

T1972PHY17

## INFLUENCE DE QUELQUES OBSTACLES MECANIQUES SUR LE DEVELOPPEMENT DU SYSTEME RACINAIRE DU TOURNESOL

M. ROLLIER, J.-G. PIERRE, P. HAUGAZEAU, A. DECONYNCK (France)

### INTRODUCTION

C'est dans le cadre général des études sur les travaux du sol et l'enracinement réalisés par le CETIOM et l'INRA que se situe ce travail. Son origine tient dans les limites des travaux exposés dans la précédente communication par M. ROLLIER (Réf. 1).

En effet, l'étendue même de l'enquête qu'entreprend COCHARD (Réf. 2), empêche la mesure détaillée du système racinaire. Les déformations des racines sont liées à des obstacles très variables en nature et en importance, et leur répartition dépend des zones de discontinuité déterminées par les façons culturales.

C'est pourquoi, en 1969, ROLLIER et ALLAIRE, s'inspirant d'une série d'expériences sur maïs, mise en place par NUBAN, sous la direction de MONNIER et HENIN (réf. 3), réalisent sur tournesol une étude permettant le choix d'obstacles mécaniques reproduisant la plupart des accidents observés en plein champ.

Le but de ce travail consiste donc à partir des obstacles mécaniques retenus, placés dans deux contextes de régimes hydriques, à situer leur influence sur le développement végétatif du tournesol et sur les aspects qualitatifs et quantitatifs du rendement de la plante.

### METHODE EXPERIMENTALE

Le principe de l'étude consiste à placer dans des pots fabriqués spécialement, des obstacles artificiels et ce à 6 cm de la surface. Ces différents obstacles (tableau n° 1) réagiront différemment suivant le type de sol dans lequel ils sont placés et aussi en fonction du sens de l'arrosage des pots (par le haut et par le bas), ce qui symbolise un climat humide (haut) et un climat sec mais en sol comprenant une nappe phréatique proche de la surface (bas).

L'essai comporte un dispositif classique en blocs de Fisher. Les parcelles (1 plante par pot) sont distribuées au hasard dans chaque bloc. L'essai comporte dix répétitions.

Les graines sont placées dans les pots ; les plantules puis les plantes sont suivies tout au long de leur croissance au moyen de mensurations de la hauteur de la tige, du diamètre au niveau du collet (et ce toutes les semaines) et de la surface foliaire à deux stades végétatifs de la plante.

Tableau n° 1 - Description des traitements (obstacles, sols, profondeur, climats) et résultats espérés en fonction de chacun d'eux.

OBSTACLES PLACES EN POTS DE 25 cm, SOL DE LIMON	TYPE D'ARROSAGE		RESULTATS ATTENDUS
	Haut	Bas	
. Témoins: pas d'obstacle	x	x	- Influence du climat : humide ou sec, mais avec nappe phréatique proche de la surface.
pas d'obstacle mais pot de 40 cm	x	-	- Influence d'un sol profond.
. Obstacle maximum : plaque de matière plastique, ouverte sur un diamètre, en forme de V (Lucoflex).	x	x	- Réponse de la plante à un arrêt total ou partiel de développement du système racinaire. - Influence du climat dans ces conditions.
. Obstacle très sévère : grillage de matière plastique, à mailles très fines (0,5 mm) - (Textiglass mailles fines)	x	-	- Réponse de la plante à un arrêt total de développement du système racinaire. - Influence de cet obstacle en climat humide
. Obstacle sévère : grillage de matière plastique à mailles soudées (1,5 mm) - (Textiglass soudé 1,5 mm).	x	x	- Réponse de la plante à un arrêt total ou partiel de développement du système racinaire. - Influence du climat dans ces conditions.
. Obstacle assez facile : grillage de matière plastique, à mailles tressées (1,5 mm) (Textiglass tressé 1,5 mm).	x	-	- Réponse de la plante à un arrêt partiel de développement du système racinaire - Influence de cet obstacle en climat humide.
. Obstacle facile à pénétrer : lissage manuel d'une couche à 6 cm de la surface du limon	x	-	- Réponse de la plante à un ralentissement de développement du système racinaire. - Influence du climat dans ces conditions.
. Obstacle facile à pénétrer en sol de grêle : même obstacle que le précédent, mais en sol de grêle tamisé.	x	-	- Réponse de la plante à un ralentissement de développement du système racinaire. - Influence de la richesse du sol.

Au cours de l'essai, les pots sont arrosés soit avec de l'eau pure, soit avec des substances fertilisantes en solution diluée afin de pallier l'inconvénient de la taille relativement petite du pot.

L'ensemble des caractères de la plante sont observés au moment de la récolte y compris les différentes fractions du système racinaire.

A partir des données, deux types de calculs statistiques sont conduits :

- méthode d'analyse de la variance qui aboutit à la connaissance de l'influence des traitements sur le rendement.
- méthode de calcul des corrélations simples : elle aboutit à l'établissement d'un schéma des relations entre chacun des caractères.

Ces analyses supposent un grand nombre de calculs ; le détail du travail forme une publication à part.

## RESULTATS

L'examen des données et leur comparaison par le calcul statistique montre que la réponse des caractères morphologiques de la plante est très variable. Le diamètre au collet, le poids total du système racinaire et la répartition de ces différents éléments, le nombre de grains et le poids de ces grains sont les caractères les plus fréquemment affectés. Le résultat final sur le rendement n'est pas lié à la seule présence de l'obstacle, mais à l'ensemble obstacle - régime hydrique.

Dans les conditions de l'essai, le rendement de la plante est affecté dans les conditions extrêmes, c'est-à-dire lorsque le système racinaire est limité à la fois dans son développement et dans sa nutrition (diminution de rendement) et lorsque la richesse du sol est augmentée (augmentation de rendement).

Dans les autres cas, il n'y a pas de variation significative du rendement et ses composantes directes nombre de grains sur le capitule et poids de 1 000 grains se compensent souvent ; l'un des caractères tend à augmenter tandis que l'autre tend à diminuer.

Tableau n° 2 - Effet d'un obstacle dans le cas de l'alimentation en eau par le bas  
(par rapport au témoin)

NATURE DE L'OBSTACLE  CARACTERES	Témoin	Lucoflex	Semelle limon	Text. tressé	Text. soudé	Text. m. fines	Lucoflex	Semelle limon	Text. tressé	Text. soudé	Text. m. fines
	MOYENNES DES VALEURS OBSERVEES						SIGNIFICATION				
<b>RENDEMENT :</b>											
P.S. graines	22,52	14,18	22,40	22,27	22,48	22,63	**	NS	NS	NS	NS
% de grains échaudés	1,84	4,80	2,63	1,95	2,70	2,47	**	NS	NS	NS	NS
Nbre de grains sains	882	412	698	783	740	677	**	NS	**	**	**
Pds de 1 000 grains	26,00	33,67	32,08	28,53	30,47	33,91	**	**	NS	**	**
<b>SYSTEME AERIEN :</b>											
P.S. partie aérienne	50,6	28,1	45,5	14,6	40,9	45,4	**	*	**	*	NS
Ø au collet	15,8	12,4	15,8	16,0	15,6	15,6	**	NS	NS	*	NS
Hauteur tige	125,4	131,8	139,4	126,7	125,0	135,7	NS	**	NS	NS	**
Ø du capitule	13,24	10,22	12,31	12,73	12,16	12,28	**	NS	NS	*	NS
<b>SYSTEME RADICULAIRE</b>											
P.S. rac. sup.	6,73	2,90	5,00	3,52	3,73	3,72	**	**	**	**	**
P.S. rac. inf.	0,60	0,56	0,53	1,00	1,27	0,64	NS	NS	*	**	NS
P.S. pivot sup.	2,51	1,50	2,27	2,20	2,29	2,19	**	NS	*	NS	**
P.S. pivot inf.	0,32	0,32	0,27	0,21	0,12	0,00	NS	NS	NS	**	**
Ø obstacle	9,65	10,07	7,64	11,26	14,07	10,41	NS	*	NS	**	NS
Long. pivot sup.	58,80	100,7	60(1)	60(1)	60(1)	61	**	NS	NS	NS	NS
Long. pivot inf.	129,1	64,3	121,4	138,1	109,2	0,00	**	NS	NS	NS	**
Long. pivot totale	187,9	165,0	181,4	198,1	169,2	61,0	NS	NS	NS	NS	**
Pds total pivot	7,33	3,46	5,54	4,52	5,00	4,35	**	**	**	**	**

P.S. = poids sec  
% = pourcentage  
Pds = poids  
Ø = diamètre  
Long. = longueur  
rac. = racine

sup. = supérieures  
inf. = inférieures  
\* = significativement différent  
\*\* = hautement significativement différent  
NS = non significatif  
(1) = valeur théorique

Une étude plus particulière des traitements permet de mettre en évidence les variations des caractères morphologiques de la plante en fonction de la nature des obstacles.

Le tableau 2 et le schéma I rendent compte des faits observés dans le cas où les obstacles sont placés dans un climat où l'essentiel de l'apport d'eau se fait par les réserves du sol (nappe phréatique proche de la surface).

L'obstacle facile à pénétrer tend à étioiler la plante et à réduire le système racinaire superficiel. Lorsque la racine principale est limitée dans son accroissement diamétral (obstacle assez facile : textiglass tressé), le système racinaire superficiel est limité, mais le système secondaire profond est nettement plus développé.

Par contre, lorsque l'obstacle arrête l'accroissement diamétral du pivot à une limite égale à 1,5 mm, la réponse du système racinaire s'inverse par rapport à l'obstacle précédent. La partie du pivot située au dessous de l'obstacle est complètement arrêtée dans son développement. Par contre, on observe un très important accroissement du système racinaire secondaire.

On peut imaginer que l'arrêt de développement de la racine principale lève l'inhibition apicale et induit une différenciation accrue de racines secondaires et tertiaires (1).

Ce fait ne se retrouve ni dans le cas de l'obstacle très sévère qui ne permet qu'un passage réduit des racines, mais laisse des possibilités normales de nutrition, ni dans le cas de Lucoflex qui représente l'obstacle maximum.

Le tableau 3 permet de mettre en évidence l'influence de cet obstacle sur le rendement selon que la racine passe sous l'obstacle ou au contraire reste au dessus. On remarque qu'il suffit d'un faible développement du système profond pour que les rendements soient considérablement augmentés et, dans certains cas, retrouver une valeur comparable à celle du témoin.

Il ne faudrait pas en conclure pour autant que c'est de l'importance de la fraction du système racinaire située sous l'obstacle que dépend le rendement. En effet, le traitement représentant un sol plus profond, s'il accroît les valeurs des caractères végétatifs, n'entraîne pas pour autant une augmentation de rendement. Celle-ci, comme il a été vu plus haut n'est obtenue que par une augmentation de la fertilité du sol (terre de groie).

Le schéma II rend compte de la variation des caractères morphologiques lorsqu'on se place dans le contexte d'un climat humide (tableau 4).

Le rendement n'est pas affecté et l'aspect le plus intéressant est celui du développement important (hautement significativement) du système racinaire secondaire inférieur lorsque la racine principale est limitée dans son développement dans sa partie supérieure.

Enfin, de l'étude des corrélations simples entre les différents caractères considérés indépendamment de la présence ou de l'absence des obstacles, il est possible de tirer un schéma représentatif du fonctionnement de la plante dans les conditions de l'essai (schéma III).

Au stade 6 feuilles, les trois caractères mesurés : hauteur de la plante, diamètre au collet, surface foliaire sont étroitement liés. La surface foliaire est le caractère qui a le plus grand retentissement sur le développement ultérieur de la plante.

---

(1) Des résultats analogues ont été obtenus au Laboratoire de Botanique approfondie de la Faculté des Sciences d'Orsay par Neville et Nozeran en sectionnant la racine principale (communication orale de J.M. FAVRE.)

Tableau n° 3 - Rendement en grains comparé au poids sec du pivot inférieur  
(cas du traitement Lucoflex)

Traitements Blocs	Lucoflex arrosé par le haut		Lucoflex arrosé par le bas	
	Rendement g/capitule	Poids sec pivot inférieur (g)	Rendement g/capitule	Poids sec pivot inférieur (g)
1	19,12	0,23	13,50	0,50
2	21,54	0,33	2,13	0,00
3	18,56	0,52	19,69	0,00
4	24,71	0,00	4,42	-
5	23,21	0,30	24,01	0,42
6	27,37	0,00	12,86	0,12
7	26,49	0,03	22,91	0,73
8	23,85	0,00	7,94	0,00
9	22,35	0,00	22,81	0,32
10	21,65	0,00	11,61	0,16
Moyenne	22,89	0,14	14,18	0,32
Témoin	23,08	0,20	22,76	0,31

Au stade récolte, les caractères se répartissent en groupes distincts, bien tranchés lorsqu'on ne considère que les valeurs les plus fortes des corrélations :

- Premier groupe : système racinaire : le poids total du pivot est très lié à l'ensemble du système racinaire et notamment à l'ensemble des racines secondaires.
- Deuxième groupe : système racinaire : le diamètre du pivot (au-dessus de l'obstacle) croît en même temps que le poids des racines secondaires situées au dessous de l'obstacle.
- Troisième groupe : système racinaire : longueur totale du pivot, longueur pivot inférieur : cette liaison n'a pas de sens physiologique.
- Quatrième groupe : système aérien : le rendement dépend du diamètre au collet à la récolte, lui-même lié à la surface foliaire au stade 6 feuilles.

On en conclut donc, dans les conditions de cet essai, que de la valeur de la surface foliaire au stade 6 feuilles, dépend le poids total du pivot qui lui-même d'une part, différencie l'ensemble des racines et, d'autre part, est lié au diamètre au collet de la plante dont dépend en grande partie le rendement de la plante.

#### DISCUSSION

Les résultats sont à replacer dans le cadre des limites de l'expérience, notamment :

- La plante est placée dans un sol tel que le rendement de la plante témoin est limité (10,3 quintaux par hectare) lorsqu'on se place dans l'hypothèse de 46 000 pieds à l'hectare qui correspond à la densité de l'essai. Dans ces conditions, la plus petite différence significative au risque d'erreur de 5 % est de 1,19 quintal à l'hectare et celle au risque de 1 % est de 1,56 quintal. L'augmentation de la richesse du sol, dans

Le cas de la terre de groie, permet un rendement de 12,3 quintaux, alors que l'obstacle Lucoflex fait baisser le rendement à 6,52 quintaux.

Tableau n° 4 - Effet d'un obstacle dans le cas de l'alimentation en eau par le haut  
(par rapport au témoin)

NATURE DE L'OBSTACLE	Témoin	Lucoflex	Semelle limon	Text. soudé	Lucoflex	Semelle limon	Text. soudé
	MOYENNE DES VALEURS OBSERVEES				SIGNIFICATION		
<b>RENDEMENT :</b>							
P.S. graines	22,08	22,8	24,4	22,3	NS	NS	NS
% de grains échaudés	2,32	3,07	2,57	2,35	NS	NS	NS
Nbre de grains sains	818	687	750	768	*	NS	NS
P.S. de 1 000 grains	28,2	33,3	32,3	29,2	**	**	NS
<b>SYSTEME AERIEN :</b>							
P.S. partie aérienne	59,2	47,7	74,9	46,1	**	**	**
Ø au collet	15,7	16,2	16,4	15,7	NS	NS	NS
Hauteur tige	121,8	127,9	130,3	124,0	NS	*	NS
Ø du capitule	13,12	12,20	14,00	12,9	NS	NS	NS
<b>SYSTEME RADICULAIRE :</b>							
P.S. rac. sup.	7,6	4,7	7,8	3,6	**	NS	**
P.S. rac. inf.	0,43	0,64	0,54	0,88	NS	NS	**
P.S. pivot sup.	2,43	3,42	2,48	2,00	NS	NS	**
P.S. pivot inf.	0,20	0,14	0,28	0,08	NS	NS	NS
Ø obstacle	7,45	10,3	6,7	10,0	**	NS	NS
Long. pivot sup. (1)	60,0	137,3	60,0	60,0	**	NS	NS
Long. pivot inf.	153,6	69,9	113,0	105,8	**	*	**
Long. pivot totale	213,6	207,2	173,0	165,9	NS	*	**
Poids total pivot	8,05	5,34	8,37	4,51	**	*	**

P.S. = poids sec  
% = pourcentage  
Pds = poids  
Ø = diamètre  
Long. = longueur  
rac. = racine

sup. = supérieures  
inf. = inférieures  
\* = significativement différent (risque 5 %)  
\*\* = hautement significativement différent (risque 1 %)  
NS = non significatif  
(1) = 60 mm : longueur théorique

- Le système racinaire des plantes doit se développer dans des pots de diamètre limité. On sait que, en plein champ, les racines superficielles s'étendent sur une surface beaucoup plus importante. Nous ne savons pas dans quelle mesure le développement de la plante risque d'être affecté de cette limitation.

- Les climats "humide" et "sec" correspondent à des schémas ; en effet, dans les deux cas la quantité d'eau absorbée par les plantes est la même. Le climat "sec" (arrosage par le bas) n'est qu'une approximation valable pour les couches superficielles du sol. Les substances nutritives apportées avec l'eau influent également sur le développement du système racinaire.

- Enfin, dans le cas des calculs de corrélation simples, on a pu constater dans la comparaison des différents caractères, que la distribution des valeurs observées s'éloignait très sensiblement de la normale dès que l'obstacle intervient. Aussi le schéma de liaison des caractères n'a-t-il de valeur que relative.

## CONCLUSION

De l'ensemble de l'étude, on peut tirer les points généraux suivants :

- Les obstacles diminuent le rendement lorsqu'ils se présentent sous la forme d'une couche compacte ou asphyxiante (pas de pénétration des racines dans les horizons profonds et limitation de la remontée de l'eau).

- Le système racinaire répond à la présence de l'obstacle par la position des racines secondaires. Lorsque l'obstacle est tel qu'il empêche le développement normal de la racine principale au point de l'atrophier, les racines secondaires s'enfoncent plus profondément dans le sol. Enfin, le système racinaire se développe là où il y a de l'eau et des substances fertilisantes.

- Le stade 6 feuilles paraît avoir une importance considérable sur le rendement. Au développement normal et rapide de la plantule jusqu'à ce stade, dépend la valeur du poids des graines récoltées. Il est donc indispensable que, en plein champ, le système racinaire ne rencontre aucun lissage ni aucune semelle afin qu'il se développe normalement. Les techniques culturales utilisées pour la préparation du sol sont donc primordiales.

Notons que l'essai a été réalisé en conditions optimales du point de vue régime hydrique. Il conviendrait donc de préciser l'influence de l'eau sur le développement de la plante et les périodes de sensibilité.

En effet, si l'essai comportait l'étude du type de régime hydrique sous l'aspect qualitatif (origine de l'apport d'eau), il ne donne aucun élément sur les conséquences d'une variation quantitative de ces régimes. Cet aspect mériterait d'être étudié, car il apparaîtrait certainement que les variations des caractères morphologiques du tournesol - notamment ceux du système racinaire - entraîneraient des modifications de rendement qui ne peuvent pas être observées ici.

- Enfin, l'essai montre que l'obstacle place les racines de la plante dans un volume de sol plus petit. Il serait utile de vérifier cet aspect pour savoir si les propriétés physiologiques de l'assimilation des substances nutritives par les racines sont modifiées. Dans ce cas, il serait utile de réaliser une étude sur les vitesses d'absorption des substances en présence et en absence d'obstacles. L'aspect pratique qui en découlerait serait, le cas échéant, de modifier la fumure dans les champs où la nature des sols ou les techniques culturales prédisposent à la formation d'obstacles empêchant rapidement l'évolution du système racinaire.

## BIBLIOGRAPHIE

ROLLIER M. - Le tournesol et son enracinement - 5ème Conférence Internationale sur le Tournesol.

COCHARD B. - 1967 - Le tournesol en Aunis - I.N.R.A. Laboratoire d'Agriculture.

NUBAN I.M. - 1966 - Influence des obstacles mécaniques sur la croissance et la morphologie du système racinaire du maïs et ses répercussions sur la croissance et le développement de la plante. Thèses présentées à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris

DECONINCK - 1970 - Influence de quelques obstacles mécaniques sur le développement du système racinaire du tournesol (Bibliographie, mise en place de l'essai, observations en cours de culture) - Mémoire d'études - E.N.I.T.A. de Bordeaux - CETIOM

ROLLIER M., PIERRE J.-G., HAUGAZEAU P., KIMHUOR T. - 1970 - à paraître - Influence de quelques obstacles mécaniques sur le développement du système racinaire du tournesol (Résultats, discussion et conclusion de l'essai) - C.E.T.I.O.M.

schéma I : Influence de la présence d'un obstacle quelconque sur les caractères morphologiques et le rendement.

alimentation par le bas.

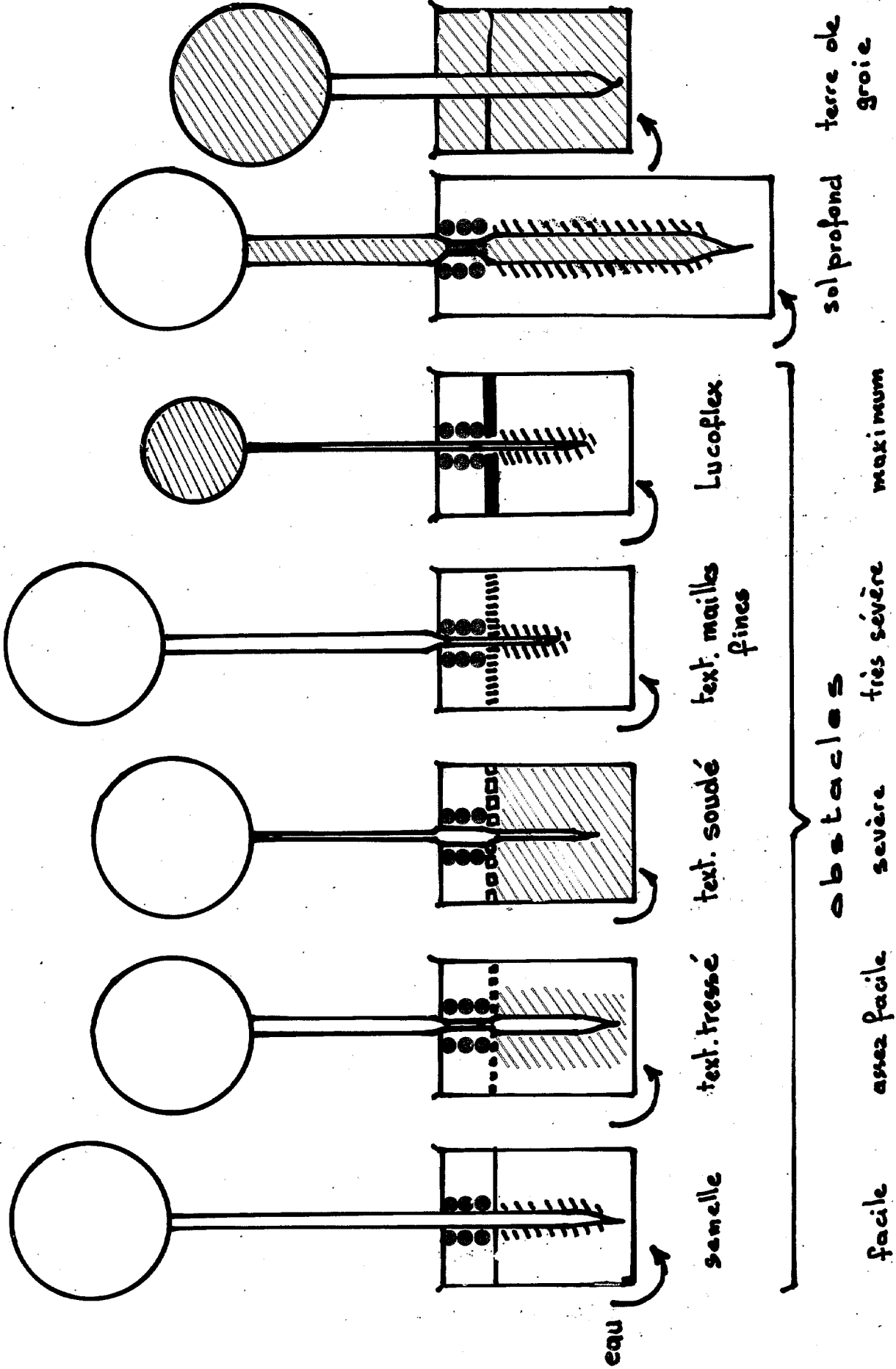
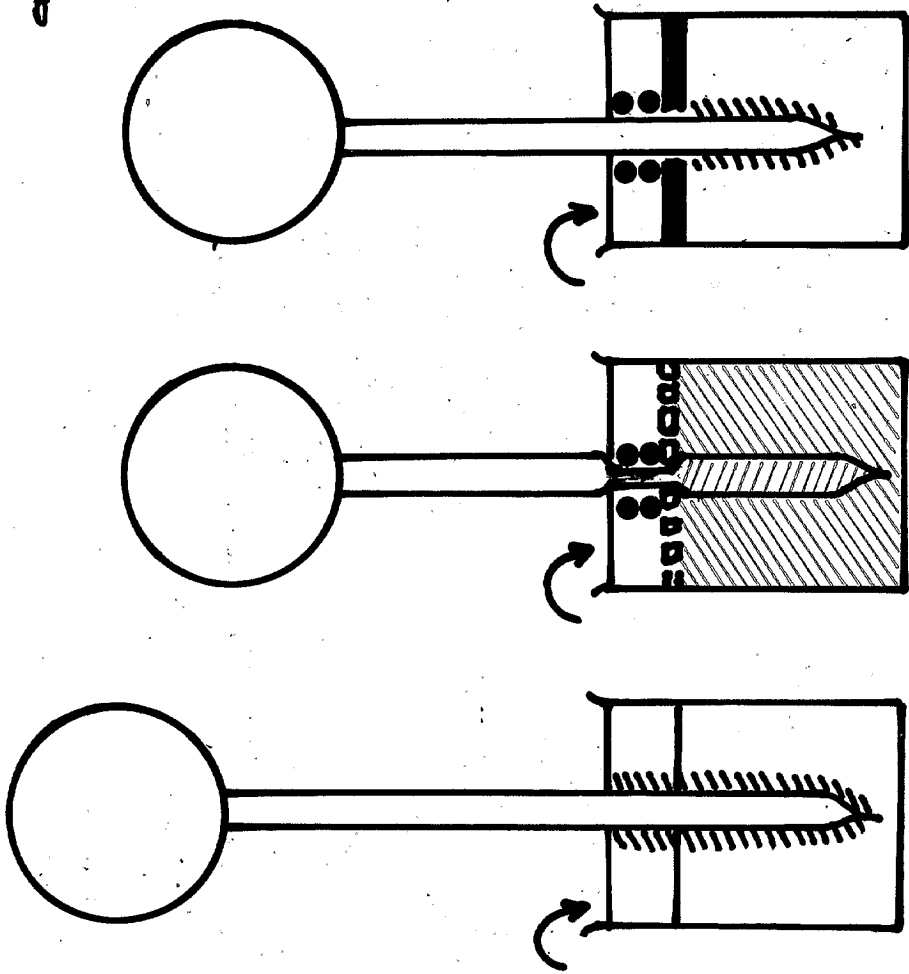




Schéma II : Influence de la présence d'un obstacle, quelconque, sur les caractères morphologiques et le rendement.

alimentation par le haut.



semelle

textiglass  
soudé

Lucoflex



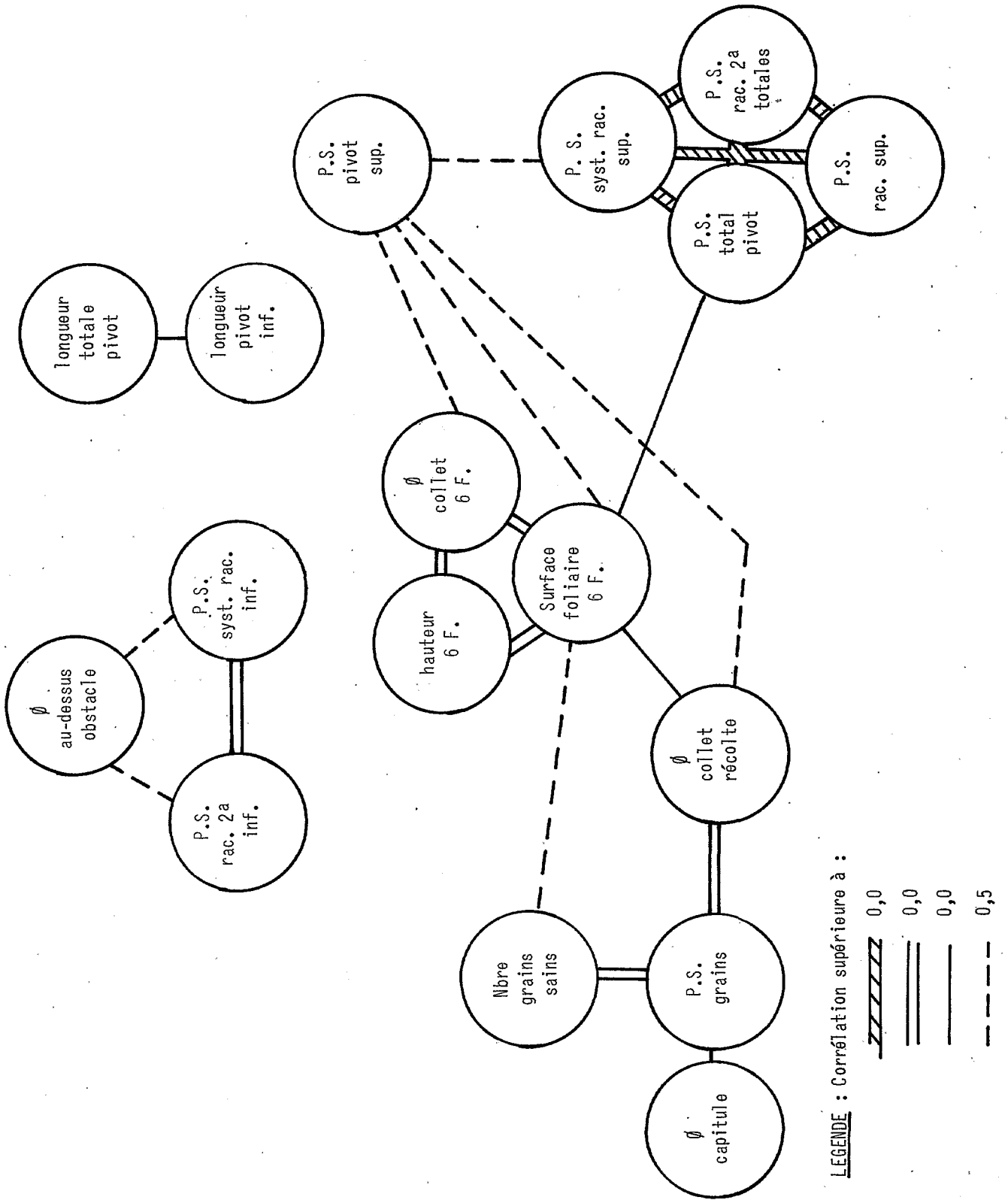
obstacles

facile

severe

maximum

Schéma III - Liaisons et degré de liaisons entre caractères (de 1 à 0,65)



LEGENDE : Corrélation supérieure à :

- ▨ 0,0
- ▬ 0,0
- ▬ 0,0
- - - 0,5