



**HAL**  
open science

## Consequences de la repartition des matieres organiques sur le comportement du sol

Gwendal Monnier, Pierre Stengel, J.M. Bodet

► **To cite this version:**

Gwendal Monnier, Pierre Stengel, J.M. Bodet. Consequences de la repartition des matieres organiques sur le comportement du sol. Colloque, Dec 1976, Paris, France. hal-02784517

**HAL Id: hal-02784517**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02784517v1>**

Submitted on 4 Jun 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Conséquences de la répartition des matières organiques sur le comportement du sol

SERVICE DES ÉTUDES AGRONOMIQUES

I.T.C.F. - Boigneville

91720 MAISSE

Tél. 499.40.16 ou 499.40.49

G. MONNIER, P. STENGEL, J.M. BODET

I.N.R.A.

I.T.C.F.

## I - INTRODUCTION

De nombreux travaux ont mis en évidence l'influence des matières organiques sur divers comportements physiques des couches de surface du sol. Dans certains cas, cette influence a pu être analysée et reliée au stade, aux conditions et au bilan d'évolution des résidus organiques laissés en surface ou enfouis dans un sol cultivé.

Il apparaît alors que la relation matières organiques-propriétés physiques peut être réciproque et doit être considérée d'un double point de vue, particulièrement lorsqu'elle est placée dans le cadre d'une comparaison entre techniques de cultures qui ont une action prépondérante directe sur l'état physique :

- d'une part, il convient d'évaluer les conséquences de chacune des techniques comparées sur la répartition et les termes du bilan d'évolution des matières organiques.

- d'autre part, on doit s'efforcer de rechercher, au niveau de l'état physique constaté dans les différents cas, l'influence exercée en retour par les matières organiques à travers les modifications qu'elles entraînent dans les comportements mécaniques ou structuraux du sol.

L'objet de cette communication est de présenter les résultats d'une démarche de ce type appliquée au problème de la simplification du travail du sol.

Ces données proviennent des deux essais mis en place en 1970 par l'I.T.C.F. à Saint Aubin la Plaine (Vendée) et à Boigneville dans l'Essonne (Essai A non irrigué). Toutefois l'analyse a principalement porté sur ce dernier dispositif.

Après avoir précisé les conditions de prélèvement et les méthodes d'étude, nous examinerons successivement :

- la répartition et l'évolution des matières organiques en fonction des techniques et du précédent immédiat.

- ses conséquences sur deux comportements susceptibles d'influer sur les états physiques constatés : la stabilité structurale d'une part, la sensibilité au tassement d'autre part.

## II - PRELEVEMENTS ET METHODES D'ETUDE

Deux séries de prélèvements destinés à l'analyse de la matière organique et à l'évaluation de la stabilité structurale ont été réalisées :

- la première est intervenue en Octobre 1970 avant toute différenciation des parcelles. Elle a consisté à échantillonner le sol de chacune d'entre elles par couche de 5 cm d'épaisseur jusqu'à une profondeur de 25 cm correspondant approximativement à la profondeur du labour. Un dernier prélèvement représentait la couche immédiatement sous jacente.

- la deuxième série réalisée en Octobre 1974, après 4 ans d'expérimentation -soit 2 rotations blé-maïs- a été conçue dans le même souci d'analyse de la répartition en fonction de la profondeur tout en tenant compte de la position réelle des discontinuités créées par le travail du sol dans les différents traitements et de l'importance particulière des premiers centimètres à la surface des parcelles en semis direct.

### 1) Analyse de la matière organique

Elle est basée sur la distinction entre matières organiques libres (résidus de récoltes peu ou pas décomposés) et matières organiques liées aux constituants minéraux du sol au cours de leur évolution (HENIN et TURC, 1949). La séparation des deux fractions est réalisée par centrifugation dans un mélange alcool bromoforme de densité convenablement choisie (MONNIER et al., 1962). Dans le cas présent, on a retenu une densité égale à 2.

Le dosage du carbone est effectué par la méthode de ANNE (ANNE, 1945) avant fractionnement (carbone total  $C_T$ ) et sur la fraction libre ( $C_1$ ). Le carbone correspondant à la fraction liée ( $C_L$ ) est obtenu par différence.

### 2) Evaluation de la stabilité structurale

On s'est borné à mesurer le taux d'agrégats stables après prétraitement au benzène  $Ag_b\%$ . Il s'agit là en effet (G. MONNIER, 1965) du test le plus spécifique et le plus sensible des variations de stabilité entraînées par des modifications d'ordre qualitatif et quantitatif des matières organiques du sol.

On dispose de plus de nombreuses références qui permettent une interprétation relativement sûre des résultats obtenus.

## III- REPARTITION ET EVOLUTION DES MATIERES ORGANIQUES

Nous examinerons successivement :

- la répartition comparée des matières organiques dans le profil telle qu'elle ressort des analyses réalisées en 1974.

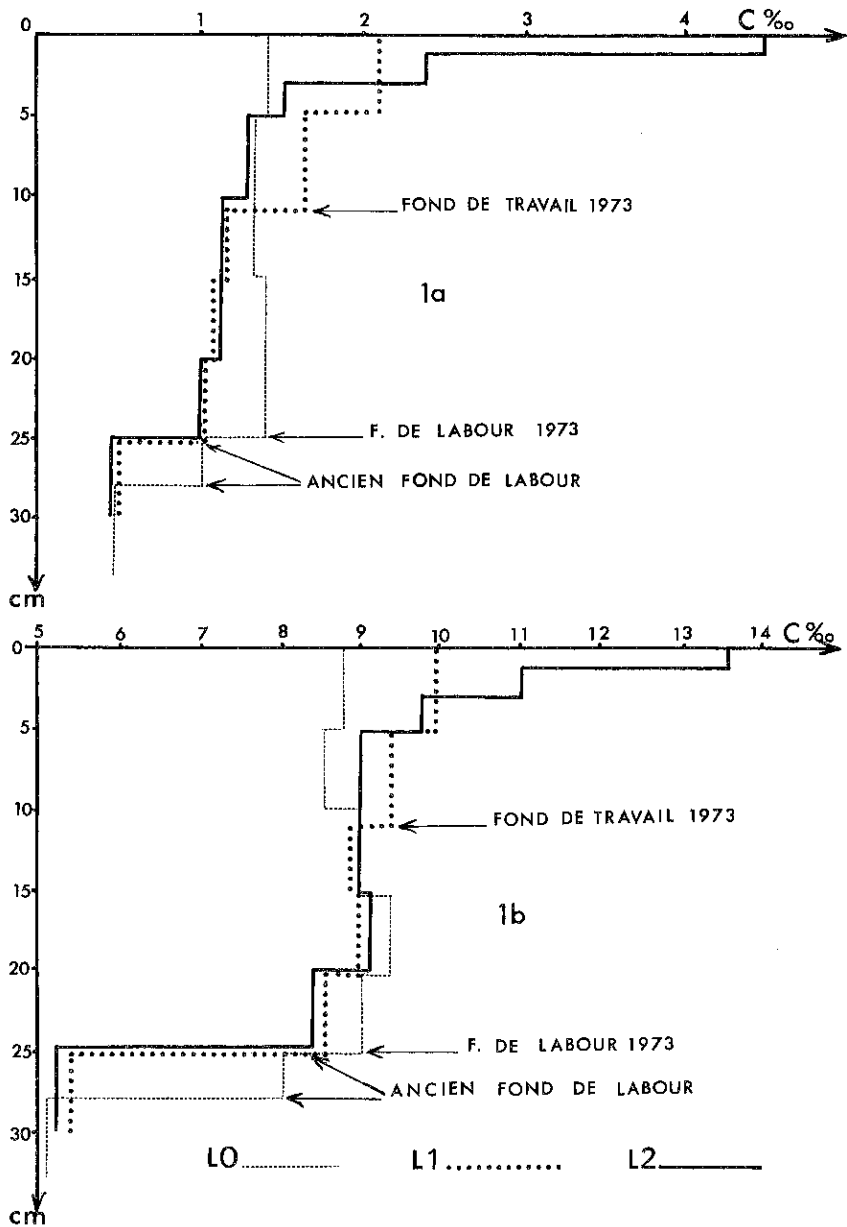


FIG.1 - VARIATION DE LA TENEUR EN CARBONE LIBRE (1a) ET LIE (1b) AVEC LA PROFONDEUR.

- l'évolution depuis 1970 des stocks de chacune des fractions présentes dans la couche initialement labourée.

### 1) Répartition des matières organiques dans le profil.

Les graphiques de la figure 1, établis à partir des résultats de Boigneville, montrent que les profils de teneurs sont fortement différenciés en fonction des techniques de travail du sol.

Si l'on prend comme référence le profil correspondant au traitement  $L_0$ , on enregistre un enrichissement très sensible de la couche travaillée (0-11 cm) des parcelles  $L_1$ .

Cette concentration en surface des matières organiques appartenant aux deux fractions libre et liée est encore plus marquée dans les parcelles  $L_2$  où elle n'affecte que les 3 à 5 cm superficiels.

Dans les deux cas, on observe en contre partie un appauvrissement en carbone libre des couches sous jacentes.

Les profils sous traitement  $L_0$  mettent, par ailleurs, en évidence une diminution, d'environ 3 cm, de la profondeur moyenne des labours actuellement pratiqués par rapport à la profondeur maxima des labours antérieurs. Enfin, on note que les teneurs en matières organiques caractéristiques des sous sols non labourés ( $C_L = 5\%$  et  $C_1 = 0,5\%$  en moyenne) apparaissent sous  $L_1$  et  $L_2$  à une profondeur moindre que sous  $L_0$ . Ce fait, évidemment lié à l'augmentation générale de compacité dans les couches non travaillées sous les deux techniques nouvellement introduites, va rendre nécessaire, dans ce qui suit, l'abandon de la référence "épaisseur" au bénéfice de la référence "poids de terre" pour définir les couches comparées.

C'est sur cette base que sont présentés les résultats figurant au tableau I.

Pour tous les traitements, la couche totale prise en compte correspond au poids moyen par hectare de la couche labourée dans les parcelles  $L_0$ , soit 3 400 tonnes de terre par hectare.

De la même façon, le poids de la couche travaillée superficiellement dans les parcelles  $L_1$  a servi à dis-

		Carbone libre %.			Carbone lié %.		
		Maïs	Blé	$\bar{M}$	Maïs	Blé	$\bar{M}$
L <sub>0</sub>	Surface	1,44	1,30	1,37	8,27	9,13	8,70
	Fond	1,49	1,25	1,37	8,73	9,08	8,90
L <sub>1</sub>	Surface	1,95	1,77	1,86	9,45	9,68	9,56
	Fond	1,18	1,13	1,15	8,57	8,97	8,77
L <sub>2</sub>	Surface	2,31	1,97	2,14	10,28	10,48	10,38
	Fond	1,22	1,09	1,15	8,73	9,12	8,92
Surface	L <sub>0</sub> < L <sub>1</sub> < L <sub>2</sub> (***) Maïs > Blé (P = 0,10)			L <sub>0</sub> < L <sub>1</sub> < L <sub>2</sub> (***) L <sub>0</sub> < L <sub>2</sub> (***)			(*)
Fond	L <sub>0</sub> > L <sub>1</sub> = L <sub>2</sub> (***) Effet précédent : NS			Effet précédent : NS Aucune différence n'est significative			

\* : Significatif

\*\*\* : hautement significatif

TABLEAU I - Teneurs en carbone libre (C<sub>l</sub>) et en carbone lié (C<sub>l</sub>) en fonction de la profondeur (Boigneville - 1974).

tinguer les couches "surface" des couches "fond" des trois traitements.

L'ensemble des calculs nécessaires pour passer des teneurs des couches échantillonnées aux teneurs moyennes figurant sur le tableau I ont été effectués à partir des résultats de densité en place mesurée en 1973 (on a utilisé la valeur moyenne de densité correspondant à chaque type de situation : profondeur x précédent x technique).

On peut alors dégager de ces résultats quelques tendances principales :

Dans le cas des matières organiques libres, l'enrichissement moyen des couches de surface, exprimé par rapport à la couche homologue de  $L_0$ , prise comme référence, atteint : + 36 % dans les parcelles  $L_1$ ,  
+ 56 % dans les parcelles  $L_2$ .

Parallèlement, les couches de "fond", non travaillées, s'appauvrissent (- 16 %). Cette différenciation hautement significative du profil des teneurs, dans laquelle intervient de façon non négligeable l'influence du précédent immédiat, est liée, semble-t-il, davantage à une différence de localisation des restitutions qu'à une différence de vitesse d'évolution à effet cumulatif.

En ce qui concerne les matières liées, seul l'enrichissement des couches de surface est manifeste : + 10 % et + 20 % respectivement pour  $L_1$  et  $L_2$  par rapport à  $L_0$  ; la teneur des couches non travaillées reste inchangée.

Ici encore, l'évolution constatée apparaît plus comme une conséquence de la localisation des résidus de récolte -dont les produits de transformation se fixent sur place aux constituants du sol- qu'à un ralentissement de l'évolution elle-même.

Tout au plus, comme on le verra à propos de la stabilité structurale, peut-on penser qu'il existe à la surface des parcelles  $L_2$  une accumulation relative de produits transitoires de l'humification analogue à celle qui est observée sous prairie.

## 2) Evolution au cours des 4 premières années d'essai.

Le tableau II présente l'état des stocks des matières libres et liées évalués en 1970 et en 1974 dans les



1970			1974		
	T/ha	T/ha	Valeurs indexées /1970	Valeurs indexées /L <sub>0</sub> 1974	
L <sub>0</sub>	MO Totales	69,0	70,5	100	
	MO Libres	11,0	9,3	100	
	MO Liées	58,0	61,2	100	
L <sub>1</sub>	MO Totales	68,4	72,1	102	
	MO Libres	10,9	9,9	106,5	
	MO Liées	57,5	62,2	101,6	
L <sub>2</sub>	MO Totales	69,2	73,8	104,7	
	MO Libres	11,7	9,9	106,5	
	MO Liées	57,5	63,9	104,4	

TABIEAU II : Stocks de matières organiques totales, libres et liées en 1970 et 1974 (Boigneville).

3 400 t/ha superficielles des différents traitements.

Notons d'abord que malgré la précision de l'essai de Boigneville à cet égard (le coefficient de variation est de 4 % pour les matières liées et de 6.7 % pour les matières libres) aucune des différences constatées n'est significative. Cette stabilité relative peut d'abord refléter l'absence de différences marquées de production -et donc de restitutions organiques- entre les différents traitements. On peut aussi la rapprocher du fait que, malgré un accroissement de compacité dans les couches non travaillées, l'état physique y reste dans l'ensemble satisfaisant : dès lors les conditions d'évolution n'apparaissent pas bouleversées.

Enfin cette stabilité n'est que relative et les résultats présentés dans le cas des matières liées dont les variations ont le plus de signification du point de vue cumulatif, traduisent une évolution même si son ampleur est limitée :

- tout d'abord, le traitement "labour" n'apparaît pas en état d'équilibre humique : un accroissement de stock de 5,5 % en 4 ans n'est pas négligeable même s'il est dû, en partie au moins, à une diminution de la profondeur moyenne des labours pratiqués (figure 1).

- en second lieu, l'accroissement relatif du traitement L<sub>2</sub> est également supérieur à 1 % par an.

- enfin, les tendances enregistrées à Boigneville se retrouvent dans leurs grandes lignes à Saint Aubin. Il s'agit donc vraisemblablement d'un début d'évolution réelle.

#### IV - CONSEQUENCES SUR CERTAINS COMPORTEMENTS MECANIQUES ET STRUCTURAUX.

##### 1) Stabilité structurale.

Rappelons tout d'abord que ce comportement, et singulièrement son évaluation au moyen du critère "agrégats stables après prétraitement au benzène", sont soumis à des variations saisonnières importantes comportant un maximum en été et un minimum en fin d'hiver. Les tests ont été ici réalisés sur des échantillons prélevés en Octobre 1974 au terme d'une période à pluviométrie largement excédentaire : on peut donc considérer qu'ils reflètent un comportement

Année	Essai	Traitement	Type de MO	Regression	Coefficient de corrélation
1970	Boigneville	ensemble des couches	C <sub>L</sub>	-	r = 0,068 NS
1974	Boigneville	Couches	C <sub>L</sub>	Ag <sub>b</sub> = 2,32 C <sub>L</sub> + 0,35	r = 0,616 **
		travaillées	C <sub>L</sub>	Ag <sub>b</sub> = 0,60 C <sub>L</sub> - 1,58	r = 0,540 **
	Boigneville	couches non	C <sub>L</sub>	Ag <sub>b</sub> = 4,42 C <sub>L</sub> - 1,68	r = 0,776 **
		travaillées	C <sub>L</sub>	Ag <sub>b</sub> = 2,10 C <sub>L</sub> - 14,95	r = 0,678 **
	Saint Aubin	couches	C <sub>L</sub>	Ag <sub>b</sub> = 1,79 C <sub>L</sub> + 3,46	r = 0,687 **
		travaillées	C <sub>L</sub>	Ag <sub>b</sub> = 0,52 C <sub>L</sub> + 1,91	r = 0,273 NS
Saint Aubin	couches non	C <sub>L</sub>	Ag <sub>b</sub> = 3,02 C <sub>L</sub> + 1,48	r = 0,867 **	
	travaillées	C <sub>L</sub>	Ag <sub>b</sub> = 0,65 C <sub>L</sub> + 0,50	r = 0,37 **	

\*\* : Hautement significatif

TABLEAU III - Relations entre la stabilité structurale (Agb %) et les taux de carbone organique libre (C<sub>L</sub>) et lié (C<sub>L</sub>) (Boigneville et St Aubin, 1974).

moyen corrigé dans une large mesure des variations saisonnières.

En comparant les résultats obtenus en 1970 dans des conditions analogues à ceux qui rendent compte du comportement des mêmes parcelles différenciées par 4 années d'essai, on constate :

- une stabilité inchangée ( $Ag_b = 3$  à  $4\%$ ) en  $L_0$  et dans les couches profondes de  $L_1$  et  $L_2$ ,
- un accroissement modéré de stabilité dans la couche travaillée de  $L_1$ ,
- un accroissement considérable de stabilité dans les 3 cm les plus superficiels de  $L_2$  ( $Ag_b = 10$  à  $25\%$ ). Dans ce dernier cas, l'amélioration constatée est supérieure à ce qu'on observe à la même profondeur sous une prairie temporaire de 4 ans.

La convergence de ces observations avec celles que nous avons présentées, sur la répartition des matières organiques dans le profil, nous a conduit à rechercher des corrélations entre ces deux séries de variables.

Le tableau III rassemble les équations de régression obtenues en distinguant les couches travaillées et non travaillées.

Deux conclusions principales valables aussi bien à Saint Aubin qu'à Boigneville ressortent de cet ensemble de relations :

- le taux  $Ag_b\%$  dépend plus étroitement de la teneur en matières organiques libres que de la teneur en matières organiques liées.
- les relations établies, qu'il s'agisse du carbone libre ou du carbone lié, sont plus étroites dans les couches non travaillées que dans les couches travaillées.

Ces deux points peuvent faire l'objet d'une même interprétation, déjà proposée pour expliquer une observation analogue faite sous prairie temporaire : si l'on admet qu'il existe au sein des matières liées, par nature seules susceptibles de modifier le comportement du sol vis à vis de l'eau, une petite fraction de substances préhumiques particulièrement efficaces (G. MONNIER, 1965) et dont on peut raisonnablement estimer la quantité proportionnelle aux matières

libres dont elles sont issues, la relation privilégiée  $Ag_b-C_1$  est parfaitement explicable.

Il est également plausible que l'absence de travail du sol, d'abord en préservant la juxtaposition dans l'espace des matières libres et des produits préhumiques actifs qui en dérivent, peut être aussi en ralentissant quelque peu les processus d'évolution à leur niveau, resserre la relation générale constatée.

S'il en est ainsi, l'amélioration liée à des substances transitoires ne subsisterait que très partiellement après un rétablissement de techniques de travail du sol. C'est effectivement ce que l'on observe après remise en culture de prairies à l'aide de labours ou de travail superficiel.

## 2) Sensibilité au tassement.

L'analyse statistique des valeurs de poids volumiques d'agglomérats naturels tamisés entre 2 et 3 mm (Communication précédente, Boigneville 1974) fait apparaître les résultats suivants :

- le poids volumique textural est significativement plus élevé (c'est-à-dire que la porosité texturale est plus faible) sous labour.

- il existe une interaction traitement x profondeur hautement significative : le poids volumique  $\gamma_d^a$  est plus faible dans la couche superficielle (0-7 cm) que dans la couche profonde en  $L_1$  et  $L_2$ , identique pour les deux profondeurs en  $L_0$ .

Il y a donc également dans le cas de cette variable une convergence avec les résultats obtenus pour la répartition des matières organiques. Les effets physiques des variations de teneur en matière organique liée étant difficiles à distinguer de ceux des variations de teneur en argile, compte tenu des interactions entre ces deux constituants, nous nous sommes surtout efforcés de mettre en évidence l'effet des matières organiques libres.

Celui-ci est bien caractérisé par la régression double suivante (Boigneville - essai A, 1974) :

$$\gamma_d^a = - 0,0400 C_1 + 0,0121 A + 1,603 \quad r = 0,82 **$$

$C_1$  = teneur en carbone libre en %.

A = teneur en argile en %

Elle montre que l'enrichissement en carbone libre a statistiquement pour effet un accroissement de la porosité texturale. Celui-ci est considérable puisqu'une variation de 1 % de C entraîne une augmentation de porosité de 1,5 % (en % du volume apparent des agglomérats). Plusieurs hypothèses peuvent être formulées pour expliquer cet effet :

- la matière organique libre peut avoir un effet direct de protection de la porosité en "amortissant" les contraintes que subit le matériau (GUERIF, 1976) et modifiant ainsi sa sensibilité au tassement. Ce rôle protecteur serait alors essentiellement le fait de la couche de débris accumulés en surface ( $L_2$ ) ou distribués dans la porosité structurale.

- il peut s'agir d'une modification de l'assemblage élémentaire, pour un niveau de contrainte inchangé, liée directement à la variation de constitution du matériau au niveau textural. On ne peut exclure dans ce cas que l'effet prépondérant soit celui des matières organiques liées, la relation porosité-carbone libre n'étant alors que le reflet d'une liaison carbone libre-carbone lié au niveau des agglomérats.

Ces hypothèses ne sont évidemment pas exclusives et il apparaît très difficile de distinguer la part de chacune d'elles dans les variations de porosité observées. Il reste qu'au niveau des variations de porosité et contrairement aux suppositions qui prévalaient lors de l'implantation de l'essai, le seul effet cumulatif de la suppression du travail du sol est un accroissement de porosité texturale, lié aux modifications de la répartition des matières organiques.

## V - CONCLUSION

Quatre années d'essai représentent "a priori" une courte durée du point de vue de l'évolution des matières organiques et des conséquences de cette évolution. Il est toutefois possible, à partir des résultats qui viennent d'être présentés et discutés, de porter un premier jugement à cet égard sur les techniques comparées au labour et aussi d'en-

visager les moyens d'extrapolation de ces premières conclusions.

On peut considérer comme acquis que le remplacement du labour par des techniques de travail superficiel ou par le semis direct, a pour première conséquence une concentration des résidus de récoltes et de leurs produits de transformation dans la partie supérieure du profil. Ceci entraîne une profonde modification des propriétés physiques et mécaniques d'une couche dont l'importance est grande à un double titre :

- d'une part, elle représente l'interface entre la masse du sol et les facteurs climatiques ou mécaniques susceptibles d'en dégrader la structure.

- d'autre part, elle constitue l'essentiel sinon la totalité du lit de semence dont on sait que les qualités sont souvent déterminantes vis à vis de la bonne implantation de la culture.

Il convient de distinguer à cet égard les deux types de techniques étudiées :

- le travail superficiel se comporte en fait comme une variante du labour dans laquelle une couche peu épaisse reçoit à peu près dans les mêmes conditions et, à rendement égal, en quantité équivalente, la quasi totalité des restitutions organiques de la rotation. De ce fait, les stocks à l'équilibre ne seront vraisemblablement pas très différents ; la teneur de la couche de surface doit donc croître jusqu'à un niveau 2 à 3 fois plus élevé que dans les parcelles labourées selon les profondeurs relatives du labour et du travail superficiel.

Par ses conséquences sur la stabilité structurale, cette évolution peut, en terre battante, pallier tout ou partie des effets néfastes d'une technique dangereuse à cet égard. Elle n'interviendra toutefois que progressivement et les teneurs à l'équilibre resteront du même ordre de grandeur.

- le semis direct pose, lui, des problèmes qualitativement différents de ceux du labour. Il est de ce fait plus difficile d'extrapoler les résultats dans le temps et à d'autres conditions pédoclimatiques et culturelles.

Dès maintenant, on a pu noter le rôle protecteur joué tant vis à vis des phénomènes de battance que vis à vis

des contraintes mécaniques par l'accumulation en surface des matières organiques. Cette action semble pouvoir conduire, au contraire de ce qui était attendu, à une amélioration progressive de l'état physique moyen, au moins en surface et peut être même dans les couches sous jacentes.

Mais il n'est pas possible, sans une nouvelle série de résultats, en 1978 par exemple, d'extrapoler l'allure de cet enrichissement ni, à fortiori, les avantages et peut être aussi les inconvénients (efficacité des herbicides, parasitisme,...) qui pourraient alors apparaître.

De même, il serait hasardeux de tenter à partir de ces premiers résultats, si nets soient-ils, de généraliser à d'autres conditions de sols et à d'autres rotations tant que les phénomènes qu'ils expriment ne sont pas suffisamment analysés. La situation étudiée ici est, en effet, caractérisée par un comportement d'ensemble des parcelles L<sub>2</sub> qui n'est fondamentalement différent des parcelles labourées ni au niveau des conditions physiques dans le sol -et cela tient en grande partie à sa texture- ni au niveau des rendements donc des restitutions et cela n'est pas sans liaison avec les cultures pratiquées. C'est donc sur ce traitement, le plus significatif d'une philosophie différente du travail du sol, que l'on devra concentrer les recherches.

#### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANNE, P. (1945) - Dosage du carbone organique du sol.  
Ann. Agron. Série A. 165.

GUERIF, J. (1976) - Première contribution à l'étude de l'influence des matières organiques sur le comportement au compactage des sols.  
Mémoire de D.E.A. - U.S.T.L.-E.N.S.A. Montpellier.

HENIN, S. et TURC, L. (1949) - Essai de fractionnement des matières organiques du sol.  
C.R. Acad. Agric. 35, 41-43.

MONNIER, G., TURC, L. et JEANSON-LUUSINANG, C. (1962) - Une méthode de fractionnement densimétrique par centrifugation des matières organiques du sol.  
Ann. Agron. 13(1), 55-63.

MONNIER, G. (1965) - Action des matières organiques sur la stabilité structurale des sols. - Thèse Paris.