

Le profil cultural

Une perspective nouvelle pour l'analyse du travail du sol

Hubert Manichon
Directeur scientifique du Cirad

L'étude des systèmes de culture (SEBILLOTTE, 1978, 1990), de leurs performances techniques et économiques, de leurs effets à court et à long terme sur l'agrosystème, de leurs conséquences environnementales, constitue une partie essentielle de l'agronomie.

La démarche la plus ancienne (et encore la plus répandue) consiste à étudier des corrélations (ou fonctions de production) entre techniques culturales et rendements des cultures. On attend de la répétition (dans le temps et l'espace) de la comparaison des rendements, obtenus selon différentes modalités d'une technique culturale, l'établissement de relations stables, suffisamment générales pour être extrapolables et utilisables comme références.

Pour le travail du sol, l'échec de cette attitude est particulièrement net (HAWKINS, 1967 ; SEBILLOTTE, 1975 ; WINGATE-HILL, 1978), sauf pour des cas extrêmes.

On est donc conduit à adopter une autre attitude qui consiste à :

– mieux définir les variables explicatives : sans examen direct du milieu, ce sont des effets supposés (et non vérifiés) de l'outil que l'on met en relation avec le peuplement végétal ;

– étudier des variables moins distantes, grâce à l'introduction d'une variable intermédiaire « état du sol » dans l'étude des relations travail du sol-rendement des cultures.

Cette voie nouvelle a été ouverte en 1960 par S. Hénin et ses collaborateurs, R. Gras, G. Monnier et A. Feodoroff, du Laboratoire des techniques culturales de l'Inra à Versailles, quand ils ont inventé le concept de « profil cultural ». Ils ont ainsi permis un renouvellement des démarches en agronomie, et tout particulièrement pour l'analyse du travail du sol. Nous nous proposons de retracer ici brièvement l'évolution de l'utilisation de ce concept, et les perspectives qu'il offre aujourd'hui.

Naissance du concept de profil cultural : son utilisation pour le diagnostic au champ

L'histoire de l'agronomie est intimement liée à celle de l'agriculture. Ainsi, la première moitié du XX^e siècle a été marquée par le développement de la fertilisation minérale et les progrès des analyses de laboratoire pour le diagnostic sur les composantes chimiques de la fertilité. Citons, comme manifestations éminentes des travaux réalisés à cette époque, les synthèses réalisées par DEMOLON (1952). A partir de 1950, de nouveaux systèmes de culture, motorisés, se généralisent en France et en Europe. Avec eux apparaissent des problèmes d'une autre nature, révélant la nécessité d'évaluer non seulement les quantités d'éléments nutritifs présentes dans le sol, mais aussi leurs conditions de prélèvement par les cultures ; un diagnostic sur les effets du travail du sol s'impose alors, impliquant la caractérisation et l'étude du fonctionnement du système constitué par « *la succession des couches de terre, individualisées par l'intervention des instruments de culture, des racines de végétaux et des facteurs naturels réagissant à ces actions* » (HÉNIN et al., 1960).

L'utilisation de ce concept nécessite l'élaboration d'une méthode dont le principe est proche de la démarche du médecin généraliste : détection de symptômes par observation et « auscultation » du sol, élaboration d'une synthèse (syndrome), formulation d'un diagnostic. La nécessité d'une grande rigueur dans l'analyse est affirmée : observation indépendante des différents caractères, nécessité de rendre objective leur appréciation.

Pour l'état structural, les bases d'une description systématique des différents horizons du profil s'inspirent, en les simplifiant, des approches morphologiques d'origine pédologique. Mais ce n'est pas cet aspect de la méthode qui a, essentiellement, été retenu par ses utilisateurs, peut-être parce qu'à l'usage il a paru difficilement praticable dans les horizons travaillés.

Dans la pratique qui s'instaure et compte tenu des faibles connaissances théoriques d'alors en agronomie (notamment en agrophysiologie), c'est plus la recherche de symptômes défavorables aux cultures (ou supposés tels), que l'examen méthodique, qui ressort. Il en résulte un certain manque de crédibilité scientifique de la méthode, qui est surtout pratiquée avec profit par quelques experts proches du développement agricole dont E. Dalleine et P. Chazal : le « profil cultural » n'est pas devenu un véritable « outil de recherche », comparable dans son usage aux analyses de laboratoire. Ceci est renforcé par le fait qu'il concerne des états du sol très fugaces (contrairement aux analyses pédologiques), dont la caractérisation ne peut guère être contrôlée par d'autres observateurs qui retourneraient sur le même terrain, après que l'agriculteur ait continué ses travaux culturaux ! Certaines déviations ou abus d'observateurs mal avertis ne renforcent pas le statut scientifique de la méthode, jugée trop subjective.

Il nous a été donné de rencontrer, sous différentes latitudes, plusieurs de ces « experts » au discours brillant, énonçant des conclusions définitives valables pour plusieurs hectares, après avoir dégagé à la pointe du couteau quelques centimètres cubes de terre. Reconnaissons cependant que ces discours avaient une grande force de conviction et ont été malgré tout utiles. Ils ont contribué à ce que les agriculteurs découvrent que les moyens mécaniques de plus en plus puissants dont ils disposaient pour travailler le sol ne garantissaient pas, par leur seule existence, l'obtention de résultats satisfaisants.

Le « nouveau » profil cultural

N'oublions pas que S. Hénin, au début des années 60, c'est-à-dire au moment de la parution de la première édition du « Profil cultural », était professeur d'agriculture à l'Institut national agronomique. Il illustrait ses cours par des projections de diapositives issues de ses nombreuses tournées sur le terrain et les commentait brillamment, ses anciens élèves s'en souviennent. Il voulait, ce faisant, montrer la diversité et la complexité du réel, et la nécessité d'y confronter le discours théorique. Cet enseignement était complété par un stage sur le terrain, comportant une observation du sol.

Dès le milieu des années 60, M. Sebillotte, successeur de S. Hénin à la chaire d'agriculture de l'Ina, voulut renforcer la formation des étudiants à l'observation, à l'analyse et à la synthèse. Il fit pour cela de la méthode du profil cultural un outil pédagogique privilégié, dont la valeur formatrice dépasse largement l'objet considéré.

Il voulut aussi en faire un outil de recherche en l'introduisant comme variable explicative dans des protocoles d'expérimentations et d'enquêtes (MANICHON et SEBILLOTTE 1973, par exemple). Plusieurs autres équipes de chercheurs introduisaient le concept de profil cultural dans leurs démarches : citons, par exemple, GRAS *et al.* (1971), pour l'étude de la betterave à sucre en Picardie, CHARREAU et NICOU (1971), en Afrique tropicale.

C'est surtout l'expérience accumulée par M. Sebillotte et l'équipe d'enseignants-chercheurs qui l'entourait qui permit un renouvellement de la démarche.

Cette expérience, tout en confirmant la validité des principes théoriques de départ énoncés par S. Hénin, révélait l'insuffisance des modalités de caractérisation de l'état structural proposées à l'origine, pour rendre compte de la variabilité des situations rencontrées et les comprendre.

Plusieurs tentatives avaient eu lieu pour rendre plus opérationnelles les procédures d'examen du profil cultural, notamment dans le cadre des essais multilocaux de travail du sol de l'Institut technique des céréales et des fourrages, lancés par S. Hénin, sans que l'on ait pu aboutir à des résultats satisfaisants (MANICHON et BODET, 1976). La poursuite des réflexions nous a amené à adopter une attitude clairement déterministe.

- D'abord, pour la définition des critères de caractérisation de l'état des horizons anthropiques : l'état du profil cultural observé à un moment donné appartient à une histoire, au cours de laquelle sont intervenus deux groupes d'agents externes (les outils, les agents naturels), qu'il convient de distinguer pour obtenir un diagnostic. Ceci passe par la définition de deux niveaux d'organisation structurale (MANICHON, 1982) : l'état interne des mottes (fig. 1) et leur mode d'assemblage (fig. 2). Les modalités de passage d'un état à l'autre, à chaque niveau d'organisation, ont été pour partie élucidées.

- Ensuite, pour la manière d'appliquer ces critères à l'objet complexe qu'est un profil cultural : à chaque opération culturale, le volume de sol n'est que partiellement affecté par les actions mécaniques (comptages, fragmentations), ce qui conduit à définir une double stratification (MANICHON, 1987, 1988 ; MANICHON et ROGER-ESTRADE, 1990). Les intersections de limites horizontales et verticales (fig. 3) définissent des compartiments ayant subi des actions mécaniques définies.

Cette double stratification, qui fournit une « géographie » des horizons anthropiques, se révèle efficace :

- comme moyen d'analyse et de diagnostic de l'origine de l'état observé (confrontation à l'histoire culturale), en utilisant les critères morphologiques définis ci-dessus ;

– comme plan de sondage pour le choix des emplacements et des volumes de sol sur lesquels on pratique des mesures physiques (PAPY, 1986).

– comme grille d'analyse de la répartition spatiale du système racinaire : l'établissement de cartes des impacts des racines sur des plans verticaux et horizontaux, dont la localisation est choisie en fonction de la stratification, permet de calculer des fonctions de distribution des distances entre racines (TARDIEU et MANICHON, 1986 ; TARDIEU 1987, 1988) ; ces fonctions de distribution rendent mieux compte de la fonction puits pour l'eau que le critère habituel de distance moyenne entre racines, dès lors que la répartition spatiale de celles-ci est variable ; on a aussi pu montrer que les conséquences d'un état donné de la couche labourée sur l'enracinement pouvaient s'étendre au-delà de celle-ci (« effet d'ombre » des obstacles).

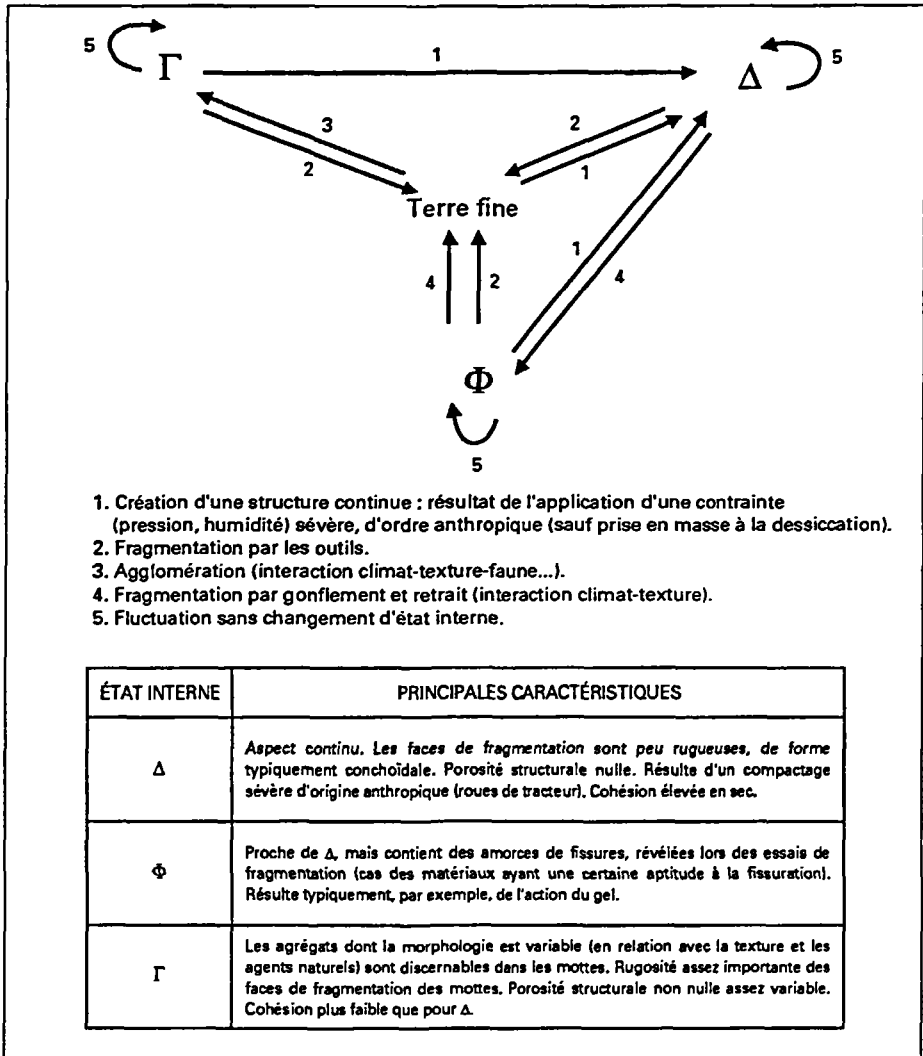


Figure 1. L'état interne des mottes (GAUTRONNEAU et MANICHON, 1987).

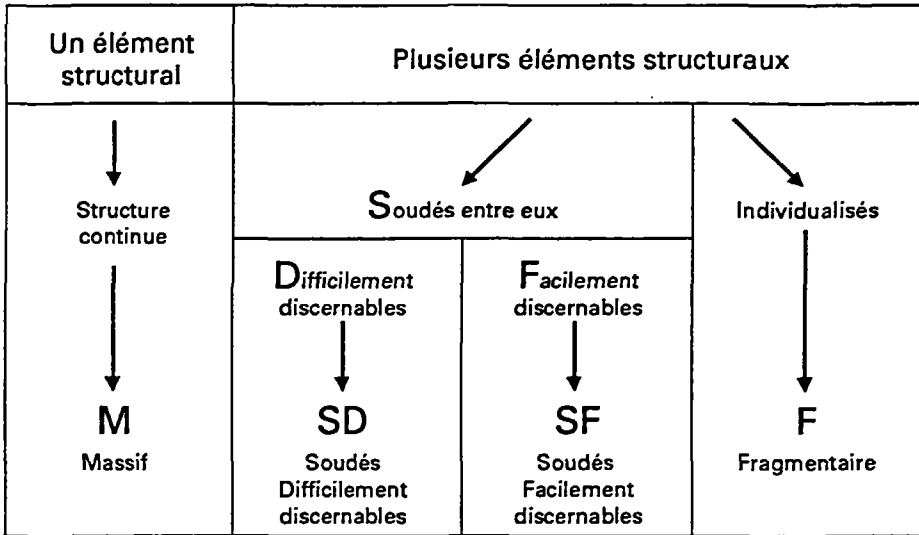


Figure 2. Les modes d'assemblage des mottes, deuxième niveau d'organisation (GAUTRONNEAU et MANICHON, 1987).

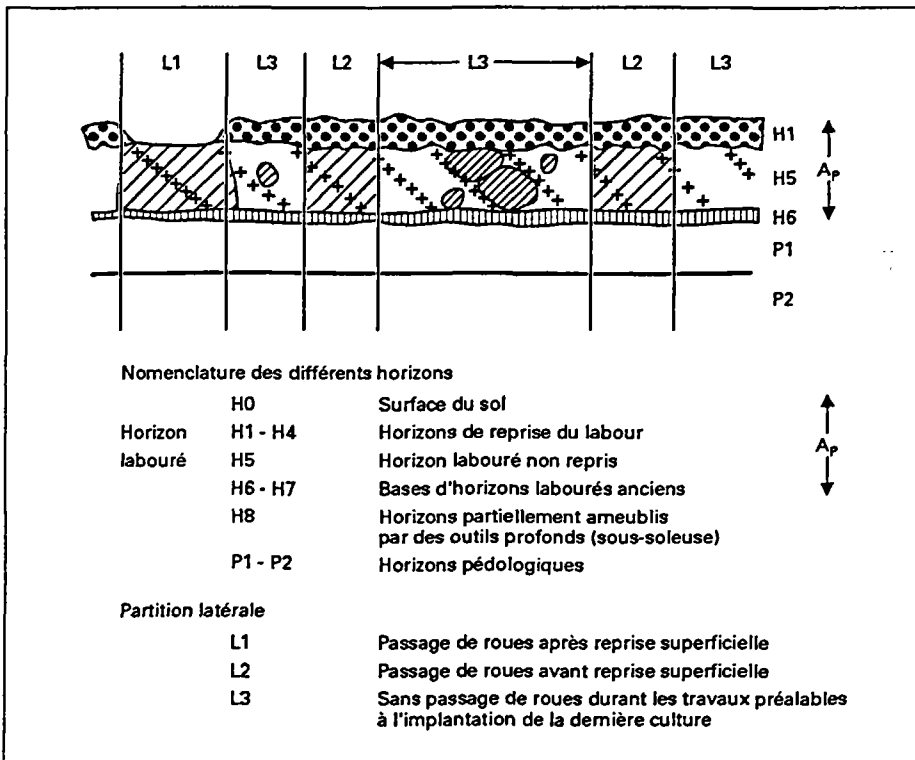


Figure 3. Double stratification du profil cultural.

Conclusion

Deux principaux obstacles limitaient l'utilisation de la méthode du profil cultural :

– les critères de caractérisation de l'état structural proposés à l'origine : inspirés de ceux de la pédologie, ils étaient utilisés dans les horizons travaillés en dehors de leur domaine de validité, les facteurs d'évolution du sol n'étant pas les mêmes ; il n'est pas interdit de penser que l'identification, dans une deuxième étape, d'une démarche spécifique à l'agronomie pour l'étude du sol *in situ* ait pu contribuer à une meilleure compréhension entre ces deux disciplines ;

– la variabilité spatiale de l'état des horizons travaillés à des échelles décimétriques et métriques, rendant inopérantes les observations effectuées à l'aide de descripteurs « moyens » de ces horizons.

Dans ces deux cas, une attitude déterministe, dont la mise en forme doit beaucoup à G. Monnier, a permis de surmonter les difficultés, et de proposer un système de description plus adapté. Une publication – à l'usage des étudiants, des agents du développement agricole et des chercheurs – a été réalisée sur la forme d'un « Guide méthodique du profil cultural » (GAUTRONNEAU et MANICHON, 1987).

Cette méthode reste qualitative, elle nécessite un apprentissage sérieux. Nous avons pu en montrer la pertinence dans plusieurs cas (MANICHON et ROGER-ESTRADE, 1990 ; COULOMB *et al.*, 1990), autant pour détecter les causes de la variabilité des profils culturaux entre parcelles (interactions entre le milieu et les itinéraires techniques) que pour apporter des éléments de compréhension aux performances des cultures. Mais il n'est pas exclu que cette nouvelle méthode de description, typiquement axée sur le diagnostic cultural au champ, entraîne des utilisations déviantes : la rigueur dans l'observation comme dans l'interprétation des faits reste une obligation essentielle.

Outre son utilisation en diagnostic, la méthode que nous avons évoquée offre de nouvelles possibilités. Il s'agit :

– au laboratoire, de pouvoir travailler sur des constituants de la structure bien identifiés (mottes de calibres et d'états internes définis) pour en étudier les propriétés physiques et mécaniques (travaux en cours de J. Guerif, F. de Leon et P. Stengel à la Station de science du sol de l'Inra, Montfavet) ; ceci doit permettre l'établissement de relations plus efficaces entre les échelles de travail du laboratoire et du terrain ;

– sur le terrain, de pouvoir définir et créer des grands types d'états des profils, constituant les « traitements » des expérimentations ; nous avons évoqué les travaux de F. Tardieu sur l'enracinement, d'autres recherches sont en cours (I. Coulomb, J. Caneill, J. Roger-Estrade au Laboratoire d'agronomie de l'Inra/Ina, à Grignon) et portent sur la modélisation des états du profil et leur évolution sous l'action des outils.

Cela implique un perfectionnement des modalités de caractérisation des profils, qui, tout en restant basées sur les principes exposés précédemment, puissent fournir des informations précises (calibre, nombre et disposition spatiale des constituants de la structure) sans accroître le temps passé sur le terrain : une procédure comportant la prise de photos stéréographiques et l'analyse informatisée des images est en cours de mise au point à Grignon.

Ainsi, la méthode du profil cultural devient un véritable outil de recherche en agronomie, comme l'atteste le lancement par l'Inra en 1989 d'une ATP « Travail du sol », qui sert de support aux travaux évoqués ci-dessus, et associe l'Inra, l'Ina et l'ITCF.

Dans la forme, dans les procédures, on semble s'être fortement éloigné des bases du profil cultural. Sur le fond, il n'en est rien, ou presque ; les idées énoncées par S. Hénin dès 1960 sont toujours actuelles. Que l'on en juge par ces citations tirées de l'introduction de l'ouvrage (HÉNIN *et al.*, 1960) :

– « On peut ... essayer de définir l'état physique du sol. Mais ... on se heurte à de nombreuses difficultés – la plus fondamentale de toutes est liée à l'hétérogénéité du milieu (qui) elle-même constitue un des éléments de la description du milieu ». Ceci n'annonçait-il pas la double stratification du profil à laquelle nous avons fait allusion ?

– « Ces faits conduisent non seulement à considérer l'état physique actuel du milieu mais encore à essayer de prévoir ou comprendre son histoire ». Comment, après avoir lu cette phrase, ne pas adopter une attitude déterministe pour le choix des critères de description de l'état structural ?

Une seule conclusion s'impose : il a fallu près de 30 années pour comprendre la pensée du Maître et, peut-être, la rendre accessible à un plus grand nombre. Nous souhaitons que, sous des formes nécessairement renouvelées, elle puisse maintenant imprégner davantage la communauté scientifique internationale.

Bibliographie

CHARREAU (C.), NICOU (R.), 1971. L'amélioration du profil cultural dans les sols sableux et sablo-argileux de la zone tropicale sèche ouest-africaine et ses incidences agronomiques. Paris, IRAT, 254 p. (Bulletin agronomique n° 23).

COULOMB (I.), MANICHON (H.), ROGER-ESTRADE (J.), 1990. « Evolution de l'état structural sous l'action des systèmes de culture » In *La structure du sol et son évolution*. J. Boiffin, A. Marin-Lafèche (éd.). Paris, Inra, p. 137-155 (Les Colloques de l'Inra n° 53).

DEMOLON (A.), 1952. *La dynamique du sol*. Paris, Dunod.

GAUTRONNEAU (Y.), MANICHON (H.), 1987. *Guide méthodique du profil cultural*. Lyon, CEREF-GEARA.

GRAS (R.), OSTY (P.L.), DEFFONTAINES (J.P.), MARIN-LAFLÈCHE (A.), 1971. Contribution à l'étude de la culture de la betterave à sucre sur des sols légers du Laonnois et de la Champagne de l'Aisne. *Ann. Agron.*, 22 (5) : 537-584.

HAWKINS (J.C.), 1967. Systems of mechanization for agriculture in developing semi-arid countries. *J. Proc. Int. Agric. Eng.*, 23 (2) : 9-53.

HÉNIN (S.), FEODOROFF (A.), GRAS (R.), MONNIER (G.), 1960. *Le profil cultural. Principes de physique du sol*. Paris, SELA, 320 p.

HÉNIN (S.), GRAS (R.), MONNIER (G.), 1969. *Le profil cultural. L'état physique du sol et ses conséquences agronomiques*. Paris, Masson, 322 p.

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, INA-PG.

MANICHON (H.), 1987. « Observation morphologique de l'état structural et mise en évidence d'effets de compactage des horizons travaillés » In *Soil compaction and regeneration*. G. Monnier, M.J. Goss (eds). Rotterdam, Balkema, p. 39-52.

MANICHON (H.), 1988. Compactage, décompactage du sol et systèmes de culture. *C.R. Acad. Agric. Fr.*, 74 (1) : 43-54.

- MANICHON (H.), BODET (J.M.), 1976. « Caractérisation des profils culturaux ». In *Simplification du travail du sol en culture céréalière*. Paris, ITCF.
- MANICHON (H.), ROGER-ESTRADE (J.), 1990. « Caractérisation de l'état structural et étude de son évolution à court et moyen terme sous l'action des systèmes de culture ». In *Les systèmes de culture*. L. Combe, D. Picard (éd.). Paris, Inra, p. 27-55.
- MANICHON (H.), SEBILLOTTE (M.), 1973. *Etude de la monoculture du maïs en Béarn*. Paris, INA-PG (doc. multigr.)
- PAPY (F.), 1986. Effet de l'état structural d'une couche labourée sur sa rétention en eau. *Agronomie*, 6 (6) : 57-66.
- SEBILLOTTE (M.), 1975. Comment aborder et suivre l'introduction dans un système de culture de nouveaux procédés de travail du sol. *Bull. Tech. Inf.*, 302-303 : 555-667 (numéro spécial : Procédés nouveaux de travail du sol).
- SEBILLOTTE (M.), 1978. Itinéraires techniques et évolution de la pensée agronomique. *C.R. Acad. Agric. Fr.*, 64 (11) : 906-914.
- SEBILLOTTE (M.), 1990. « Système de culture, un concept opératoire pour les agronomes ». In *Les systèmes de culture*. L. Combe, D. Picard (éd.). Paris, Inra, p. 165-196.
- TARDIEU (F.), 1987. Caractérisation en tant que capteur d'eau de l'enracinement du maïs en parcelle cultivée. III. Disponibilité des réserves en eau du sol. *Agronomie*, 7 : 279-288.
- TARDIEU (F.), 1988. Analysis of spatial variability of maize root density. II. Distances between roots. *Plant Soil*, 107 : 259-266.
- TARDIEU (F.), MANICHON (H.), 1986. Caractérisation en tant que capteur d'eau de l'enracinement du maïs en parcelle cultivée. II. Une méthode d'étude de la répartition verticale et horizontale des racines. *Agronomie*, 6 : 415-425.
- TARDIEU (F.), MANICHON (H.), 1987. Etat structural, enracinement et alimentation hydrique du maïs I. Modélisation d'états structuraux types de la couche labourée. *Agronomie*, 7 : 123-131.
- WINGATE-HILL (R.), 1978. Tillage requirements for cereal crop production, and their relationships to the development of new tillage machinery. In *Modification of soil structure*. W.W. Emerson et al. (eds). Chichester, J. Wiley and Sons.