



HAL
open science

Les rendements des cultures

J.F. Fourbet, H. Manichon, Pierre Stengel

► **To cite this version:**

J.F. Fourbet, H. Manichon, Pierre Stengel. Les rendements des cultures. Perspectives Agricoles, 1980, 2, pp.30-36. hal-02730672

HAL Id: hal-02730672

<https://hal.inrae.fr/hal-02730672>

Submitted on 2 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.



SPECIAL
SEMIS DIRECT

Revue Agricole AVS-62
Février 1982

N° spécial semis direct

LES RENDEMENTS DES CULTURES

Par J.F. FOURBET (INRA)
H. MANICHON (INA-PG), et P. STENDEL (INRA)

La première question posée au sujet d'une nouvelle technique a naturellement trait au niveau de rendement que l'on peut en obtenir. Cette question, légitime, ne peut cependant recevoir une réponse basée sur une simple comparaison des rendements acquis en utilisant plusieurs techniques. En effet, on ne saurait oublier que les techniques culturales ne jouent pas directement sur la plante elle-même, mais influent sur le rendement par l'intermédiaire de modifications plus ou moins nettes de l'état du milieu (dans ses composantes physique, chimiques et biologiques). Ainsi, une parcelle à un instant donné se caractérise par un état résultant d'une histoire, dont la technique d'implantation n'est qu'un élément.

Il est cependant nécessaire de tirer des conclusions de portée générale susceptibles de guider les choix techniques (1). Pour ce faire, on doit s'efforcer de séparer l'accessoire et l'anecdotique de l'essentiel : on définira ainsi un « état moyen » du profil cultural (SEBILLOTTE M. 1975), spécifiquement lié à l'itinéraire technique pratiqué et au milieu physique.

A partir de là, on peut aborder l'étude des relations rendement-techniques selon deux directions :

— la plante et ses relations avec le milieu : les exigences du végétal par rapport à l'état du milieu varient d'une manière considérable d'une culture à l'autre, et selon le climat au cours du cycle de développement ;

— les relations climat-sol et sol-techniques, au travers desquelles est déterminé l'état du milieu qui servira de support à la plante ; on pourra ainsi s'interroger sur « l'aptitude des milieux physiques au semis-direct », en particulier dans le cas où tout travail du sol est exclu pour chaque culture de la succession.

SEMIS DIRECT ET ÉLABORATION DU RENDEMENT

Le travail du sol a pour objectif général de créer les conditions les plus favorables pour la mise en place d'une culture et permettre ainsi, dans un climat donné, l'élaboration d'un rendement élevé grâce à l'utilisation, sans limitation, des éléments nutritifs et de l'eau : le « profil cultural » doit satisfaire les exigences de la culture.

Le tableau 1 rassemble d'une manière concise les effets principaux des opérations de labour et de reprises de labour. On peut, par comparaison avec cet itinéraire « traditionnel », présenter ceux à attendre du semis direct.

Il apparaît nettement que les effets du travail du sol ne peuvent se réduire, à la seule destruction de la végétation en place : le semis direct ne pourra prendre en charge qu'une partie des fonctions généralement dévolues aux opérations culturales (MONNIER G. 1969) car :

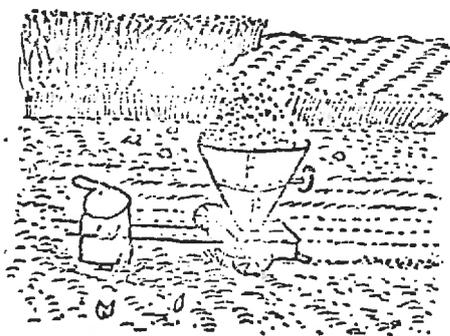
— les effets sur la structure sont réduits à la seule ligne de semis : il n'y a donc pas de possibilité d'améliorer globalement, par une action directe,

l'état du profil cultural. Celui-ci présente, pour la majeure partie de son volume, un état massif plus ou moins fissuré (donc plus ou moins poreux) selon l'histoire culturale et les propriétés du matériau constitutif et l'action du climat (MANICHON H. et BODET JM 1976).

— les effets de mélange sont inexistant : ceci amène, en quelques années sans retournement du sol, à différencier la couche de surface des couches sous-jacentes (accumulation en surface de débris végétaux, engrais, résidus de pesticides...),

— la destruction des parasites et adventices doit être assurée par d'autres voies que mécaniques.

On ne peut conclure de cet inventaire que le semis direct sera systématiquement, du point de vue des rendements, surclassé par les techniques plus classiques. Celles-ci en effet n'aboutissent pas forcément à des résultats satisfaisants, soit parce qu'elles sont mal utilisées, soit parce que certaines terres sont vraiment difficiles à travailler correctement (cas de certains Terreforts du Sud-Ouest par exemple). Il reste que « l'état



(1) Si ces données n'existent pas, une nouvelle technique sera adoptée (ou rejetée) selon d'autres critères, organisation par exemple, qui risquent ainsi d'être trop privilégiés.

oyen » du profil cultural créé en semis direct va définir des conditions particulières pour l'établissement et le fonctionnement du peuplement végétal. On se limitera ici aux aspects physiques et chimiques, les aspects nutritifs étant traités par ailleurs (1).

se en place du peuplement et du système racinaire :

EXIGENCES DES PLANTES

Les exigences de la plante par rapport à l'état du milieu résultent :

caractéristiques morphologiques de l'espèce : celles-ci déterminent une plus ou moins grande tolérance à l'état du profil cultural. Il faut prendre compte :

pour la germination et la levée : les caractéristiques de la graine (dimension, nature des enveloppes), qui déterminent la plus ou moins grande capacité de son humectation dans un lit

sensibilité plus ou moins grande des systèmes racinaires à l'état physique du profil cultural (structure et humidité) et les répercussions pour les parties aériennes. Il faut souligner, dans le cas du semis direct, le rôle très néfaste joué par les discontinuités structurales sur l'implantation de racines sensibles (cas du maïs par exemple), ces discontinuités apparaissant entre la bande travaillée par le semoir et les zones environnantes.

Du climat : selon les cas, il accroît ou modère les exigences des plantes par rapport à l'état du profil cultural :

- une température trop faible au moment de l'installation de la culture ralentit la croissance de celle-ci, la rendant plus sensible aux parasites et à la concurrence avec les adventives. Le réchauffement plus lent du profil en semis direct (lié à la présence de matières organiques accumulées en surface, dans le cas d'utilisation en

continu de la technique) peut ici handicaper les espèces à fortes exigences thermiques (maïs par exemple).

- un dessèchement rapide du profil pénalise la germination (d'autant plus que la discontinuité existant, on l'a vu, entre lit de semence et zone sous-jacente limite les mouvements d'eau vers celui-ci), et perturbe la colonisation du profil par les racines. On obtient les mêmes inconvénients lorsque les pluies sont abondantes et ne peuvent s'infiltrer convenablement dans le profil, créant des conditions d'anoxie.

Des modalités de croissance et de développement de la plante : la longueur du cycle végétatif, sa place dans le calendrier, déterminent les risques par rapport à la sécheresse ou à l'excès d'eau pour l'implantation des organes de la plante dans le profil cultural. Enfin, l'existence de possibilités de compensation d'un peuplement trop faible par d'autres composantes du rendement (grâce au tallage par exemple), rend moins déterminante la phase d'installation du peuplement. Les différences de comportement à cet égard entre blé d'hiver et maïs ont été bien mises en évidence par BOIFFIN et al (1976), grâce à l'analyse des 6 premières années des essais de BOIGNEVILLE, lesquelles révèlent par ailleurs l'existence de variations inter-annuelles de loin plus importantes que les écarts de rendement dus aux techniques d'implantation.

CLASSEMENT DES ESPECES :

On peut déduire de tout ceci, pour les climats français, que les cultures :

- les moins exigeantes sont les cultures d'hiver, en particulier les céréales,

- les plus exigeantes sont les cultures de printemps comme le maïs, la betterave sucrière ou le tournesol.

Les autres cultures (céréales de printemps, colza d'hiver...), occupent une position intermédiaire, et « passeront » plus ou moins facilement selon le climat et l'état de la parcelle laissée après la récolte du précédent cultural.

Ce classement trouve son origine essentiellement dans les conditions

TABLEAU 1 : Principaux effets du travail du sol

EFFETS	LABOUR	REPRISES DE LABOUR
SUR LA STRUCTURE (état physique du profil cultural)	- émiettement et accroissement de la porosité (effets sur les racines, la circulation de l'eau et de la chaleur)	- <i>affinement, tassement et triage (lit de semence) : effet sur germination et levée et comportement de la surface du sol</i> - <i>ameublissement et tassement des couches plus profondes (effet sur les racines...)</i>
DE MELANGE	- incorporation dans la couche travaillée de : reliquats de pesticides, résidus de récolte, engrais...	- <i>incorporation des pesticides et des engrais.</i>
DE DESTRUCTION (végétation et parasites)	- par enfouissement grâce au retournement de la bande de labour.	- <i>destruction de la végétation adventice ayant poussé depuis le labour.</i>

semence de caractéristiques données (affinement, porosité, humidité), type de levée : les risques de déficit sont plus importants pour les plantes à germination épigée », pour lesquelles les cotylédons doivent sortir de terre ; s'ils ont de plus un rôle chlorophyllien à jouer (cas de la betterave), la graine contenant peu de réserves, la rapidité de levée (rôle de la profondeur de semis et de sa régularité) peut être déterminante pour la plante.

pour la croissance et le fonctionnement des racines : le nombre de racines et leur grosseur conditionne la

TABLEAU 2 : Classement des rendements obtenus en Semis Direct et Labour (Divers essais)

	Grignon		Boigneville				St Aubin		Auzeville		Sopra	
	Orge Monoculture	Maïs Monoculture	Maïs / Blé	Maïs Irrigué/Blé	Maïs / Maïs	B.é / Maïs	Blé / Blé	Maïs / Blé	Blé / Maïs	Blé / Maïs	Blé / Divers Préc.	
SD > L	0	0	0	0	0	2	1	2	2	0	1	7
SD ≈ L	1	1	2	0	3	7	2	3	3	0	1	6
SD < L	8	7	4	6	4	3	4	1	1	5	3	4



SPECIAL SEMIS DIRECT

rations précédentes, les constituants organiques et carbonatés.

En effet, pour porter un jugement sur l'aptitude au semis direct, il faut tenir compte du comportement physique résultant de l'état structural obtenu.

Ainsi un sol argileux réunit trois conditions qui conduisent a priori à un état structural favorable : stabilité structurale élevée, faible sensibilité au tassement, forte aptitude à la fissuration. Mais en période de forte humidité, l'ensemble des pores peuvent être de faible dimension, la perméabilité faible et le taux de saturation élevé, avec pour conséquence de grands risques d'asphyxie. L'aptitude au non travail dépendra alors de la persistance de quelques pores de grandes dimensions dont le volume peut être réduit (BOUMA 1979) et imprévisible.

A l'opposé pour des matériaux à squelette sableux pauvres en argile, la disparition de la porosité due au travail du sol ne se traduira pas généralement par ce risque d'asphyxie, mais — en l'absence d'effet correcteur de la matière organique — par une résistance élevée à la déformation, freinant fortement la croissance racinaire.

On est ainsi conduit à proposer de façon provisoire une classification qui fait apparaître comme plus favorable au semis direct les textures comportant un taux d'argile compris entre 20 et 40 %, cette fourchette étant donnée à titre indicatif (figure 7).

Pour celles-ci, l'exemple le mieux connu, et important par sa représentativité, est celui de l'essai de l'I.T.C.F. déjà mentionné, à partir duquel on a pu établir (STENGEL 1979) une régression permettant de caractériser l'état structural probable en sol de limon argileux bien drainé (pour le climat du Bassin Parisien) :

$$n^s = -0,32w + 0,44A + 4,8$$

n^s : porosité structurale (porosité de fissures + porosité d'origine biologique)

w : teneur en eau

A : teneur en argile

qui montre que dans cette classe texturale, l'accroissement de teneur en argile est favorable à la persistance d'une porosité de grande dimension.

L'amélioration des critères de choix du semis direct comme technique permanente dépend de la multiplication de références de cette nature dans quelques situations bien typées (nature du sol, climat, drainage). Mais la prise en compte des facteurs extrinsèques à la couche arable, la synthèse et l'extrapolation des résultats obtenus, ne pourront être traitées qu'à partir d'une carte pédologique, actuelle-

ment inexistante pour la majeure partie du territoire.

Ajoutons enfin que la quasi totalité des recherches sur le semis direct ont visé à quantifier — exclusivement en termes de rendement dans la plupart des cas — les risques culturels encourus par rapport aux techniques classiques toutes choses étant égales par ailleurs.

Pourtant de nombreux auteurs ont mentionné l'amélioration de portance dans les parcelles en semis direct continuée à :

— la moindre déformabilité d'un matériau plus compact.

— l'amélioration du drainage dans la couche arable.

— la présence d'une couche très riche en matière organique en surface.

En l'absence d'une évaluation précise de cette amélioration du comportement physique en terme de jours disponibles (pour le semis en particulier) et du bénéfice agronomique qu'elle peut entraîner (réalisation des interventions à la date optimale), le choix du semis direct ne peut être raisonné de façon satisfaisante.

CONCLUSION

Le semis direct est possible, au moins pour certaines cultures : celles dont les caractères morphologiques, les modalités d'élaboration du rendement et le calendrier de développement déterminent des exigences relativement modérées par rapport à l'état du profil cultural. Et pour certains milieux : ceux où, en définitive, le climat pallie suffisamment l'absence de travail du sol (ce qui met en cause à la fois des propriétés du profil et des caractéristiques climatiques).

On constate du reste à ce sujet une certaine cohérence entre les résultats expérimentaux et la théorie que l'on peut en déduire d'une part, la pratique des agriculteurs d'autre part. En effet, l'essentiel des surfaces en semis direct concerne (et concernera sans doute ?) les céréales d'hiver, dans des milieux où le labour n'est pas indispensable ou de probabilité de réussite trop faible. Il faut bien voir que dans d'autres cas, les risques d'obtenir des baisses de rendement, par rapport aux semis pratiqués avec des techniques « traditionnelles », seraient plus importants, surtout en semis direct continu.

L'utilisation occasionnelle du semis direct ne pose, de son côté, pas des problèmes d'une nature particulière par comparaison avec les autres tech-

niques. En revanche, on manque encore actuellement de références sérieuses à ce sujet. En définitive, le semis direct n'échappe pas plus que les autres techniques à la nécessité que son choix soit raisonné, entre autres, en fonction de l'état de la parcelle ; c'est-à-dire dans le cadre du système de culture. ■

BIBLIOGRAPHIE

BODET JM et FOURBET JF (1976) : Incidence de la simplification du travail du sol sur le devenir de P et K (in colloque « simplification du travail du sol en production céréalière - I.T.C.F. »).

BOIFFIN J., SEBILLOTTE M. et COUVREUR F (1976) : Incidence de la simplification du travail du sol sur l'élaboration des rendements du blé et du maïs (in colloque « simplification du travail du sol en production céréalière » - I.T.C.F.).

BOUMA J., JONGERIUS A., SCHOONDERBEEK D. (1979) : Calculation of saturated hydraulic conductivity of some pedal clay soils using micromorphometric data. Soil Science Society of America JOURNAL 43 (2).

CANNELL R Q, DAVIES D B, MACKNEY D, PIDGEON J D (1978) : The suitability of soils for sequential direct drilling of — combine — harvested crops in Britain : a provisional classification. Outlook on Agriculture, 9 (6) 306-316.

CANNELL R Q, GOSS M J, ELLIS F B, (1979) : The suitability of — clay soils in England for growing winter cereals after direct — drilling or shallow cultivation. Proceedings of the 8th ISTRO Conference. University of Hohenheim (R.F.A.) 185-190.

DECOCQ G, RIGA (1976). Pratiques culturales et développement racinaire de l'avoine, du froment d'hiver et de l'orge de printemps. Symposium de céréaliculture. Gembloux.

ELLIS FB, BARNES BT (1973) : Estimation of the distribution of living roots of plants under field conditions. Plant and soil 39, p. 81-91.

FOURBET JF (1975) : Effets à long terme des techniques simplifiées. La simplification des techniques de travail du sol. Etude SEI n° 59, p. 145-209.

GUERIF J, FAURE A (1979). Rôle de la matière organique sur le comportement des sols au compactage : étude statistique. Annales Agronomiques 30 (5) sous presse.

HENIN S, MONNIER G, GRAS R (1969) : Le Profil Cultural, MASSON.

KHEYRABI D, MONNIER G. (1968). Etude expérimentale de l'influence de la composition granulométrique des terres sur leur stabilité structurale. Annales Agronomiques 19 (2), 129-152.

(Bibliographie suite page 82)



SPECIAL SEMIS DIRECT

de germination et de levée (rôle de l'humidité du sol après semis) et dans les perturbations à l'implantation des racines, elles-mêmes fortement déterminées par l'humidité du profil. Le tableau II, établi à partir de nombreux résultats d'essais, confirme bien ces tendances : très rares sont les cas où, pour les cultures de printemps étudiées (orge et maïs), le classement des rendements est en faveur du semis direct ; pour le blé d'hiver au contraire, ce cas se présente dans chaque essai.

Il faut cependant souligner que de nombreuses autres causes peuvent expliquer les différences observées, dans chaque cas particulier, et qu'il y a lieu de les analyser avec précision pour interpréter les résultats (BOIFFIN et al 1976). Enfin, on ne saurait oublier que ces données ne concernent qu'une partie des milieux physiques, en particulier les essais de longue durée sont établis pour la plupart dans des milieux relativement favorables.

Fonctionnement du peuplement en semis direct :

On a souligné l'importance de la phase d'installation du peuplement. Son fonctionnement va ensuite être largement conditionné par le degré de colonisation du profil par les racines. On observe à cet égard les grands traits suivants :

— Un accroissement de la colonisation de l'horizon superficiel, fortement enrichi en matières organiques dans le cas de semis directs répétés.

— Pour les cultures d'hiver (céréales), une colonisation des horizons profonds parfois plus importante en semis direct que dans les profils labourés. Ceci correspond à l'utilisation par les racines de fissures et de galeries de lombrics, apparaissant plus ou moins nettement selon les milieux après plusieurs années de non travail (DECOQ et RIGA 1976, ELLIS et BARNES, 1973).

— Pour les cultures de printemps, souvent une restriction de l'abondance des racines dans l'ancienne couche labourée et le sous-sol, d'autant plus nette que la dessiccation du profil est rapide (ce qui accroît la rigidité des pores). Dans les cultures à grand écartement entre lignes de semis, on observe souvent une faible extension latérale des racines, surtout lorsque l'interface lit de semence-horizons non travaillés constitue un obstacle (lissages...). Il va résulter de ces modifications de l'enracinement, surtout lorsqu'elles sont très accusées, des conséquences variées sur la nutrition minérale et l'alimentation hydrique.

Cas du phosphore et du potassium :

L'absence de mélange de ces deux éléments, peu mobiles, à la terre, conduit en semis direct continu, (cf figures 1 et 2) (BODET JM et FOURBET JF 1976)

- à une concentration en surface,
- à un appauvrissement de la couche sous-jacente, anciennement labourée, soit par rapport au niveau de départ (K), soit en référence au labour (P).

Ces modifications des profils de teneurs en P et K sont-elles de nature à perturber la nutrition des plantes ? On ne peut ici séparer nutrition minérale et alimentation hydrique. Les résultats expérimentaux disponibles (en sols bien pourvus) suggèrent que les répercussions seront plus sensibles en conditions sèches, lorsque l'humidité de la couche superficielle du profil est trop faible pour que les racines qui y sont localisées puissent fonctionner normalement (cas des cultures de printemps). Pour le maïs, BOIFFIN et al (1976) ont noté cependant qu'à BOIGNEVILLE, l'irrigation ne permet pas de rattraper complètement le handicap du semis direct par rapport au labour. Ils incriminent, pour expliquer ce fait, une perturbation de la nutrition potassique en liaison avec la répartition du système racinaire dans l'ancienne couche labourée. Il apparaît donc que les répercussions de la concentration en surface des éléments nutritifs peu mobiles seront variables, conditionnées par le régime hydrique et le rythme des besoins (donc par le calendrier de développement de la culture), ainsi que par la richesse du milieu. Dans le cas des sols pauvres ou peu pourvus en P et K, pour une culture de printemps comme le maïs, il est raisonnable de penser, comme le suggèrent certains résultats dans le Centre-Ouest, que la localisation de la fumure dans le rang de semis sera profitable. Plus même, pour faciliter le démarrage des cultures d'automne, on conseille parfois de localiser une partie de la fumure dans la fente de semis (travaux de l'A.R.C. en Angleterre par exemple).

En définitive, s'il semble bien possible de nourrir les plantes sans jamais incorporer les éléments P et K en profondeur, on doit cependant s'attendre à certains effets dépressifs liés à la sécheresse et à la sensibilité des racines à l'état structural, ceci bien qu'une partie des éléments soit susceptible de migrer en profondeur ou d'y être redistribuée par le biais des racines et autres éléments vivants (vers de terre, microorganismes...). Ces mécanismes semblent du reste insuffisants à certains chercheurs

Anglais qui travaillent actuellement sur la mise au point d'outils à dents rigides capables de délivrer dans la partie inférieure de la couche arable les éléments minéraux, tout en laissant une surface nivelée (1).

Cas de l'azote :

Les fournitures d'azote à la plante sont largement dépendantes des conditions climatiques, et on observe une grande variabilité interannuelle des teneurs dans les plantes. S'agissant de la comparaison entre semis direct et labour, on constate, le plus souvent, que les différences sont plus marquées pour les cultures de printemps que pour les cultures d'hiver comme le blé, ce qui peut être rapproché de ce que l'on a rapporté de l'aspect des systèmes racinaires dans les deux cas.

Par ailleurs, en semis direct continu, le non enfouissement des résidus de récolte et l'absence d'ameublissement s'accompagnent d'une minéralisation moins importante de la

Niveau (cm)	0-5	5-10	10-20	20-30	0-30
Labour	16,4	22,9	42,7	54,3	136,3
Semis direct	27,1	18,8	37,3	35,9	119,1

matière organique dans les couches profondes, comparée au labour (Tableau 3) dans le cas duquel la minéralisation est plus importante au-dessous de l'horizon 0-5 cm (FOURBET 1975). Si l'on rapporte les quantités d'azote minéralisable de la couche 0-30 cm à la quantité d'azote présent, on définit des taux de minéralisation potentiels qui sont de 2,65 % pour le labour, et de 2,10 % seulement pour le semis direct.

Dans tous ces phénomènes, l'influence de l'humidité et de la température du sol sont vraisemblablement déterminants, mais relativement mal connus. Des mesures de températures effectuées sous orge de printemps, à 15 cm de profondeur, à GRIGNON (FOURBET, 1975), montrent que le labour reçoit une quantité de chaleur plus élevée que le semis direct (Tableau 4) jusqu'à la fin mai, ce qui ne peut être sans effet sur la minéralisation et la croissance racinaire.

Au vu de ces résultats, et sans perdre de vue que la fumure azotée doit

(1) BODET JM (communication orale).

Figure 1

Profil des teneurs en K₂O (Boigneville).
Comparaison 1970 (implantation de l'essai), 1974.

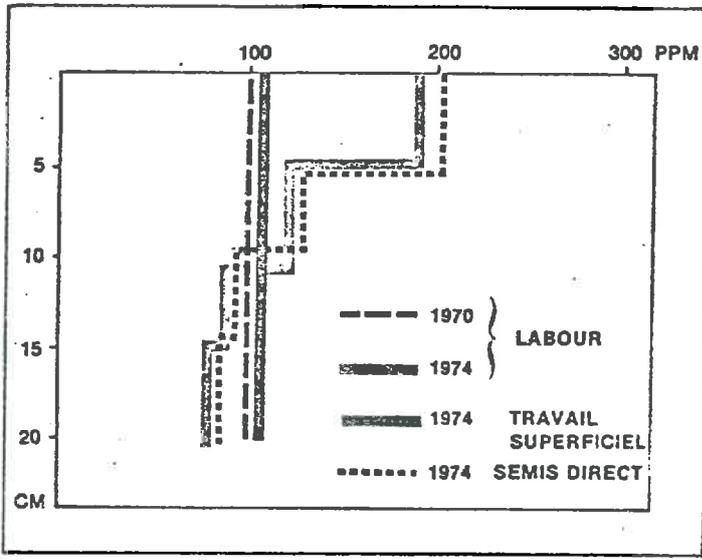
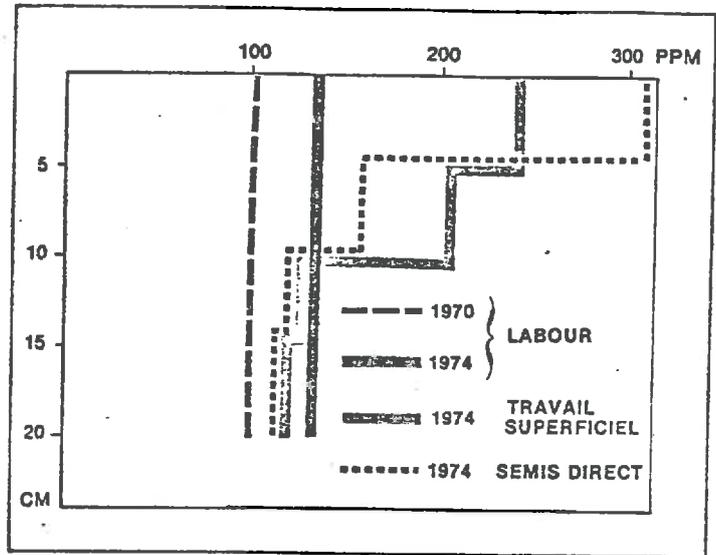


Figure 2

Profil des teneurs en P₂O₅ (Boigneville).
Comparaison 1970 (implantation de l'essai), 1974.



TABEAU 4 : Sommes de températures sous orge de printemps (mesures quotidiennes à 16 H à 15 cm de profondeur) Grignon 1974.

Période	Traitement	Somme de Température
1-28 Avril	Labour	358
	Semis direct	337
29 Avril 21 Mai	Labour	672
	Semis direct	660
22 Mai 25 Juillet	Labour	1 696
	Semis direct	1 769
1er Avril 25 Juillet	Labour	2 726
	Semis direct	2 766

suppression du travail du sol pendant plusieurs années consécutives. C'est-à-dire, d'évaluer les risques à long terme résultant de la pratique systématique du semis direct. Ajoutons que l'expérience acquise concerne surtout les rotations purement céréalières.

L'utilisation annuelle du semis direct peut en effet être raisonnée suivant la même méthodologie que toute autre technique dont deux éléments essentiels sont l'examen du profil cultural et la prévision de son évolution probable au cours du cycle cultural.

L'aptitude au semis direct peut donc se définir comme la probabilité de conserver au sol une structure favorable à l'implantation et à la croissance d'une culture donnée, en n'utilisant que cette technique. Le mot favorable a bien entendu une valeur comparative, la référence choisie étant la technique de préparation du sol traditionnellement considérée comme la meilleure.

Très brièvement les conditions requises principalement de cet état structural sont : de ne pas constituer un obstacle à la croissance des organes souterrains des végétaux cultivés, d'assurer une circulation de l'eau évitant les risques d'anaérobiose et enfin de contribuer à maintenir une portance suffisante pour pratiquer les opérations culturales indispensables.

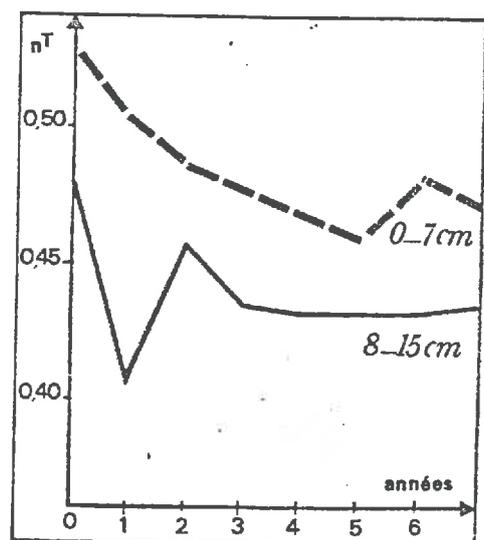
Un des moyens les plus synthétiques pour caractériser l'évolution structurale d'une couche de sol est d'enregistrer les variations de sa porosité totale.

Rappelons qu'il s'agit du rapport :

$$nT = \frac{V_p}{V_A}$$

Figure 3

Evolution de la porosité totale nT en semis direct dans l'ancienne couche travaillée



V_p : Volume des pores présents dans la couche considérée (remplis d'air et d'eau)

V_A : Volume apparent de cette couche.

La figure 3 représente les résultats obtenus dans l'ancienne couche travaillée d'un essai de semis direct. (rotation blé-maïs) en sol de limon-argileux bien drainé du Bassin Parisien (essai de Boigneville - ITCF). On voit qu'à partir de la 3^e année s'établit un état d'équilibre dont l'évolution postérieure est très lente. Ce résultat est confirmé par d'autres auteurs sur des matériaux variés (PIDGEON et al 1977). Evaluer l'aptitude au semis

L'APTITUDE DU MILIEU PHYSIQUE AU SEMIS DIRECT

Définition : Précisons en premier lieu, la nature du problème posé : il s'agit de prévoir l'aptitude physique d'un milieu à produire dans des conditions économiques satisfaisantes après la



SPECIAL SEMIS DIRECT

Figure 4

Stabilité structurale

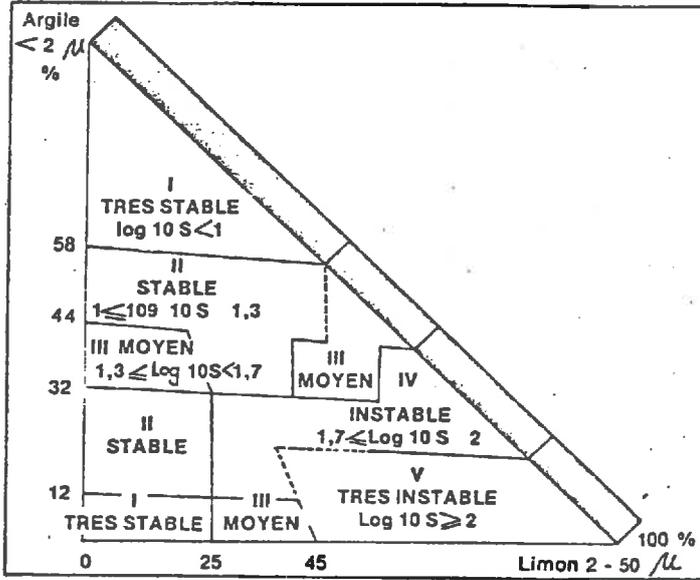
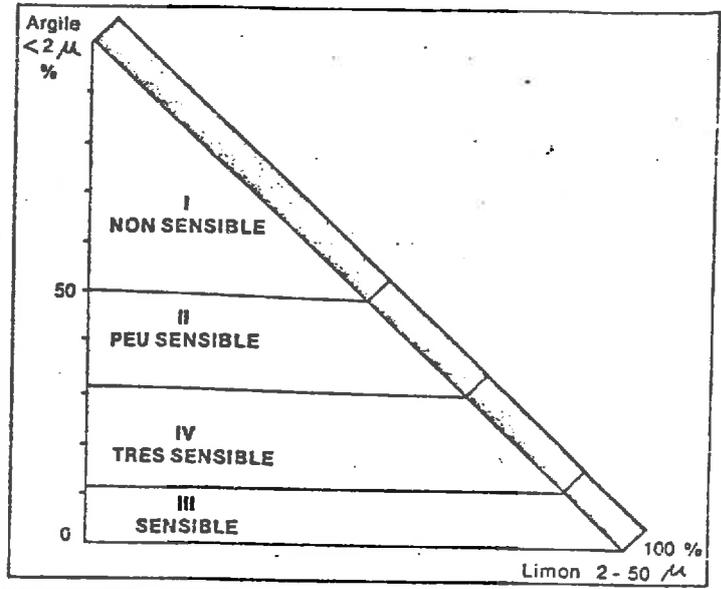


Figure 5

sensibilité au tassement



direct revient donc, dans un premier temps, à prévoir le niveau de cet équilibre (porosité, morphologie structurale) puis ses conséquences pour les conditions mentionnées plus haut.

Facteurs déterminants: Supposons que les contraintes mécaniques maximales imposées au sol par les roullages sont statiquement peu variables au cours du temps. Cet état structural d'équilibre dépend alors :

- des propriétés physiques intrinsèques à l'ancienne couche travaillée qui déterminent sa sensibilité aux actions de dégradation de la structure et sa capacité de régénération,

- des caractéristiques du milieu, extrinsèques à cette couche de sol, et qui déterminent l'intensité des facteurs de dégradation et de régénération.

1) Propriétés physiques de la couche arable* :

A) Sensibilité aux actions de dégradation de la structure.

- Instabilité structurale :

Elle caractérise la sensibilité du matériau à l'action destructive de l'eau vis-à-vis de la structure : submersion, chocs des gouttes de pluie, ruissellement. Elle s'exprime par un indice $\log 10 S$, qui combine les teneurs en agrégats résistant à l'action de l'eau après trois prétraitements standards (HENIN 1969). Cet

indice croît quand l'instabilité augmente. Ses relations avec la constitution granulométrique (KHEYRABI et al 1968) et organique (MONNIER 1965) des sols ont été amplement étudiées. On peut synthétiser les premières par la figure 4, valable pour les cas où le rapport $100 \times \frac{Mo}{A} \leq 7$

Mo : Teneur en matières organiques

A : Teneur en argile

Lorsque $100 \frac{Mo}{A} > 7$ l'instabilité

structurale diminue en fonction de la teneur en matières organiques. Celles-ci auront un rôle décisif pour les matériaux appartenant aux classes IV et V. On peut à partir de régressions (station de Science du Sol d'Avignon) calculer les teneurs nécessaires dans une couche arable de cette nature pour qu'elle change de classe.

Ainsi pour $A = 10 \%$ et $\log 10 S = 2$, il faudra $Mo = 1,2 \%$ pour passer dans la classe III (stabilité moyenne) et $2,4 \%$ pour passer dans la classe II. Une telle modification de teneur requiert des apports annuels considérables (HENIN et al 1969). Elle n'est cependant pas inconcevable en semis direct, à proximité immédiate de la surface (profondeur inférieure à 3 cm) lorsque les résidus de récoltes sont laissés en place (MONNIER et al 1976) et on observe généralement en semis direct une amélioration de la stabilité structurale à ce niveau.

Ainsi, la répétition du semis direct pourrait apparaître comme un moyen de corriger un des comportements défavorables de ce type de matériaux, à condition que :

- l'instabilité ne pénalise pas de façon draconienne les cultures en semis direct durant les premières années,

- la technique de semis ne réduise pas à néant l'amélioration des propriétés de surface en mélangeant la couche enrichie à une couche plus profonde, ou en la projetant hors de la ligne.

- Sensibilité au tassement :

Elle est le plus souvent caractérisée par une courbe donnant, en fonction de l'humidité, la densité atteinte sous l'effet d'un effort mécanique standard en laboratoire. A partir de nombreux tests de ce genre on peut élaborer la figure 3, qui comme la précédente, ne tient compte que de la constitution minérale.

L'effet protecteur des matières organiques vis-à-vis du tassement est cependant bien connu. A partir d'une régression obtenue par GUERIF et FAURE (1979) et liant :

- la densité atteinte lorsque le matériau a l'humidité qui le rend le plus sensible au compactage standard (humidité de l'optimum PROCTOR),

- les teneurs en argile (A) et en matières organiques (Mo), on constate qu'un accroissement de 1% de Mo diminue autant cette densité qu'une augmentation de 13% de (A). On vérifie donc que pour les matériaux situés dans les classes IV et V (dont les textures sont voisines des classes de même rang dans la figure 4) la richesse organique sera décisive. Signalons également que la présence de particules calcaires de même

(*) Notons que toutes les considérations qui suivent et qui font intervenir la teneur en argile ne sont valables que pour les argiles moyennes des sols français dont la capacité d'échange est de 40 à 50 Meq/100 g et lorsque le cation Na^+ représente moins de 10 % de cette C.E.C.

Figure 6

Triangle textural d'aptitude à la fissuration

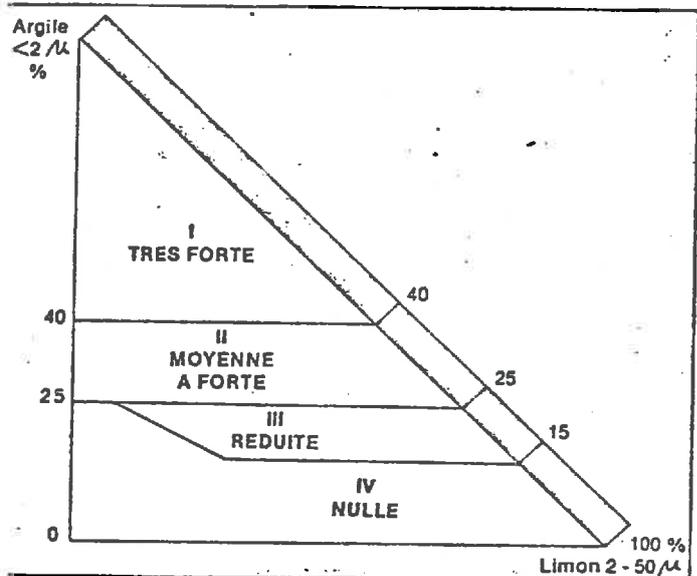
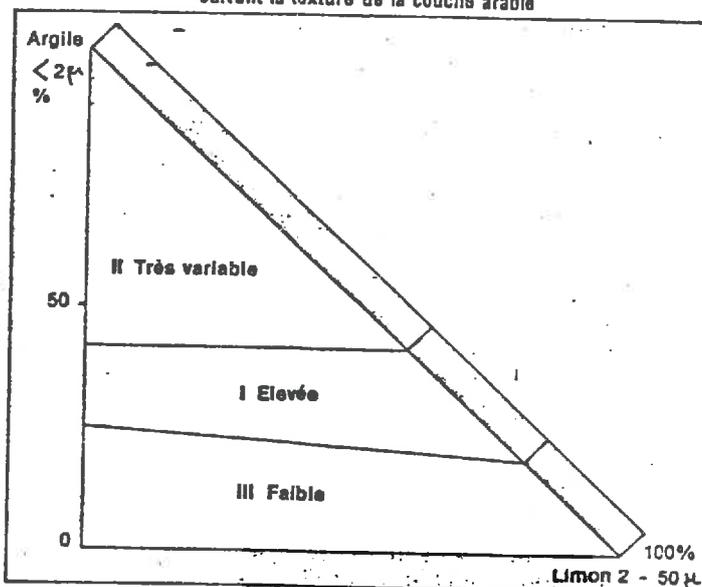


Figure 7

Classification provisoire de l'aptitude au semis direct
suivant la texture de la couche arable



dimension que les argiles ($\leq 2 \times 10^{-3}$ mm) est susceptible de se dégrader de façon importante la sensibilité au tassement (SOUTY 1978).

Régénération de la structure.

Aptitude à la fissuration :

Elle traduit l'intensité des mécanismes de division du matériau par retrait et gonflement sous l'effet des variations d'humidité, dont on peut rapprocher celui du gel.

Les résultats disponibles à son sujet résultent de tests (HENIN et al 1964 - TRI 1968, 1973). On peut les résumer par la figure 6 (Station de Recherche du Sol d'Avignon 1977).

Quand le rapport 100 Mo/A est supérieur à 7, la présence de ce constituant tend à réduire l'aptitude à la fissuration due aux colloïdes argileux. Dans ce domaine intervient aussi la présence du calcaire, à laquelle semble être liée la propriété de self mulching des sols argileux (CANNELL et al 1978), plus favorable au semis direct, sans que la nature de cette liaison soit connue.

Action des organismes vivants.

L'effet structural dépend essentiellement de l'aptitude à la fissuration (TRI 1968) déjà abordée. La faune du sol, et particulièrement les vers de terre, ont un volume des pores faible en valeur absolue (1 à 2 % du volume total) mais de grandes dimensions, qui peuvent de ce fait jouer un rôle décisif dans la circulation de l'eau gratuite (CANNELL et al 1979). La prolifération des vers en semis direct a été plusieurs fois constatée (accroissement de 300 à 400 % de leur popula-

tion). Le niveau atteint par cette population ne dépend pas exclusivement des propriétés de la couche arable mais des conditions écologiques d'ensemble du milieu (drainage, fertilité...).

2) Facteurs extrinsèques :

Leur interaction avec les propriétés physiques que nous venons d'étudier va déterminer l'évolution de la couche arable. Ce sont :

- Le climat : la pluviométrie et ses différentes caractéristiques statistiques définissent les humidités probables lors des roulages (intensité du tassement), les risques de battance. Combinée à l'E.T.P., elle commande l'amplitude des dessèchements, leur fréquence et par conséquent l'intensité de la fissuration et la profondeur concernée. Enfin, les températures hivernales commandent l'effet de division probable du gel.

- Le drainage : l'accroissement des effets de dégradation de la structure et l'atténuation des phénomènes de régénération résultent nécessairement d'un drainage insuffisant. Ce critère intervient d'ailleurs de façon décisive dans la classification de l'aptitude au semis direct établie en Grande-Bretagne (CANNELL et al 1978).

Soulignons, à cet égard, que le problème se pose dans les mêmes termes que pour la stabilité structurale. La suppression du travail du sol a,

dans de nombreux cas pour conséquence un accroissement de la perméabilité par l'apparition de pores continus de grandes dimensions (fissures, galeries de vers) et la disparition de l'obstacle que constitue le fond de travail (CANNELL et al 1979 (1)). L'extension du semis direct au cas des sols mal drainés est d'ailleurs l'un des axes de la recherche actuelle dans ce domaine.

- Situation topographique : elle peut intervenir par l'effet d'apports d'eau latéraux aggravant les effets d'une perméabilité réduite du profil. Elle est généralement à prendre en compte dans le cas des pentes sensibles à l'érosion, l'emploi du semis direct étant considéré comme une pratique anti-érosive (MONDARDO et al 1979 par exemple) essentiellement à cause du rôle protecteur des résidus organiques.

Tentative de classification.

Il est présentement impossible d'établir pour la France une classification des milieux physiques allant jusqu'à son terme nécessaire l'évaluation, même grossière, des risques culturels encourus en semis direct par rapport aux techniques classiques. Ceci, à cause du nombre insuffisant de références expérimentales de longue durée.

On pourrait cependant dans un premier temps regrouper les trois figures précédentes pour établir une notation des évolutions structurales probables. Une telle attitude serait insuffisante, même en introduisant en outre dans chaque classé, et à partir des considé-

(1) Il faut cependant souligner la durée de persistance d'obstacles de ce type (semelle de labour), plusieurs années après le passage au semis direct, dans certaines terres, à dominante limoneuse (MANICHON H et BODET JM 1976).