



Aspects physiques actuels du travail du sol

Gwendal Monnier

► **To cite this version:**

Gwendal Monnier. Aspects physiques actuels du travail du sol. 19. Congrès annuel de la Société Internationale de Science du Sol, Jun 1985, Viterbo, Italie. hal-02855177

HAL Id: hal-02855177

<https://hal.inrae.fr/hal-02855177>

Submitted on 8 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.

Aspects physiques actuels du travail du sol ⁽¹⁾

Gérard Monnier ⁽²⁾

Riassunto

La rassegna esamina la funzione fisica della lavorazione del terreno e in particolare, tra gli obiettivi essenziali, due campi di applicazione agronomica della fisica della lavorazione del terreno: il controllo dell'installazione delle colture seminate (nelle fasi della germinazione, dell'emergenza, del primo sviluppo) e le relazioni tra lo stato strutturale dello strato lavorato e lo sviluppo radicale delle colture.

In una terza parte sono trattate su base teorica le conseguenze della lavorazione del terreno e, più in generale, dei sistemi di coltura sulle componenti fisiche della fertilità dei terreni (stabilità della struttura, fessurazione, compattamento, evoluzione della sostanza organica).

Parole chiave: proprietà fisiche del terreno, lavorazioni, fertilità.

Summary

REVIEW OF PHYSICAL ASPECTS OF SOIL TILLAGE

This review examines the physical function of soil tillage. The two main objectives: 1. best conditions for crop sowing (germination, emergence, early growth, plant survival); 2. best structural conditions for crop root growth and functioning in the tilled layer are discussed.

In a third part, theoretical considerations are made on the consequences that soil tillage methods and, more generally, cropping systems have on physical components of soil fertility (structure stability, fissurability, compactability, organic matter evolution).

Key words: soil tillage, soil physics, soil properties, soil fertility.

L'état physique du sol, et plus précisément son état structural, évolue constamment sous l'effet d'actions anthropiques — travail du sol, roulages — et d'actions naturelles climatiques — énergie cinétique de la pluie, humectation-dessiccation, gel de l'eau du sol — et biologiques — faune du sol et racines principalement. Ces actions et les modifications d'état du sol qu'elles entraînent sont particulièrement intenses dans les couches proches de la surface, directement affectées par le travail du sol. Un des objectifs généralement assignés à ce dernier est de créer et de maintenir, malgré les actions de dégradation, un état physique favorable au développement des cultures et à leur entretien.

L'évolution des systèmes de culture et des techniques qui leur sont associées, les conséquences sur les comportements mécaniques et structuraux des sols ont rendu indispensable une meilleure évaluation de la fonction strictement physique du travail du sol. Soulignons ici qu'une telle analyse thématique ne doit pas

faire oublier l'incidence du travail du sol dans d'autres domaines:

- influence sur le contrôle de la végétation adventice qui reste importante malgré le recours accru à des traitements herbicides,
- influence sur la localisation et les conditions d'évolution des matières organiques et ses conséquences sur la dynamique de l'azote,
- influence probable sur les formes de maintien dans le sol et sur la pathogénicité du parasitisme tellurique et de certains ravageurs.

Pour résoudre ces problèmes, on dispose depuis quelques années, de connaissances accrues sur le comportement et fonctionnement physiques du sol et de nouveaux outils de recherche:

- Caractérisation quantitative de l'état physique en relation avec les éléments morphologiques du Profil Cultural.

⁽¹⁾ Relazione presentata al XIX Convegno annuale della S.I.A. su "Le lavorazioni del terreno"; Viterbo, 4-6 giugno 1985.

⁽²⁾ Directeur de Recherches à l'I.N.R.A., Science du Sol, C.R.A. d'Avignon B.P. 91, 84140 Montfavet (France).

- Evaluation, facteurs de variation et moyens d'interprétation des comportements mécaniques et structuraux (stabilité structurale, gonflement-retrait, comportement au compactage).
- Méthodes de modélisation permettant de simuler le fonctionnement du sol dans des conditions climatiques variées ou l'évolution de ses propriétés.

Nous présenterons d'abord brièvement, à titre d'exemple, quelques résultats récemment obtenus vis-à-vis de deux objectifs essentiels de la fonction physique du travail du sol:

- Le contrôle de l'implantation du peuplement des cultures semées (d'après les travaux de L. Bruckler, Science du Sol, Avignon).
- Les relations entre l'état structural de la couche travaillée et l'exploitation du sol par les racines (d'après les travaux de F. Tardieu, Agronomie, I.N.A.-P.G., Grignon).

Dans une troisième partie, nous nous efforcerons de dégager l'essentiel des conséquences du travail du sol et de façon plus générale des systèmes de culture sur les composantes physiques de la fertilité des sols.

1. Implantation des cultures semées

On regroupe sous le vocable "implantation" trois stades initiaux de l'installation des peuplements de cultures semées:

- La germination
- La levée
- Les tout premiers stades de croissance des plantules et leur survie.

Nous illustrerons ici les problèmes physiques posés par la germination.

Sa réussite et sa rapidité dépendent de la réalisation d'un certain nombre de conditions d'ordre physique, générales pour la grande majorité des espèces, mais dont les aspects quantitatifs varient selon les espèces, voire les variétés

- des conditions d'aération liées au métabolisme énergétique des semences au cours de l'imbibition,
- des conditions de température,
- des conditions de disponibilité de l'eau à proximité de la semence (potentiel hydrique du sol).

La réalisation simultanée de ces conditions dépend des conditions climatiques en interaction avec l'état physique du lit de semence et de son évolution immédiatement après le semis.

Un modèle proposé par L. Bruckler, établi dans des conditions d'aération et de température non limitantes, a permis de décrire les cinétiques d'imbibition de semence de maïs et d'analyser les facteurs physiques qui les déterminent.

Nous citerons ici les principaux résultats obtenus:

- L'imbibition, déterminée par la différence de potentiel hydrique entre la semence (ψ_s) et le volume de sol qui l'entoure (ψ_e), a lieu en phase liquide et en phase vapeur; elle est beaucoup plus rapide dans le premier cas.

— La valeur de ψ_e détermine aussi bien la possibilité de germer (valeur seuil de 15 bar dans le cas du

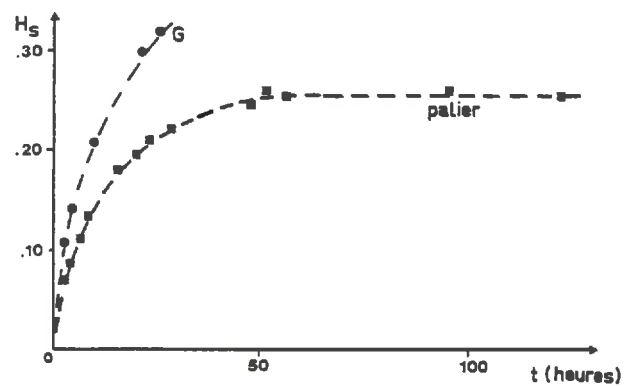


Fig. 1 - Rôle du potentiel extérieur sur la vitesse d'imbibition en phase liquide (L. Bruckler).

Fig. 1 - Ruolo del potenziale esteriore sulla velocità di imbibizione in fase liquida (L. Bruckler).

maïs) que la vitesse d'imbibition et de germination (fig. 1).

— La surface de contact entre les particules de terre et la semence intervient toujours sur la vitesse d'imbibition et de germination en réglant les rapports entre flux liquide et flux gazeux d'imbibition. Cette surface de contact peut être estimée par le complément à 1 de la porosité structurale qui résulte du travail du sol (fragmentation et tassement du lit de semence) (fig. 2 et fig. 3).

A titre d'exemple, le graphique n° 5 illustre l'importance de la profondeur des semis sur la possibilité et la vitesse de germination dans un lit de semence en cours de dessèchement (fig. 4).

Ce travail conduit à des conclusions importantes en ce qui concerne les orientations données en matière

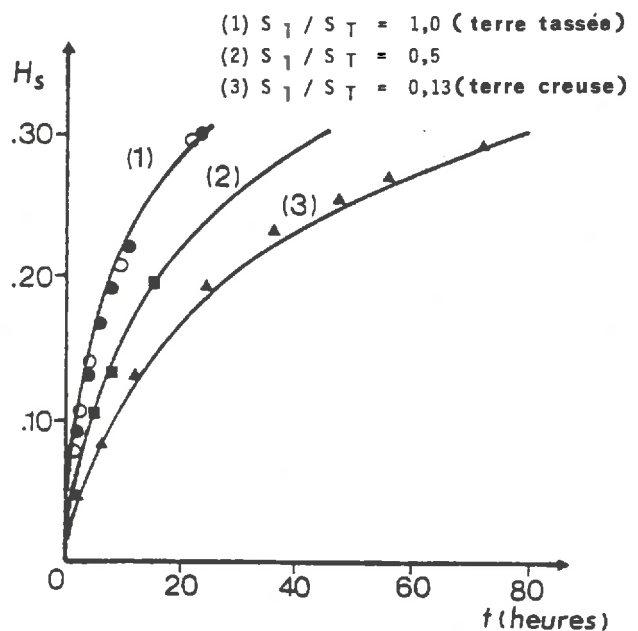


Fig. 2 - Rôle du rapport S_1/S_T sur la vitesse d'imbibition (L. Bruckler).

Fig. 2 - Ruolo del rapporto S_1/S_T sulla velocità d'imbibizione (L. Bruckler).

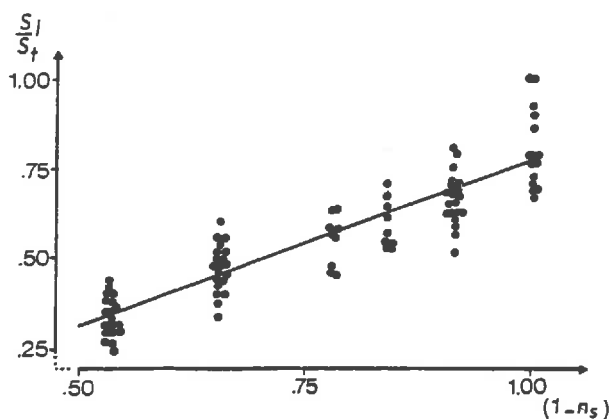


Fig. 3 - Rôle de l'état structural sur la surface de la semence imbibée en phase liquide (L. Bruckler).

Fig. 3 - Ruolo dello stato strutturale sulla superficie del seme imbibita in fase liquida (L. Bruckler).

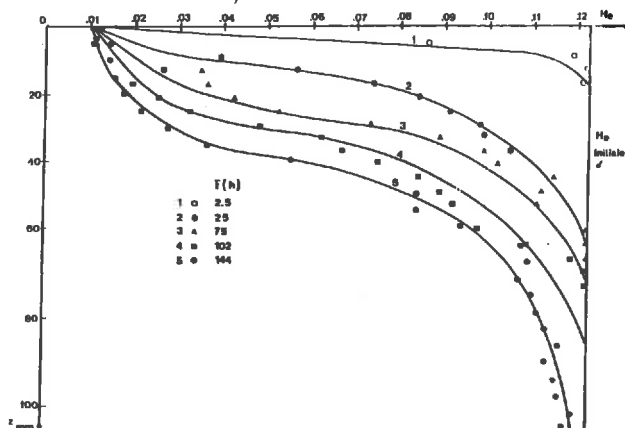


Fig. 4 - Profils hydriques successifs d'un lit de semence en voie de dessèchement (atténuation γ) (L. Bruckler).

Fig. 4 - Profilo idrico successivo di un letto di semina in via di disseccamento (attenuazione γ) (L. Bruckler).

de physique du sol appliquée à la prévision de la germination.

Outre les caractéristiques propres à la semence considérée (fonction potentiel-teneur en eaux, conductivité hydrique et diffusivité de la vapeur d'eau dans l'enveloppe, potentiel critique de germination), une telle prévision implique:

- une estimation du contact terre-graine qui peut être basée sur l'analyse de la porosité (évaluation de la porosité structurale),
- une estimation de l'évolution du potentiel hydrique du sol et de sa température en fonction du temps, aux différentes profondeurs de semis envisageables, en tenant compte:
 - des conditions initiales (date de semis)
 - des caractéristiques morphologiques du lit de semence,
 - des différentes séquences climatiques, dessiccation-humectation, températures susceptibles d'intervenir dans les heures et les jours suivant le semis (études fréquentielles climatiques).

Un tel modèle de transfert d'eau et de chaleur à l'interface sol nu-atmosphère fonctionnant à des pas de temps et d'espace respectivement de l'ordre de 10 mm et de quelques centimètres est en cours de validation.

Il devrait permettre par simulation une optimisation des lits de semence et de profondeurs de semis selon les conditions pédoclimatiques et une prévision améliorée du risque de perte en semence.

2. Relation entre l'état structural de la couche travaillée et l'enracinement

L'un des objectifs principaux du travail du sol est d'assurer un développement du système racinaire susceptible d'assurer notamment la mobilisation des réserves en eau de l'ensemble du profil.

Ceci implique que des conditions minima de profondeur d'enracinement, de densité racinaire et de qualité du contact entre les racines et le sol soient réalisées.

En dehors de facteurs d'ordre génétique (espèces, variétés, porte-greffes) et liés aux conditions générales de croissance de la plante, l'ensemble des facteurs liés aux caractéristiques physiques et mécaniques du sol déterminent les qualités d'un enracinement.

Deux mécanismes sont possibles et coexistent fréquemment pour expliquer la croissance d'une racine dans le milieu poreux plus ou moins déformable que constitue le sol.

1) L'apex racinaire peut cheminer dans le sol en utilisant un réseau de pores continus d'une dimension toujours supérieure ou égale à la sienne. Ce sont nécessairement des pores structuraux naturels (fissures, anciens trajets de racines, galeries biologiques) ou résultant du travail du sol et, alors, limités aux couches superficielles du profil. Un tel mécanisme d'enracinement est le seul possible dans les milieux rigides (sols sableux ou tous sols en conditions sèches).

2) L'extrémité de la racine peut progresser en déformant le sol par la force axiale qu'elle exerce, dans des couches ne contenant aucun pore continu d'une dimension suffisante pour l'accueillir.

Encore faut-il que le sol soit déformable sous l'action de cette force (qui correspond pour le maïs à une pression de l'ordre de 1 kg cm⁻²). Cette déformabilité semble régie par des valeurs du couple "texture-humidité".

Un tel mécanisme est très vraisemblablement le plus général dans la colonisation des couches profondes du sol lorsqu'elles présentent une structure continue (cas fréquent des matériaux à dominante limoneuse).

3) Enfin, on doit noter une très forte interaction entre couches vis-à-vis de l'enracinement: une couche compacte et sèche peut faire écran à la colonisation d'une couche sous-jacente à caractéristiques favorables à la croissance racinaire.

Le graphiques 6 à 9 illustrent ce type d'interactions.

Le premier dû à H. Manichon (1982) met en évidence la relation entre l'état structural et l'enracinement d'un maïs dans la couche labourée.

En ordonnées figurent les notes de densité d'enracinement correspondant aux différents types d'assem-

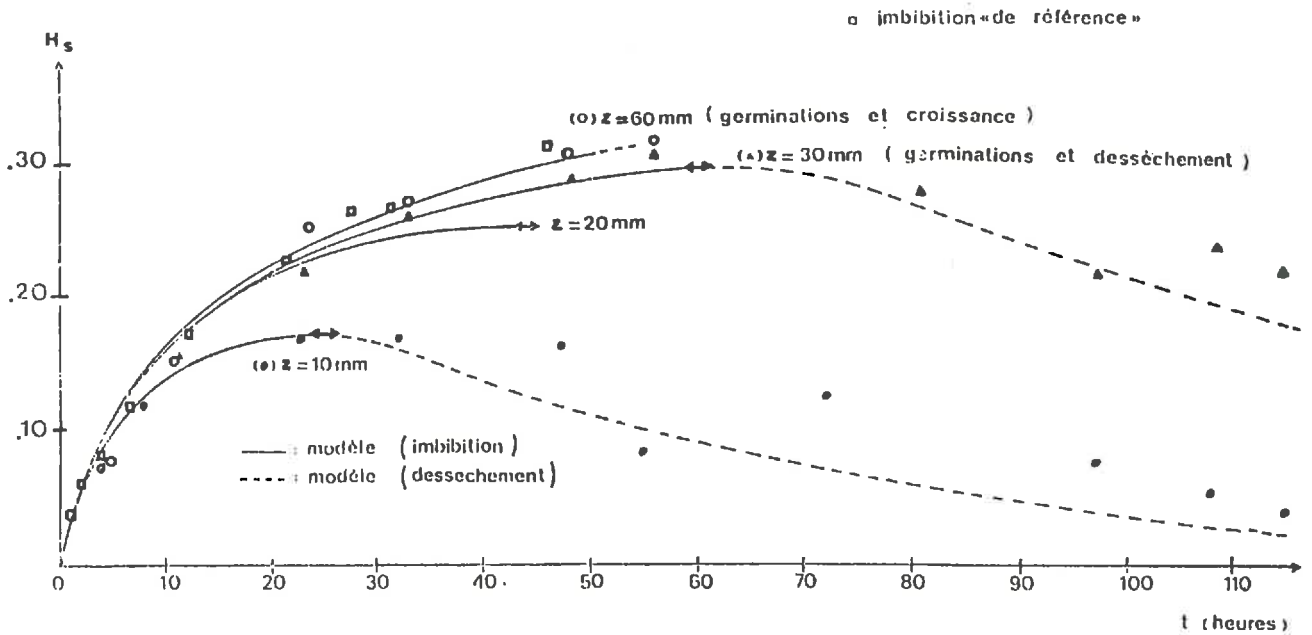


Fig. 5 - Imbibition et déshydratation des semences dans un lit de semence en voie de dessèchement (L. Bruckler).

Fig. 5 - Imbibizione e disidratazione delle sementi in un letto di semina in via di disseccamento (L. Bruckler).

blages structuraux classés par porosité croissante sur l'axe des abscisses. On constate une corrélation générale satisfaisante.

Les suivants proposés par F. Tardieu (1984) permettent de comparer l'état structural de la couche travaillée et l'enracinement du maïs à ce niveau, mais aussi dans les couches plus profondes. On constate: — dans la couche travaillée, la faible exploitation des zones compactes et les mauvais contacts racines-sol dans les interbandes de labour et les grosses fentes de retrait,

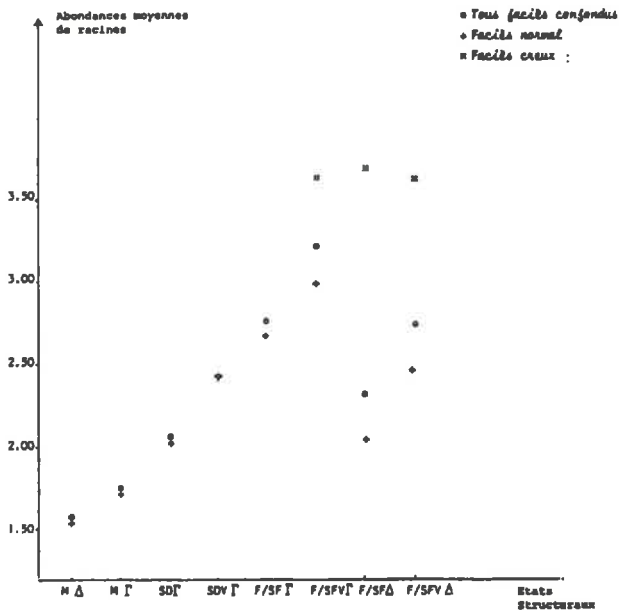


Fig. 6 - Relation entre la porosité totale des états structuraux et l'enracinement du maïs dans la couche labourée (H. Manichon).

Fig. 6 - Relazione fra la porosità totale degli stati strutturali ed il radicamento del maïs nello strato lavorato (H. Manichon).

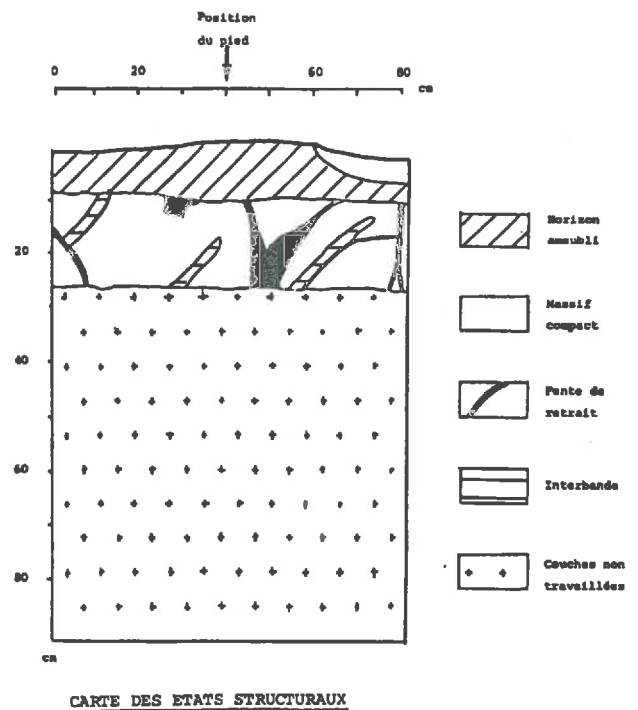


Fig. 7 - Etat structural d'une couche labourée sous maïs (F. Tardieu).

Fig. 7 - Stato strutturale dello strato lavorato sotto maïs (F. Tardieu).

— dans le sous-sol, on note très clairement l'effet d'ombre ou d'écran des zones compactes peu explorées des couches travaillées susjacentes. Ce résultat original d'un grand intérêt montre comment le travail du sol — ici l'état du sol, compact avant labour, les conditions de réalisation de ce dernier et les caractéristiques de la reprise superficielle — même limité à 25 cm, détermine la qua-

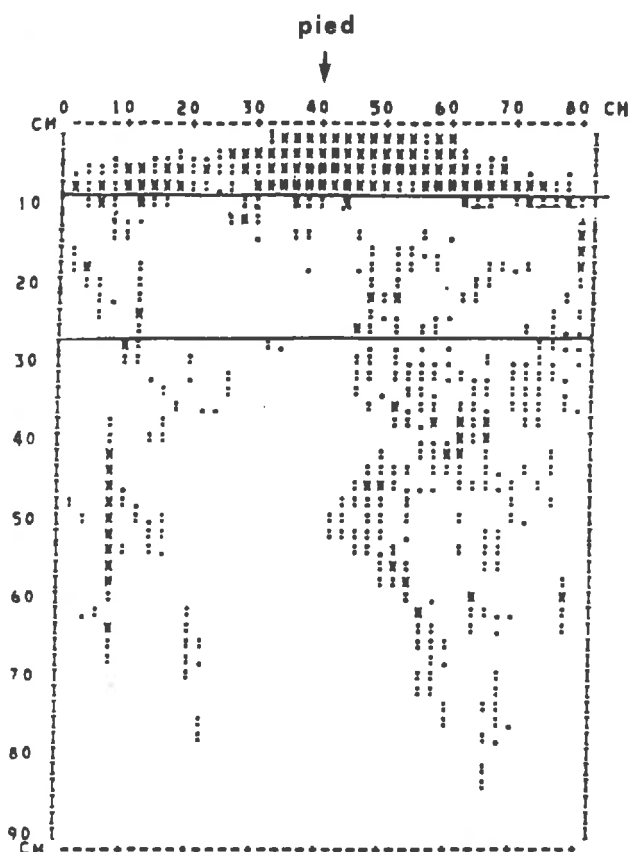


Fig. 8 - Enracinement sous maïs: ensemble des racines (F. Tardieu).

Fig. 8 - Radicamento in maïs: insieme delle radici (F. Tardieu).

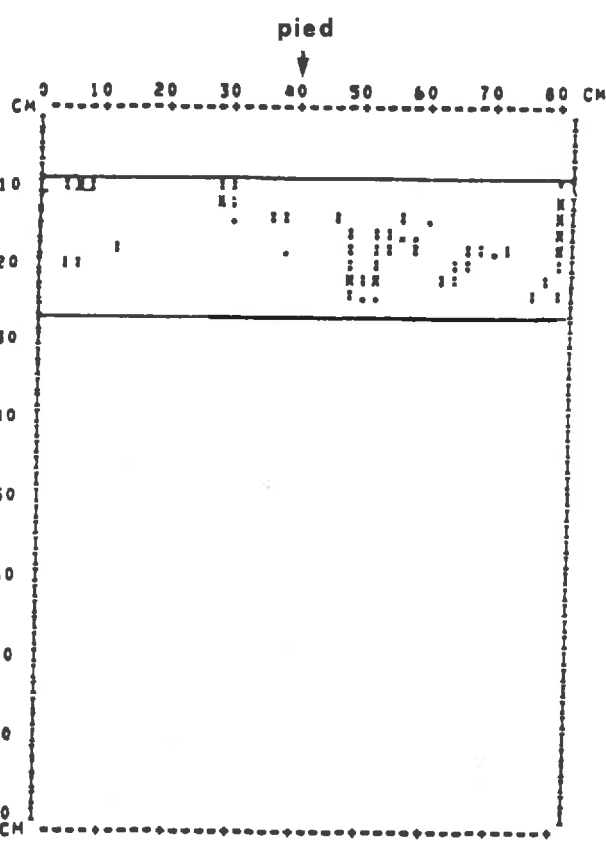


Fig. 9 - Enracinement du maïs; racines présentant un mauvais contact avec la terre (F. Tardieu).

Fig. 9 - Radicamento del maïs; radici presentanti un cattivo contatto con il terreno (F. Tardieu).

lité de l'exploitation racinaire sur la profondeur de 1 m observée.

3. Systèmes de culture, travail du sol et composantes physiques de la fertilité

L'état et le fonctionnement physique des sols résultent d'interactions entre les caractéristiques permanentes ou semi-permanentes de constitution et d'organisation des sols, mais aussi des climats, et les différentes actions exercées sur le sol du fait de son utili-

sation dans un système de culture donné.

La représentation schématique de ces interactions (fig. 10) fait apparaître la place centrale occupée par les comportements physiques et mécaniques intrinsèques des sols: d'une part, de nombreux travaux ont montré que ces comportements dépendent de la constitution du matériau; d'autre part, ils régissent la réaction des sols aux actions physiques et mécaniques qui leur sont appliquées et, par là, l'état et le fonctionnement qui en résultent à chaque instant. C'est donc à leur niveau que nous centrerons l'essentiel de ce qui suit.

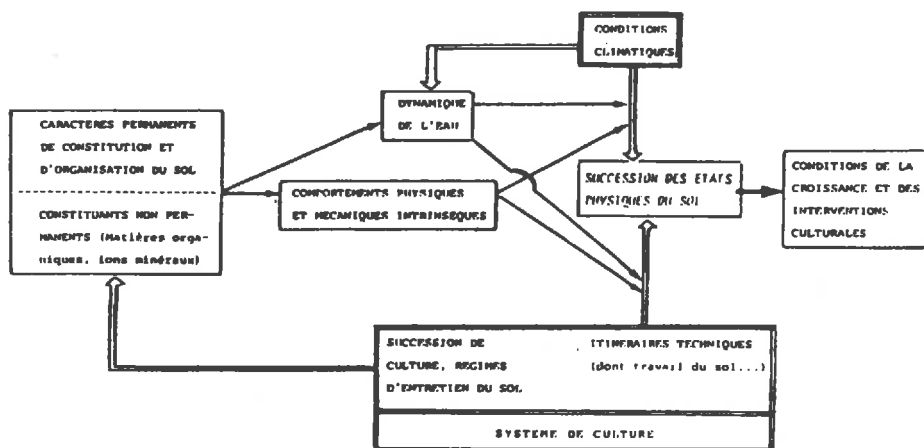


Fig. 10 - Représentation schématique des relations système de culture - climat - propriétés physiques du sol (J. Boiffin et G. Monnier).

Fig. 10 - Rappresentazione schematica delle relazioni fra il sistema di cultura, il clima e le proprietà fisiche del suolo (J. Boiffin et G. Monnier).

1°) *Les différents types de transformation physique des sols*

On peut les réduire à trois principales catégories de phénomènes:

— Les phénomènes de désagrégation par l'eau. Ils résultent de la conjonction de différents processus: compression de l'atmosphère interne des fragments terreux lors de leur imbibition, diminution de leur cohésion, effet de choc des gouttes de pluie... Ces actions se manifestent à la surface du sol par la battance et, éventuellement, les formes plus ou moins graves d'érosion; dans la masse du profil, par la coalescence des éléments structuraux, d'où une réduction parfois importante de la porosité.

Le comportement qui régit l'intensité de ce type de phénomène est la stabilité structurale. Dans la conception qui prévaut en France, on s'efforce d'évaluer la stabilité intrinsèque des matériaux terreux indépendamment de leur état structural contingent (taille et forme des mottes, assemblages structuraux).

La méthode d'évaluation repose sur une série de tests (Hénin et Monnier, 1956) dont les résultats sont combinés dans un indice unique (log 10S) dont les valeurs s'étalent de 0 (terres les plus stables) à plus de 3 (terres très instables). La correspondance entre les observations au champ et les valeurs de cet indice est présentée dans le tableau 1 ci-dessous.

On constate que l'introduction de ce critère consiste soit à modifier les seuils d'agressivité du climat, soit pour un climat donné à prévoir le niveau du risque tendantiel de la dégradation.

Indépendamment de cette interprétation globale, la prise en considération de chacun des tests peut conduire à une analyse plus poussée portant sur les facteurs de stabilité (texture, matière organique, compo-

TABLEAU 1 - Classes de stabilité structurale d'après log 10 S.
TABELLA 1 - Classi di stabilità strutturale secondo il log 10 S.

Stabilité	log 10 S	Evolution structurale probable
Très stables	< 1	- Aucune manifestation de désagrégation. - Effet durable des sous-solages et labours profonds réalisés en conditions sèches.
Stables	1,0 - 1,3	- Battance peu probable et peu intense. - Prise en masse hivernale rare. - Sensibilité à l'érosion faible, même sur pentes fortes.
Stabilité médiocre	1,3 - 1,7	- Battance fréquente et accentuée en conditions pluvieuses. - Prise en masse lors d'excédents hydriques prolongés. - Erosion en rigole sur pentes fortes (> 3%)
Instables	1,7 - 2,0	- Battance et prise en masse fréquentes en conditions climatiques normales. - Erosion fréquente sur pentes moyennes.
Très instables	> 2	- Battance et prise en masse généralisées - Imperméabilité totale en fin d'hiver - Erosion sur pentes très faibles.

sition ionique) et ses variations dans l'espace et le temps. Nous en verrons plus loin un exemple concernant l'influence des matières organiques.

Les phénomènes de fragmentation

Ils résultent des mécanismes de division par gonflement et retrait sous l'effet des variations d'humidité. Les résultats disponibles proviennent de tests empiriques (S. Hénin et J. Bosquet, 1964; TRI, 1968; Tri et Monnier, 1973). Comme dans le cas de la stabilité, ils privilégient la conception intrinsèque du comportement du sol. Le bien-fondé de cette conception est étayé par les résultats de Stengel (1979): en l'absence de travail du sol, cet auteur a montré que la porosité structurale (fissures) d'une gamme d'horizons limoneux appartenant au même site pédologique est, à une humidité donnée (W), étroitement corrélée à leur teneur en argile (A)

$$n_s = 0,44 A\% - 0,32 W + 4,38 \quad (r = 0,94)$$

Les phénomènes de compactage

En l'état actuel, la sensibilité des sols au compactage peut être appréhendée à partir des courbes traduisant l'influence de l'humidité sur la compacité (densité) résultant de l'application d'une énergie de compactage standard (fig. 11).

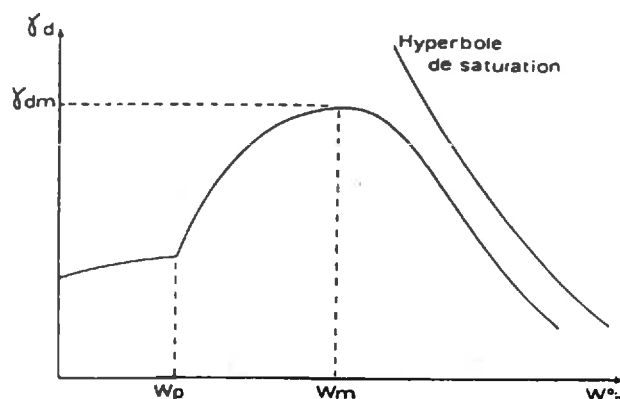


Fig. 11 - Courbe de compactage obtenue à l'aide de l'essai Proctor.

Fig. 11 - Curva di compattamento ottenuta con il saggio di Proctor.

Les principales caractéristiques de ces courbes obtenues par compression oedométrique ou par compactage dynamique (essai Proctor) sont:

— l'humidité W_p à partir de laquelle la pente de la courbe s'accroît brusquement et que l'on peut considérer comme un seuil hydrique de sensibilité au compactage à l'énergie considérée.

— l'humidité W_m et le poids volumique γ_{dm} correspondant au maximum de compacité au cours de l'essai.

Un certain nombre de relations empiriques ont été obtenues par voies statistiques (J. Guerif et A. Faure, 1979) entre ces valeurs caractéristiques du comportement du sol et sa constitution minérale et organique

(M.O.). C'est ainsi que par exemple:

$$W_p = 0,27 A + 1,52 MO \quad r = 0,84$$

$$\frac{100}{\gamma_{dm}} = 0,20 A + 2,65 MO + 0,50 \quad r = 0,87$$

Ces courbes et les valeurs caractéristiques qui leur sont attachées sont paramétrées par le niveau et le type d'énergie mis en oeuvre au cours du compactage.

Nous allons maintenant examiner dans quelles mesures de tels critères de comportement peuvent être utilisés soit pour estimer l'aptitude du sol à supporter tel ou tel système de culture, soit, de façon complémentaire, pour évaluer les conséquences sur la fertilité physique de telle ou telle utilisation du sol.

2°) Fertilité physique et aptitude culturale

Nous nous limiterons ici à un seul exemple choisi dans un thème à propos duquel de nombreuses discussions se développent, notamment dans le cadre du programme coordonné "Travail du Sol" du Comité C.E.E. Agrimed: celui du semis direct ou, de façon plus générale, de la suppression du labour.

Du point de vue "physique du sol", le problème posé porte sur l'aptitude d'un sol à conserver un état structural assurant un fonctionnement physique satisfaisant en l'absence du labour.

L'une des conditions, préalable, est que le drainage général du terrain considéré soit convenablement assuré. Dans le cas où cette condition est remplie, P. Stengel a proposé une classification basée sur les trois critères de comportement précédemment définis et sur leur combinaison (fig. 12). Les résultats correspondant à chacun des critères sont regroupés en trois classes:

— de stabilité,

- d'aptitude à la fissuration,
- de comportement au compactage

limitées par des valeurs convenablement choisies des indices correspondants. La classification est alors basée sur les principes suivants:

- un seul processus de dégradation peut induire un état défavorable,
- en l'absence de capacité de régénération, l'effet cumulé des facteurs de dégradation risque d'aboutir à terme à un état défavorable.

On obtient ainsi une classification approximative des états structuraux probables qui, en toute rigueur, est dépendante au travers du choix des limites de classes de comportement des conditions climatiques moyennes et du système de culture pratiqué. Il est, en effet, clair que pour un sol donné, des climats très humides et des systèmes de cultures agressifs (systèmes fourragers intensifs par exemple) auront pour conséquence un moindre maintien d'un état structural satisfaisant.

Cependant, le sens global des effets sur l'évolution structurale probable des différentes propriétés physiques qu'elle prend en compte peut difficilement être remis en cause. En ce sens, une telle classification déborde son objectif limite: l'aptitude physique au semis direct permanent; elle prend la signification plus générale vis-à-vis de la fertilité physique des couches de surface.

3°) Evolution de la fertilité physique en fonction du système de culture pratiqué

Schématiquement, on peut considérer que les modalités d'utilisation agricole d'un sol, regroupées dans le concept de système de culture, sont susceptibles de modifier la fertilité physique par deux voies principales:

- Les contraintes physiques et mécaniques liées

Propriétés physiques	Stabilité structurale			gonflement			compactage		
Critère d'évaluation	log 10S			Δe			e_{min}		
Limite de classe	< 1,3	1,3-1,7	> 1,7	> 0,5	0,5-0,2	< 0,2	> 0,9	0,9-0,7	< 0,7
	1	2	3	1	2	3	1	2	3

Classification des différents sols

I	II	III
Aucun critère en classe 3	Aucun critère en classe 3	Au moins un critère en classe 3
Au moins deux critères en classe 1	Moins d'un critère en classe 1	

Fig. 12 - Typologie prévisionnelle des états du sol en non travail (P. Stengel).

Fig. 12 - Tipologia previsionale degli stati del suolo in condizioni di non lavorazione (P. Stengel).

au système et les conditions climatiques dans lesquelles elles sont appliquées au sol. C'est ainsi, par exemple, qu'un système fourrager intensif basé sur une succession intraannuelle maïs-fourrage-Ray grass italien à ensiler implique, en climat océanique, deux préparations du sol et deux récoltes "lourdes" par an en conditions très généralement humides. Les risques de tassement par roulage et de "gâchage" du sol par travail dans le domaine plastique en sont, pour un type de comportement intrinsèque donné, accrues sans que la rotation autorise des interventions de décompactage en conditions sèches.

— Le système de culture pratiqué (succession culturale, nature, masse et mode d'utilisation des résidus de récolte, programmes de travail du sol) influe considérablement sur le statut organique des sols à tel point qu'on considère ce dernier en termes de bilan: valeur du stock de carbone organique à l'équilibre (exprimé en tonnes de carbone/ha) ou en termes de répartition dans le profil: dilution en fonction de la profondeur du labour le plus profond de la rotation conduisant à des teneurs variables pour un stock donné; gradient de répartition dans les couches de surface dans le cas du non-labour.

Le graphique n° 13 fournit un exemple obtenu par simulation (modèle de Hénin et Dupuis, 1945) de l'influence du type de travail du sol et de l'utilisation des résidus de récolte sur le bilan humique d'une rotation blé-maïs.

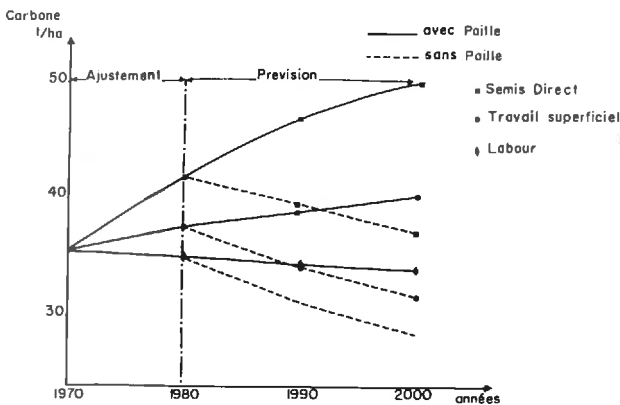


Fig. 13 - Prévision par simulation de l'évolution du stock de carbone organique en fonction des conditions culturales (J. Guerif).

Fig. 13 - Previsione per simulazione dell'evoluzione dello stock di carbonio organico in funzione delle condizioni culturali (J. Guerif).

Le graphique n° 14 montre l'incidence du type de travail du sol sur la répartition du stock d'humus dans le profil.

Conséquences du statut organique sur les composantes physiques de la fertilité

Les modifications de statut organique dont nous venons de citer quelques exemples ont pour conséquences une modification des comportements structuraux et mécaniques intrinsèques à la base de la fertilité physique.

1. En ce qui concerne la *stabilité structurale*, l'influence de la teneur et de la qualité des matières

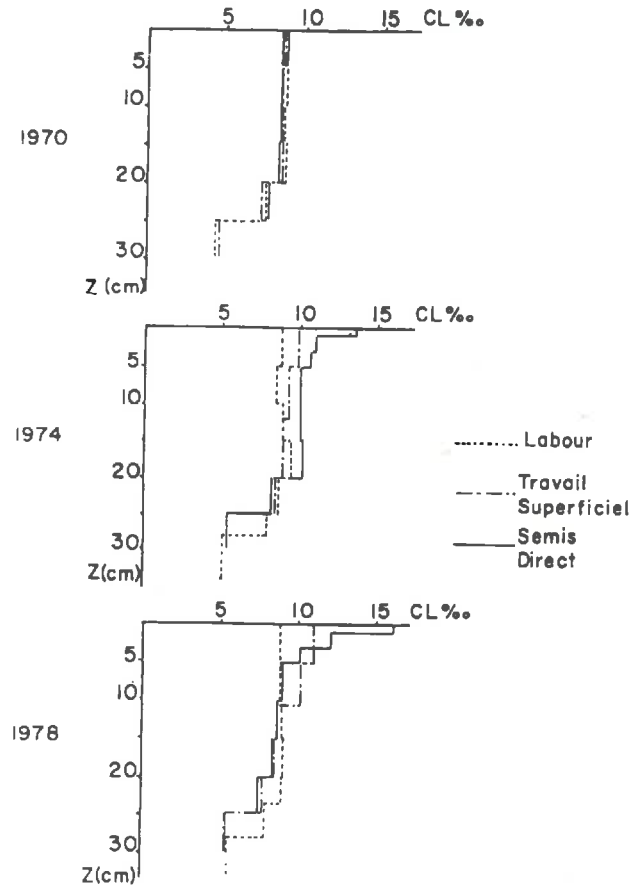


Fig. 14 - Influence du travail du sol sur l'évolution de la répartition du carbone organique lié dans le profil (J. Guerif).

Fig. 14 - Influenza della lavorazione del suolo sull'evoluzione della ripartizione del carbonio organico nel profilo (J. Guerif).

organiques est considérable. L'un des tests de la méthode proposée par Hénin et Monnier, le taux d'agréats stables après prétraitement au benzène est un indicateur sensible de cette influence en soulignant à travers les propriétés d'interface benzène-matières organiques et eau-benzène l'influence des substances organiques sur la mouillabilité des parois des pores.

Cette influence est explicitée par la relation empirique

$$A_{gb} \% = 0,85 \frac{MO}{A} \times 100 - 6$$

dans laquelle MO et A sont respectivement les teneurs en % de matière organique et d'argile.

On note à cet égard l'interaction entre ces deux constituants: il faut d'autant plus de matières organiques pour augmenter cette composante de la stabilité que le sol est plus argileux.

Le graphique 15 comparé au graphique 14 illustre la corrélation entre les profils de matières organiques et les profils de stabilité structurale (exprimée en $A_{gb} \%$).

2. En ce qui concerne le *comportement au compactage*, on a vu, à travers de la relation établie par J. Guerif et A. Faure, l'influence des constituants organiques sur les caractéristiques de la courbe de compactage obtenue par l'essai Proctor.

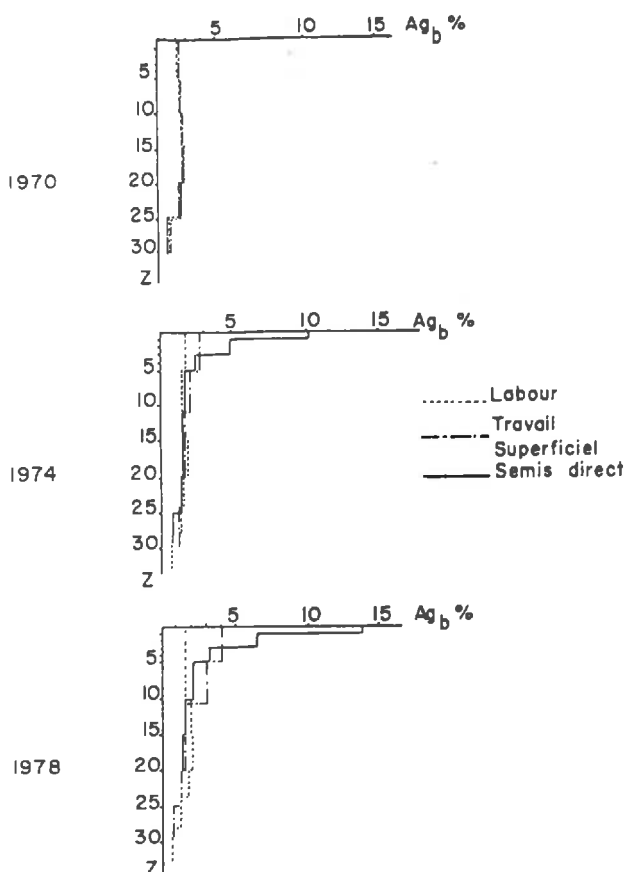


Fig. 15 - Influence du travail du sol sur l'évolution des profils de stabilité (J. Guerif).

Fig. 15 - Influenza della lavorazione del suolo sull'evoluzione dei profili di stabilità (J. Guerif).

Le graphique n° 16 dû à J. Guerif, qui rassemble les résultats d'essais oedométriques réalisés sur des échantillons de sols à une humidité correspondant à la capacité de rétention (pF 3) montre clairement le sens général d'action de la teneur en matière organique qui diminue des parcelles labourées aux parcelles en semis direct: la densité obtenue par compactage baisse lorsque la teneur en matière organique augmente. Il est de plus remarquable de noter que cette efficacité des matières organiques tend à diminuer lorsque la pression appliquée passe de 1 bar à 4 bar.

On voit donc là l'intérêt direct (différence de compacité entre les deux pressions pour une matière organique donnée) et indirect (moindre efficacité protectrice de la matière organique dans le cas de pressions élevées) de limiter les pressions de roulage.

3. En ce qui concerne l'aptitude à la fissuration, on ne dispose actuellement que d'une seule référence (J. Guerif, 1985) qui porte sur l'amplitude de gonflement-retrait qui commande ce comportement structural.

Le graphique 17 qui représente les variations de volume apparent en fonction de la teneur en eau pour trois échantillons (L_0 , L_1 , L_2) ne différant que par leur teneur en matière organique, croissante dans l'ordre indiqué, montre clairement la limitation par la matière organique des variations de volume maximum possibles entre le niveau de gonflement maxi-

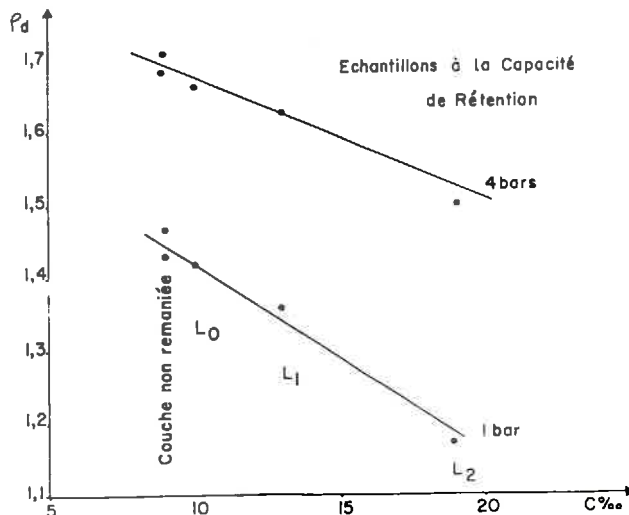


Fig. 16 - Influence sur la densité après compactage de la teneur en carbone organique et de la pression appliquée (J. Guerif).

Fig. 16 - Influenza sulla densità, dopo il compattamento, del tenore in carbonio organico e della pressione applicata (J. Guerif).

mum ($pF = 0,4$) et le retrait maximum (limite absolue de retrait).

Si l'on en croit ces premiers résultats, la matière organique aurait donc une influence négative sur l'aptitude à la fissuration. Par contre, la courbe correspondant à l'échantillon le plus organique (L_2) suggère que même en présence d'eau libre la présence de matières organiques en quantité importante interdit la saturation complète du matériau.

Conclusion

Les trois domaines d'application agronomique de la physique du sol dont on a tiré ici quelques exemples apparaissent caractéristiques de la problématique actuelle de cette discipline de Science du Sol et de l'évolution en cours de ses concepts et de sa méthodologie.

Les déterminants physiques de l'implantation des peuplements (germination, levée) sont, avec ceux de l'enracinement, désormais considérés comme l'un des facteurs essentiels de régularisation et d'accroissement des rendements des cultures semées. Leur maîtrise repose pour une bonne part sur de nouveaux moyens de mesure (état physique et, surtout, structure de l'enracinement) et sur une modélisation du fonctionnement des systèmes biophysiques (terre-graine, sol-racine) et physiques (transfert d'eau et de chaleur dans les couches de surface) permettant par simulation de prendre en compte sans un recours général et coûteux à des essais de très longue durée, la variabilité inter-annuelle des conditions climatiques.

D'un point de vue plus stratégique: choix et conséquences des systèmes de culture sur les composantes physiques de la fertilité, la problématique agronomique est fortement marquée par l'apparition actuelle des conséquences de l'intensification croissante depuis la deuxième guerre mondiale et par l'affaiblissement, pour des raisons économiques, du cadre agro-

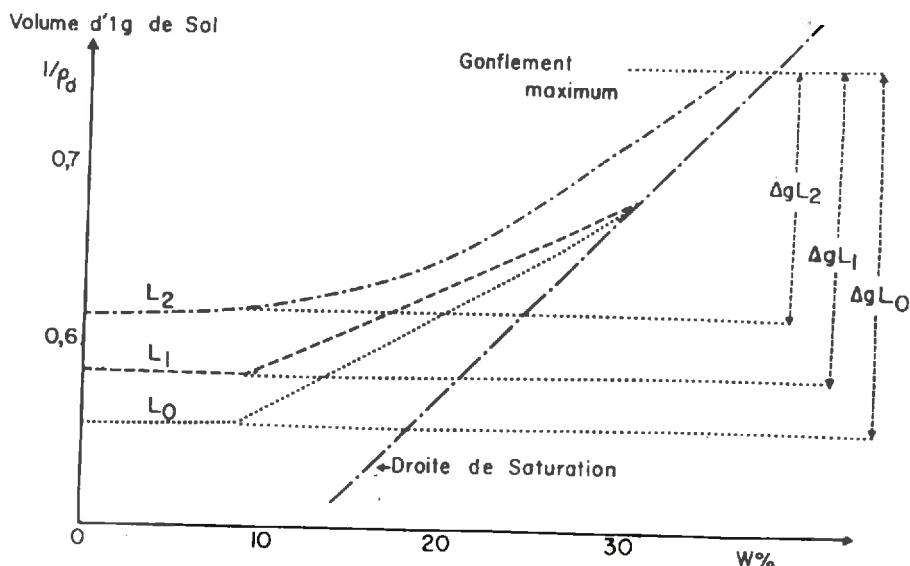


Fig. 17 - Influence de la teneur en matière organique sur les phénomènes de retrait-gonflement (J. Guerif).

Fig. 17 - Influenza del tenore in sostanza organica sui fenomeni di contrazione-rigonfiamento (J. Guerif).

nomique de la rotation au profit de la pratique plus opportuniste de successions de cultures. Le recours à des moyens lourds de culture dont la justification technique n'est pas toujours clairement établie, le remembrement du parcellaire, font apparaître des difficultés ou des dégradations d'autant plus gênantes que les systèmes pratiqués se simplifient davantage (limitation des jours disponibles) et que les performances demandées au sol sont plus élevées.

La méthodologie, si elle emprunte également aux moyens nouveaux de la modélisation (bilan humique notamment) reste ici plus classique. Les progrès à attendre devraient venir du traitement coordonné des références obtenus dans des réseaux multinationaux avec des méthodes comparables de façon à valoriser au mieux les informations que l'on peut tirer d'une variabilité pédo-climatique et culturale suffisante.

Bibliographie

- BRUCKLER, L., 1979. *L'imbibition et la germination des semences en conditions sèches; influence des caractéristiques physiques du lit de semences*. Thèse Docteur-Ingénieur «Sciences Agronomiques», I.N.A.-P.G., Paris.
- HUU TRI, BUI et MONNIER, G., 1973. *Etude quantitative de la granulation des sols sous prairie. II Les paramètres de granulation en relation avec la constitution des sols et le système racinaire*. Ann. Agron. 24 (6), 651-677.
- GUERIF, J. et FAURE, A., 1979. *Rôle de la Matière Organique sur le comportement au compactage des sols - I Etude statistique*. Ann. Agron. 30 (5), 387-399.
- GUERIF, J., 1985. *Modification de la répartition et de l'évolution de la Matière Organique par la simplification du travail du sol: conséquences sur quelques propriétés physiques*. in «Rotations Céréalières Intensives» - Service des Publications de l'I.N.R.A. (sous presse).
- HENIN, S. et MONNIER, G., 1956. *Une méthode d'évaluation de la stabilité structurale des sols*. C.R. Congrès A.I.S.S. Commission Physique du Sol, Paris.
- HENIN, S. et BOSQUET, J., 1964. *Relation entre le comportement des sols (fissuration, effritement) et leur texture*. C.R. Acad. Agric. Fr. 842-846.
- MANICHON, H., 1982. *Influence des systèmes de culture sur le profil cultural; élaboration d'une méthode de diagnostic basée sur l'observation morphologique*. Thèse Docteur-Ingénieur «Sciences Agronomiques», I.N.A.-P.G., Paris.
- STENGEL, P., 1979. *Utilisation de l'analyse des systèmes de porosité pour la caractérisation de l'état physique du sol in situ*. Ann. Agron. 30 (1) 27-51.
- STENGEL, P., 1985. *Simplification du travail du sol en rotations céréalières: conséquences physiques in «Rotations Céréalières Intensives»* - Service des Publications de l'I.N.R.A. (sous presse).
- TARDIEU, F., 1984. *Etude au champ de l'enracinement du maïs; influence de l'état structural sur la répartition des racines, conséquences sur l'alimentation hydrique*. Thèse Docteur-Ingénieur «Sciences Agronomiques» - I.N.A.-P.G., Paris.