantillon de 5 plantes). Notre attention se portera sur quelques caractères explicatifs du rendement et nous indiquons au tableau 5 quelques corrélations partielles avec la surface du capitule (5), l'indice de fertilité (6) et l'indice foliaire (10).



les conditions de végétation étant très favorables; on voit que les rendements sont de haut niveau et que les populations naines confirment leur moindre productivité aux deux densités de culture.

La culture équilibrée à forte densité a fourni un rendement supérieur, en moyenne de 2,8% à celui du peuplement le plus faible. Pour les 2 types de population le peuplement de 11,1 pl.m² donne des plantes plus hautes (10 cm de plus, au maximum).

Fig.3 Regressions des rendements sur les L.A.I. des populations N et n.

Tableau 8. Rendements (qx/Ha) de 4 couples de populations cultivées à 2 densités, (5,6 et. 11,1 pl. m²)

Populations	n	N	(n+N)100	2n	2N	(2nx2N)100
a - A	29,7	39,8	74,6	38,3	56,2	68,1
b - B	31,5	41,9	75,2	38,9	48,0	81,0
d - D	30,8	41,8	73,7	39,7	44,9	88,4
k - K	28,4	39,2	72,4	42,1	54,7	77,0

DISCUSSION

Peuplement, taille et rendement - Nous pensons que le principal intérêt des formes naines était de permettre des cultures plus denses entraînant une dessiccation plus rapide avant la récolte. Dans nos comparaisons, en milieux souvent très hétérogènes, nous avons dû choisir des individus représentatifs dans chaque parcelle afin d'en faire l'étude biométrique. Comme tous les autres caractères, la productivité a été estimée d'après ces échantillons. Nous n'ignorons pas les discussions de R.G. Robinson et de L. Prunty (1983) à propos de la "head method" et de la "area method".

Les résultats de l'analyse des effets du nombre des feuilles par plante et de la surface moyenne des plus grandes feuilles (caractères composants du L.A.I.) ainsi que de la durée semis à floraison sont donnés au tableau 7. On remarque combien le diamètre du capitule est peu associé au nombre de feuilles. Les deux autres caractères sont au contraire en très nette corrélation avec la taille du capitule, et ils participent ensemble au rendement par des effets directs et des effets indirects non négligeables. On constate que la durée "semis à floraison" n'explique pas le rendement à travers le nombre de feuilles.

Tableau 7. Effets du nombre de feuilles, de la surf. des plus grandes feuilles, P.G.E., et de la durée semis à flo., sur la surf. du cap. (D2).

	N	2N	n	2n
N.F. r	0,016	-0,117	0,005	-0,130
E. directs	0,116	-0,150	0,030	-0,060
E.ind/P.G.F.	-0,150	-0,039	-0,134	-0,060
E.ind./Sem flo.	0,050	0,072	0,109	-0,010
P.G.F. r	0,915	0,596	0,719	0,381
E. directs	0,801	0,214	0,500	0,164
E.ind/N.F.	-0,021	0,027	0,038	0,022
E.ind/Sem.Flo	0,093	0,355	0,181	0,195
Sem.flo r	0,797	0,690	0,649	0,522
E.directs	0,270	0,577	0,482	0,450
E.ind./N.F.	0,022	-0,019	0,007	0,001
E.ind/P.G.F.	0,505	0,132	0,160	0,071

reporté également les 2 points correspondants aux moyennes des hybrides C et T comparés en 1983. Ces points pourraient s'inscrire sur une parabole prolongeant les points des moyennes de 2n, n, 2N et N.

En 1983 quatre couples de population ont été de nouveau comparés à MONTPELLIER en culture irriguée étaux/peuplements de 5,6 et 11,1 pl. m².

Pour les deux peuplements, les plantes étaient distantes de 20 cm sur la ligne.

Tableau 6. Effets du L.A.I. et de la durée semis à floraison sur le rendement.

	N	2N	n	2n
L.A.I. r	0,686	0,784	0,670	0,716
Effets dir.	0,384	0,621	0,559	0,650
E. ind.	0,302	0,163	0,110	0,066
Sem. à Flo r.	0,701	0,674	0,527	0,451
Effets dir.	0,433	0,226	0,176	0,137
E. ind.	0,268	0,448	0,351	0,314

à travers le nombre de feuilles. Au tableau 4, nous avons vu que les tournesols nains avaient, en moyenne, 2 feuilles de moins que leurs homologues normaux au début de la floraison ; mais c'est la dimension de leurs feuilles (caractère (9), au tableau 4) qui explique surtout leur indice foliaire inférieur. Celui-ci ne rend d'ailleurs pas entièrement compte de leur productivité réduite, comme le montrent les régressions des rendements sur ces indices pour les 4 ensembles (Fig. 3). Pour un même type de plante les régressions sont les mêmes malgré des peuplements aussi différents que 5,9 et 11,8 pl.m². Les coefficients de régression des tournesols nains sont plus petits : indices foliaires égaux, les tournesols nains seraient moins productifs. Sur la figure 3, nous avons

BIBLIOGRAPHIE

ALEKSEEV, A.P. et RODIN, V.F. - 1979. Ratio of seed, stem and receptacle weight in short stemmed sunflower (en russe) Byul. NTI po maslich kul'turam nr 3, 26-29 (d'après Plant Breeding Abstracts, 1981, vol. 51 Nr 11)

PACUCCI, G. et MARTIGNANO, F. 1975 Unfluenza della densità di semina sulla produzione e su alcuni cratteri bio-agronomici in varietà di girasole a taglia alta e bassa. Rivista di agronomia, anno IX, n 2-3 aprile-settembre 75

PIQUEMAL, G. et J.C. MOURET 1982. Quelques considérations sur la distribution des surfaces foliaires du tournesol (Hélianthus annuusL.) Helia 5:27-32

PRUNTY, L. 1983 Soil water and population influence on hybrid sunflower yield and uniformity of stand. Agron. J. 75 : 745-748

Letters to the editor Agron. J. è(: 577 - 578

ROBINSON, R.G., J.H. FORD, W.E. LUECHEN, D.L. RABAS, L.J. SMITH, D.D. WARMES and J.V. WIERMA 1980 - Response of sunflower to plant population. Agron. J. 72 : 869-871

Letteurs to the editor. Agron. J. 75 : 577

RODIN, V.F. 1978 Obtention de formes de tournesol à tige courte et hauteur constante (en russe) Sel. I. Semenov. 4 : 37-39

SMITH, B.C., A.M. AKHANDA, V.E. GREEN, J.R. and G.M. PRINE 1983 Influence of row width and plant population on sunflower leaf area and leaf area index. Inter Sunflower Newsletters Vol. 6 nr 3-4 : 24-34.