

RELATIONS ENTRE L'ETAT PHYSIQUE DU SOL ET LA NUTRITION MINERALE DU TOURNESOL

E. MANICHON*, C. RIBEYRE*, M. ROLLIER**

INTRODUCTION - METHODE

Un diagnostic sur les principales causes de variation du rendement du tournesol, établi en 1978 par des enquêtes dans les parcelles des agriculteurs de Champagne Berrichonne du Cher (1) a fait ressortir, entre autres, l'importance de l'état du profil cultural (2), dont la qualité varie considérablement selon le type de terrain et les modalités des reprises des labours d'hiver. On a tenté, en 1979, de préciser la nature et les effets de la relation entre l'état, physique du sol et la formation de la matière sèche et du rendement, par enquête au champ. Pour être assuré de pouvoir étudier une gamme suffisamment étendue de conditions on a constitué un réseau de parcelles choisies chez différents agriculteurs dans les principaux terrains de la région (4 parcelles en Limons peu argileux, 3 en argilo-calcaires), et on a pratiqué sur une partie de la surface une opération de "gâchage" en réalisant un tassement homogène par des passages de tracteur en conditions humides, avant les préparations de semis du tournesol. Les semis ont été réalisés fin avril.

Dans chaque "sous-parcelle" ainsi différenciée, on a défini deux stations homogènes vis-à-vis du milieu physique et de son état, sur lesquelles de nombreuses données ont été relevées, parmi lesquelles on retiendra ici*:

A la fin mai (approximativement au stade "2 paires de feuilles" roté ci-après "2PF), *a la mi-juin* (approximativement "5PF") début

* Institut National Agronomique Paris-Grignon, Paris, France.

** C.E.T.I.O.M., Paris, France.

de la montaison, à la *mi-août* (fin floraison - noté "FLOR") et *fin septembre* (récolte): observation des parties aériennes et prélèvements de placettes (détermination de la matière sèche, du rendement et de ses composantes).

A "2PF", "5PF" et "FLOR": composition minérale des parties sériennes (N, P, K, Ca, Mg).

A "5PF" et "FLOR": appréciation visuelle au champ de la porosité et de l'abondance des racines dans l'horizon labouré.

Il est ainsi possible de mettre en correspondance, à plusieurs dates, des variables définissant l'état du milieu et les réactions de la végétation pour 28 situations culturales. Dans aucune la fertilité chimique n'est, *a priori*, limitante.

RESULTATS ET DISCUSSION

Le protocole utilisé dans la présente enquête permet de traiter les résultats de deux manières complémentaires que l'on présentera successivement:

— La première consiste à mettre en évidence un effet global du "gâchage", en prenant en compte le fait que les situations étudiées sont structurées en couples au sein de chacun desquels ne varie que l'état du profil cultural à l'implantation de la culture;

— la seconde, qui vise à être plus explicative, consiste à mettre en relation l'état du milieu (appréhendé grâce à un indice de porosité calculé pour chaque station à partir des notations effectuées au champ) avec les parties aériennes et souterraines du tournesol (utilisation de modèles de covariance).

1.° Existence d'un effet du "gâchage"

Les analyses de variance relèvent un effet négatif hautement significatif du gâchage sur les porosités, l'abondance des racines, les matières sèches aux différentes dates et les rendements. Le résultat est inverse pour le poids de 1000 grains. La différence des peuplements n'est pas significative (ceci était souhaité, de manière à étudier les relations profil x plante à peuplement constant). Cet effet, très net, du gâchage, est accompagné d'un fort effet parcelle, prévisible vu la diversité des situations étudiées (en plus des terrains, changent *entre couples* la variété cultivée — 4 parcelles portent du MIRASOL,

2 du LUCIOLE et la dernière de l'INRA 6501—, l'intensité du gâchage, ...). Cependant, pour de nombreuses variables, deux groupes de parcelles se distinguent nettement. Ils correspondent l'un aux limons, l'autre aux argilo-calcaires. Le climat de la campagne 1979 (pluviométrie de printemps excédentaire, fort déficit hydrique au cours de la floraison) a exacerbé les différences de comportements entre ces terrains. Ceci, malgré l'existence de variations importantes entre parcelles d'un même type, autorise à comparer les moyennes des deux groupes.

On a fait figurer sur le graphique 1 les moyennes des rapports

$$\frac{(\text{Non Gâche} - \text{Gâche})}{\text{Non Gâche}} \times 100.$$

On constate que les écarts exprimés ainsi sont toujours plus accusés pour les limons.

Pour les matières sèches, les écarts maxima se situent précocement (pres de 45% a "5PF") en limons, plus tardivement et moins nettement (15% a "FLOR") pour les argilo-calcaires.

En limons, les parties gâchées sont pénalisées en moyenne de 25% (soit environ 4 q/ha), à cause du nombre de graines/m² très inférieur et malgré un remplissage légèrement meilleur de celles-ci. Ceci est convergent avec les écarts observés pour les matières sèches (1). En argilo-calcaires, les écarts sont très faibles, en faveur des parties "gâchées", en liaison vraisemblablement avec un épuisement plus tardif des réserves en eau du fait de la présence d'un couvert végétal moins important à la floraison.

L'examen des teneurs en éléments minéraux montre que la nutrition minérale a été affectée en limons à tous les stades observés. En particulier pour K —près de 20% d'écart) et N (plus de 10%) au stade "2PF" (ce qui correspond bien aux courbes d'absorption des différents éléments (4), *mais surtout au stade "5PF"*, où N est le plus touché (plus de 25% d'écart en faveur des situations "non gâchées"). En argilo-calcaire, les écarts sont faibles sauf pour P et K a "2PF" (on note l'antagonisme K-Mg (5)), et n'atteignent 20% (pour N, Mg et Ca) qu'à "FLOR". Il résulte de ces écarts des teneurs, une évolution des prélèvements minéraux comparés des parties "gâché" et "non gâché" (graphique 2) encore plus différenciés que pour les matières sèches.

2.° Essai d'explication des différences observées

On dispose, pour tenter d'expliquer ces comportements très opposés des parties aériennes dans les deux terrains, des observations réalisées a "SPF" et "FLOR" sur l'état du profil cultural et l'enracinement. On constate (graphique 1) que (en accord avec les propriétés mécaniques des matériaux constituant la couche labourée, telles qu'on peut les déduire de leur composition granulométrique) *l'opération de gâchage a beaucoup plus affecté la porosité des limons que celle des argilo-calcaires*: les écarts relevés à SPF sont, en moyenne, deux fois plus importants en limons. Ensuite, les écarts de porosité s'estompent, mais par des voies opposées:

- *Diminution de la porosité* entre "SPF" et "FLOR", surtout marquée dans les situations initialement les plus poreuses en limons. On voit ici l'effet dégradant des pluies de printemps sur ces terres relativement fragiles.

TABLEAU 1

Resultats des analyses de covariance

Variable	Covariable	Rapport des variances	Corrélation intra	Coeffi- cient re- gression	Rapport des variances	Corrélation intra	Coeffi- cient re- gression
		(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
RACINES "SPF"	POROSITE "SPF"	53,6%	0,71	0,711 ⁺	79,0%	0,54	NS
RACINES "FLOR"	POROSITE "SPF"	90,8%	0,41	NS	44,2%	0,78	0,461 ⁺⁺
	POROSITE "FLOR"	42,9%	0,78	0,803 ⁺	40,7%	0,80	0,657 ⁺⁺
MS "SPF"	POROSITE "SPF"	54,4%	0,71	36,7 ⁺	111,7%	-0,08	NS
MS "FLOR"	POROSITE "SPF"	37,6%	0,81	584,8 ⁺⁺	78,3%	0,55	NS
	POROSITE "FLOR"	84,0%	0,48	NS	60,6%	0,67	780,8 ⁺⁺
MS RECOLTE	POROSITE "SPF"	26,3%	0,88	495,1 ⁺⁺	108,4%	-0,19	NS
	POROSITE "FLOR"	77,0%	0,55	NS	77,8%	-0,53	NS
RENDÉMENT	POROSITE "SPF"	57,8%	0,69	117,6 ⁺⁺	111,1%	0,11	NS
	POROSITE "FLOR"	96,5%	0,34	NS	88,9%	-0,45	NS

(1) Rapport des variances résiduelles des modeles MU + A + b Con/MU + A

(2) Sur les valeurs centrées (modele MU + A)

(3) Coefficient b du modele MU + A + B Cv (++ : Test F significatif au seuil 1%; + : au seuil 5%).

• *Accroissement de la porosité* dans les argilo-calcaires, par fissuration (action des racines, sécheresse de juillet).

Il est donc bien justifié de considérer séparément les deux terrains et d'étudier pour chacun les relations plante \times milieu. Les principaux résultats des analyses de covariance réalisées à cet effet sont consignés dans le tableau n^o 1.

On constate:

— Que la liaison porosité \times racines est très forte à "SPF" en limons et à la floraison dans les deux terrains. Ceci reflète la sensibilité des racines de tournesol à l'état physique du sol. Les observations qualitatives de l'enracinement, complémentaires des notations utilisées ici, montrent que les densités racinaires sont peu liées aux déformations du pivot (fréquentes en argilo-calcaires caillouteux), mais plus au nombre de racines secondaires émises par celui-ci et leurs ramifications. Ces caractères sont nettement affectés dans les états structuraux massifs et compacts créés en limons par l'action des pressions au "gâchage".

— Que la liaison porosité \times matière sèche ou rendement est très fortes en limons, surtout si l'on considère *aux différentes dates* la porosité "SPF". Pour les argilo-calcaires, l'introduction des covariables porosité est le plus souvent sans intérêt.

CONCLUSION

L'état physique du profil cultural intervient vis-à-vis de la croissance et du développement de la plante d'une manière complexe qui ne peut se résumer à un simple effet direct, de nature mécanique, sur l'implantation des racines (vitesse de croissance, morphologie, intensité de ramification...) régi par la porosité structurale et la rigidité des éléments structuraux. Il faut aussi considérer des effets plus indirects sur le fonctionnement des racines implantées dans le profil: une faible porosité structurale peut entraîner des perturbations de la circulation des fluides (et donc des profils hydrique et thermique et de leur évolution au cours du temps) et de la vie microbienne (et, entre autres, de la fourniture d'azote par le sol).

Ces différents effets sont très dépendants du climat, qui intervient tant au niveau des propriétés mécaniques de la terre et de l'évolution de l'état du profil au cours du temps, qu'à celui des relations racines \times parties aériennes (quantité d'assimilats élaborée par les parties aériennes, disponible pour former des racines d'une

part, limitation de croissance des premières du fait d'un enracinement déficient d'autre part).

Grâce à des observations répétées dans le temps de l'état du sol et de la végétation on a pu ici mettre en évidence ces deux catégories d'effets et leurs répercussions dans deux types de terrains contrastés:

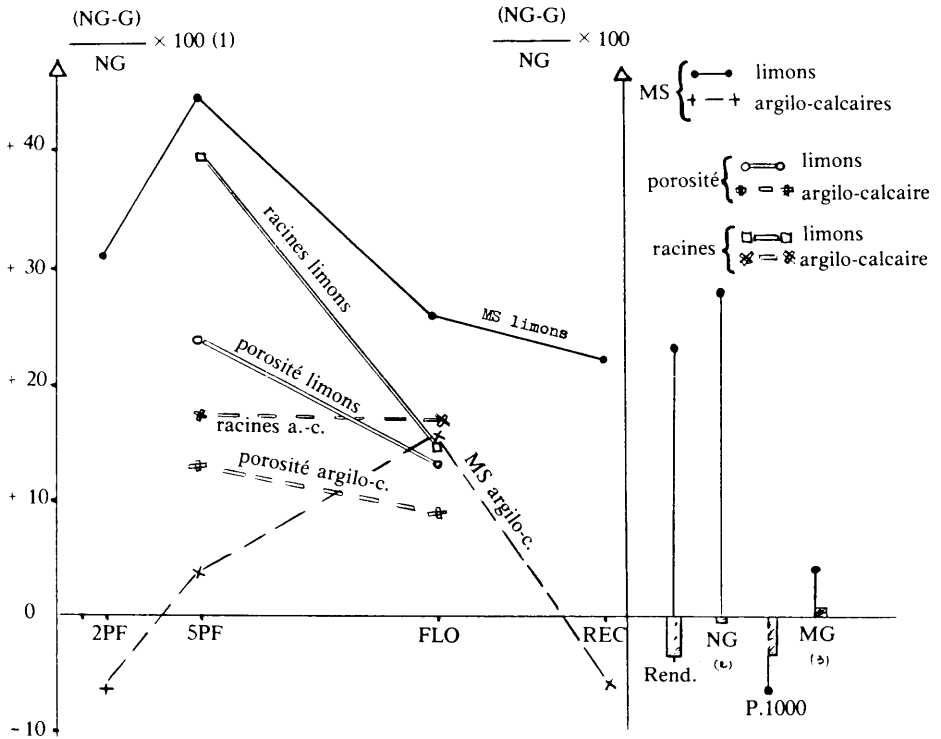
Dans les deux cas, la sensibilité des racines du tournesol à l'état structural s'est manifestée. Mais les conséquences sur les parties aériennes sont très différentes. Si, en argilo-calcaires, une porosité insuffisante à l'implantation a pu limiter quelque peu la nutrition phospho-potassique en début de végétation, voire ensuite, l'alimentation hydrique, il n'est pas apparu, en définitive, de limitation des rendements finaux. Au contraire, en limons, la perturbation de croissance des parties aériennes et des racines se manifeste très précocement, la nutrition azotée est très affectée, et on n'a pas constaté de rattrapage entre situations. Les effets indirects cités ci-dessus sont vraisemblablement responsables de ce résultat, comme semble l'indiquer la persistance aux différentes dates d'une liaison étroite entre la porosité "5PF" et les parties aériennes, y compris le rendement. C'est dans ces terrains limoneux, qui par leurs réserves en eau, offrent les potentialités de rendement les plus élevées, qu'une dégradation du profil cultural au moment des préparations de semis (modélisée ici par les opérations de "gâchage") aura les plus graves conséquences.

BIBLIOGRAPHIE

1. MANICHON H.; RIBEYRE C., (1979). Le tournesol dans ses principales régions de production en France. Analyse de sa situation pour en dégager les voies de développement (Convention GEARA/CETIOM).
2. HENIN S.; GRAS R.; MONNIER G., (1973). Le profil cultural (Masson Ed.).
3. MANICHON H.; RIBEYRE C., (1980). Influence de l'état structural sur l'élaboration du rendement du tournesol (Convention GEARA/CETIOM).
4. GACHON L. (1972). La cinétique de l'absorption des éléments nutritifs majeurs chez le tournesol-Annales Agronomiques 23 (5) 547-566.
5. ROLLIER M.; TROCME S.; MME. BONIFACE R., (1975). Observations sur la fertilisation phospho-potassique du tournesol - Informations Techniques CETIOM n° 47 - novembre/décembre 1975.

Graphique 1

Différences relatives des matières sèches, rendement et composantes, porosité et racines



(NONGACHE - GACHE)

(1) $\frac{\text{NON GACHE}}{\text{NON GACHE}} \times 100$

(2) NG = Nombre de Graines

(3) NG = Teneur en Hnrier

Graphique 2

Différences relatives des prélèvements en éléments minéraux des parties aériennes

