

GUIDE METHODIQUE DU PROFIL CULTURAL

Yvan Gautronneau
Professeur d'Agronomie à l'ISARA
Institut Supérieur d'Agriculture Rhône-Alpes
CEREF

Hubert Manichon
Professeur d'Agronomie à l'INAPG
Institut National Agronomique Paris Grignon
GEARA

Préface de **Michel Sébillotte**

Avertissements :

- ◆ Cette version « pdf » du guide méthodique du profil culturel n'a pas la qualité du document « papier » d'origine, publié en 1987. Si vous désirez acquérir ce dernier (chemise plastifiée contenant le texte, un modèle de fiche d'observation et une fiche illustrée récapitulative : 100 F ttc + Frais de port), merci de passer commande à l'ISARA, auprès d'Yvan Gautronneau par email : **yvan.gautronneau@isara.ipl.fr**
- ◆ Sur le site Internet de l'ISARA, vous trouverez également une version électronique de la « fiche d'observation », au format Word 6/95 ou Word 97.

PREFACE

Michel Sebillotte
Professeur d'agronomie à l'INAPG

Un peu d'histoire

La parution de la première édition, en 1960 du livre "Le Profil Cultural", sous la signature de S. Henin et de ses collaborateurs du Laboratoire des Techniques Culturelles à Versailles (INRA), marquait une date : à la fois aboutissement d'une histoire et étape sur le long chemin d'une meilleure prise en compte des états du sol pour la conduite des cultures.

Le passé c'était l'orientation donnée aux travaux de S. Henin par A. Demolon, dans le courant des années 30, et qui allait aboutir, entre autres, à une théorie de la stabilité structurale.

Plus récemment c'était l'évolution rapide de l'agriculture française qui, pour faire face aux gains de productivité que lui imposaient les tendances politico-économiques, se motorisait et se mécanisait : l'attelage tirant une charrue, mono ou bi-soc, était remplacé par un tracteur avec une roue en fond de raie qui tassait ainsi, en profondeur, le sol de la parcelle sur la totalité ou la moitié de sa surface !

Il fallu réapprendre à labourer ! Citons les concours de labour, organisés du canton à l'échelon national, par les Cercles des Jeunes Agriculteurs, avec l'appui de plusieurs grandes firmes. A côté du nom de S. Henin il faut citer, ici, celui de E. Dalleinne. Passionné par l'analyse des effets des outils de travail du sol, il a beaucoup contribué au développement de la méthode du profil cultural et à une meilleure caractérisation des outils, entre autres des charrues, pour prévoir les effets, leur degré d'adaptation à une vitesse de traction nettement plus rapide que celle des attelages, et sans cesse croissante.

A Trie-Chateau, au sein du cycle Agronomie de l'AFPA^a, ingénieurs et chercheurs s'associèrent pour former des techniciens plus compétents. Dans ce cadre et à travers toutes les réunions qui le prolongeaient sur le terrain, que de "trous" nous avons faits avec J. Cochet, E. Dalleinne, M. Lepine, G. Monnier !

Travail du sol, mais aussi transformation du

milieu, lutte contre les excès d'eau ; actions de P. Chazal qui nous montrait, au cours d'une tournée avec S. Henin dans la région lyonnaise, en 1963, les planches qu'il avait fait réaliser à M. Dagallier, à Romans dans les Dombes...

A cette contribution au diagnostic et au conseil dans le cadre d'actions de formation et de vulgarisation qui se doublait aussi dans la presse par la réalisation de documents d'appui abondamment illustrés^b, de collection de photographies^c, sont venues s'ajouter, très rapidement, les travaux de chercheurs, disciples de S. Henin, pour lesquels la méthode du Profil Cultural était un moyen de mieux caractériser les états du milieu^d. Le sous-titre de l'ouvrage de 1960 n'était-il pas "Principes de physique du sol" ?

Les problèmes posés par l'observation et son utilisation

Qu'apportait la méthode du profil cultural ?

L'idée qu'il fallait donner leurs places aux divers rôles que joue le sol dans le fonctionnement du champ cultivé, dans l'élaboration du rendement et, dans une certaine mesure, la possibilité de le faire.

(a) : AFPA - Association de Formation Pour l'Agriculture

(b) : Par exemple les planches illustrées du Figaro Agricole :
Cochet J. et Sebillotte M. - 1963 - "Le labour engage l'avenir".
N° 142
Sebillotte M. - 1965 - "Le Profil Cultural" - No 160.

(c) : Dalleinne E. - 1967 - "Labours et Charmes" - Diapositives,
Collection Technique, Massey-Ferguson.

(d) : Par exemple :
Gras R. - 1961 - "Relations entre les propriétés physiques du sol et la croissance du pommier dans la Sarthe" - Ann. Agron. 12
Maertens C. - 1964 - "Influence des propriétés physiques des sols sur le développement racinaire et conséquence sur l'alimentation hydrique et azotée des cultures" - Sciences du sol 91,31-41.
Monnier G. - 1965 - "Actions des matières organiques sur la stabilité structurale des sols" - Thèse Doct. Ing. Paris.
Sebillotte M. - 1963 - "Action de la structure du sol sur une culture de féveroles" - CR Acad. Agri. de France, 15-5.
Sebillotte M. - 1964 - "Action de la structure du sol sur une culture de luzerne" - CR. Acad. Agri. de France, 20-S.

En effet, la motorisation effrénée entraînait, dans de nombreuses situations, l'apparition d'accidents structuraux que l'examen des profils nous révélait. Mais à ouvrir des fosses un peu partout, en France et à l'étranger, des qu'un rond, une tâche, une ligne de végétation était moins belle, on fut conduit, à côté de ces obstacles, à s'intéresser beaucoup plus aux excès d'eau (pseudo-gley), aux parasites (pertes de pieds de maïs du fait des taupins sur les retournements de prairies permanentes)...

Le sol, en entier, devenait objet d'étude dans ses relations avec les cultures et les techniques. Cette partie de l'agronomie émergeait et s'individualisait par rapport à la pédologie.

Mais les difficultés surgirent assez vite. Tout d'abord il a fallu apprendre à observer : chacun attendait d'un ancien qu'il lui enseigne comment faire ! Pourtant la question primordiale n'était pas là, mais de savoir ce que l'on fait quand on observe. D'admettre que l'on observe avec une intention et avec ses yeux et donc de répondre aux interpellations telles que "je ne vois rien" ou "vous ne voyez que ce que vous voulez voir".

La fiche initiale, dans l'ouvrage de 1960, ne résolvait guère ces problèmes. Il a fallu, et les membres de la Chaire d'Agronomie de l'Institut National Agronomique s'y sont particulièrement attachés :

- **apprendre à nommer et forger d'autres appellations** que celles du livre de 1960, trop empruntées au pédologue qui avait pris de l'avance mais poursuivait des objectifs différents : parler de mottes, de terre fine, aujourd'hui d'état interne, de modes d'assemblage, mais aussi de raccordement motte-terre fine en surface... Donc savoir voir et décrire ce qui avait de l'importance pour la culture, pour les pronostics sur l'évolution des états du profil ou pour la formulation des hypothèses sur les origines des états observés.
- **savoir utiliser les observations faites. Eviter** le piège dans lequel tombe trop souvent l'apprenti qui décrète l'existence d'un obstacle

structural parce qu'une racine présente un coude, donc faire des observations indépendantes des différents critères pour pouvoir, ensuite, étudier leurs convergences. Décrire un profil cultural c'est établir des relations.

Autre piège : n'observer qu'un plan sans épaisseur alors que la plante explore un volume de sol, que la charrue découpe des bandes de terre qui forment des blocs d'une certaine taille,... L'échelle à laquelle cette méthode est pertinente peut être définie, selon les questions posées :

- par les outils, leur largeur, et la régularité de leurs effets dans le sens de l'avancement,
- par la structure géographique du peuplement végétal : la surface considérée doit alors être telle que l'on puisse admettre que le comportement des plantes qui s'y trouvent dépend principalement des relations climat-sol-plantes dans cet espace, et non de son environnement.

Ceci met en cause la notion d'homogénéité, indissociable de la notion d'échelle. Le néophyte devra apprendre à décider si deux profils culturaux se ressemblent ou non : pour cela, il devra se référer aux questions posées, qui fixent une échelle de travail.

Pour l'agronome de terrain, ce peut être l'analyse des effets d'une roue de tracteur, d'un corps de charrue,... qu'il faut alors pouvoir localiser dans le profil cultural : on comparera ces zones avec leur environnement, avec le travail des autres corps de charrue.

Il est évident qu'il faudra apprendre à accepter une certaine gamme de variabilité, à négliger certaines différences.

- **Comprendre que la méthode** du profil cultural vise plus que la description, plus que la mise en évidence de relations entre des critères, mais qu'elle **est un des moyens de trier l'important de l'accessoire**, dans le fonctionnement du champ cultivé.

Cela supposait la mise au point d'une théorie agronomique qui fasse toute sa place au climat et aux interactions climat-sol-plante tout au long du cycle végétatif.

En effet, même si les rôles des états structuraux sur la dynamique des fluides, sur les échanges de chaleur, sur les racines, sont de mieux en mieux pris en compte et reconnus (e), ce qui justifie de bien les décrire, ce ne sont pas les seules caractéristiques du profil cultural à prendre en compte. Selon les climats, la nature des cultures, les mêmes états observés ne doivent pas être jugés de la même manière.

Cette théorie agronomique était encore assez fruste en 1960. Ce sont les progrès accomplis depuis qui justifient une approche de plus en plus poussée de ce qui "se passe dans le sol".

On manquait aussi de références. On mesure bien qu'elles ne sauraient être de la même nature qu'une dose d'herbicide à épandre, qu'elles sont plus des méthodes avec quelques paramètres à déterminer régionalement (f). C'est en accumulant, pour quelques cultures, observations et interprétations sous de nombreuses combinaisons climat-sol différentes que l'on a pu progresser.

- **Il a fallu enfin apprendre à comparer des situations et élaborer les méthodologies** adéquates pour que les résultats soient pertinents et que chacun puisse constituer son référentiel, fixer des probabilités de comportement du sol, de réactions des cultures, localement et avec les techniques dominantes.

Selon que l'on s'intéresse aux transformations de l'état du profil cultural sous l'action du climat et des outils, ou bien à la relation état du profil-rendement de la culture, on ne fera pas les comparaisons de la même manière. Dans le premier cas, on peut faire des comparaisons sur certains critères pris isolément : par exemple la localisation de la terre fine par 2 outils différents à partir du même état initial, si cet aspect est déterminant pour la circulation de l'eau. Dans le second, il est interdit, presque toujours, de procéder de la sorte : il faut d'abord faire une synthèse de ce que l'on observe, de manière à comprendre, expliquer, le rendement obtenu dans chaque situation et le rôle qu'a joué l'état du profil cultural.

Une méthode insuffisamment utilisée

Après l'enthousiasme du début des années 60 ce fut, un peu la traversée du désert, bien que l'on parle un peu partout de "structure de sol". On a préféré faire appel aux experts existants !

Pourquoi cette situation ?

Certes la méthode est fatigante et son caractère de nouveauté a disparu, certes les matériels ont progressé, entraînant du même coup une réduction des accidents spectaculaires (l'accroissement de la largeur de travail des outils a automatiquement réduit le nombre de passages de roues à l'unité de surface et donc les risques de tassement !).

Pourtant, et plus profondément, il me semble que deux obstacles majeurs, qui découlent des considérations exposées au chapitre précédent, ont joué :

- d'un côté, ce n'est pas une méthode au sens des analyses de terre. On s'adresse à un ensemble complexe. On obtient certes quelques chiffres, mais il reste une part de qualitatif dont on se méfie.
- d'un autre côté le travail n'est terminé que s'il y a eu interprétation et donc une démarche dans laquelle l'agronome doit s'engager sans autre garde-fou que son référentiel local et une solide formation théorique.

C'est ainsi que certains, privilégiant trop exclusivement les aspects mécaniques, ont espéré dans la pénétrométrie pour pallier ces deux difficultés.

(e) : Hamblin Ann. P. - 1983 - "The influence of soil structure on water movement, crop root growth, and water uptake" - Adv. in Agron. - 38,95-158.

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 Doct. Ing. INA-PG 232 p.

(f) : Sebillotte M. - 1978 - "La collecte des références et les progrès de la connaissance agronomique" - In "Exigences nouvelles pour l'agriculture : les systèmes de culture pourront-ils s'adapter ?" - ADEPRINA-INA PG, 466-496.

On obtiendrait ainsi une courbe pour une situation donnée qui, confrontée à une courbe de référence, fournirait diagnostic et pronostic ! Non seulement cette attente nie le caractère systémique du champ cultivé, mais on oublie aussi qu'il n'est pas doué, comme un animal tel qu'une vache, de propriété d'homéothermie, donc d'une stabilité dans le temps qui permettrait :

- 1- d'interpréter commodément des résultats analytiques sans la nécessité de les replacer dans l'histoire de chaque situation,
- 2- de juger des risques sans confronter les caractéristiques observées aux événements climatiques probables, aux décisions prévisibles de l'agriculteur !

Beaucoup de chercheurs de leur côté ont eu tendance à ne plus s'intéresser qu'à l'analyse des mécanismes ce qui les a conduits à travailler sur des situations très simplifiées, caractérisées, entre autres, par une isotropie des propriétés et des états, ce qui les éloignait radicalement des situations culturelles fortement anisotropes.

Les auteurs

C'est un des mérites d'H. Manichon d'avoir poursuivi dans l'optique initiale, pour que la méthode du Profil Cultural, évoluant, redevienne porteuse de nouveaux progrès et apporte des solutions aux problèmes rencontrés par les techniciens sur le terrain. Sa thèse a, ainsi, marqué une nouvelle étape dans l'histoire de la méthode (g). A travers ses multiples interventions sur le terrain (formation, vulgarisation) et la poursuite de ses actions de recherche, il a testé la praticabilité et la puissance de son outil.

Y. Gautronneau avait perçu depuis longtemps que sans la mise au point d'un document spécialement conçu il ne fallait pas espérer un développement important de cette méthode dont il avait, pourtant, largement démontré l'intérêt à ses étudiants de l'ISARA et aux agriculteurs de la Région Rhône-Alpes.

Je me réjouis donc que tous les deux aient, malgré des emplois du temps fort chargés, élaboré ce guide, bien fait, clair, et qui vient à son heure, dans le sillage de la **relance agronomique**. Mais que l'on ne pense pas que, sans effort personnel, chacun pourra acquérir cette méthode. C'est à un accroissement de formation que chacun est convié, avec des moyens nouveaux, beaucoup plus performants, permettant, sans trop de difficultés, d'aboutir à des conclusions valides.

Pour terminer je formulerai le souhait que, possédant maintenant un langage commun, vous ayez le souci, utilisateurs à venir, de confronter vos expériences, de contribuer à l'enrichissement de cet outil qui doit rester évolutif s'il veut vivre, intégrant en permanence les nouveaux fruits de la recherche, les nouvelles questions des agriculteurs. Qu'ainsi se prépare le jour, relativement proche, où il sera possible de réaliser un outil encore plus efficace mettant en œuvre les ressources de la micro-informatique.

(g) : Manichon H. - 1982 - "Influence des systèmes de culture sur le profil cultural : élaboration d'une méthode de diagnostic basée sur l'observation morphologique" - Thèse Doct. Ing. INA-PG. 214 - p. + An.

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION - page 7

II. LE PROFIL CULTURAL, POUR QUOI FAIRE ? - page 8

1. Outil d'évaluation de potentialités agronomiques
2. Outil d'aide à la décision
3. Outil de dialogue avec l'agriculteur
4. Outil d'expertise agronomique
5. Outil d'acquisition de références
6. Outil de conseil en travail du sol

III. PRINCIPES GENERAUX DE DESCRIPTION D'UN PROFIL CULTURAL - page 14

1. Partition verticale
2. Partition latérale

IV. LES CRITERES DE DESCRIPTION - page 18

1. L'état structural
2. Autres observations

V. DEROULEMENT PRATIQUE DE L'OBSERVATION - page 29

VI. INTERPRETATION DES OBSERVATIONS : DIAGNOSTICS ET PRONOSTICS - page 39

1. L'utilisation des observations
2. Un diagnostic important pour le conseil : l'origine de l'état observé

VII. EXEMPLES - page 47

1. Le profil cultural, outil de conseil en travail du sol
2. Deuxième exemple : évaluation de plusieurs systèmes de culture dans un même milieu

VIII. CONCLUSION - page 59

BIBLIOGRAPHIE - page 60

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES - page 62

I. INTRODUCTION

L'agronomie a donné naissance à des concepts spécifiques, au nombre desquels celui de "Profil Cultural" :

"Ensemble constitué par la succession des couches de terre, individualisées par l'intervention des instruments de culture, les racines des végétaux et les facteurs naturels réagissant à ces actions"(1)* .

Qu'un même objet, le sol, puisse être étudié de manières différentes cela peut choquer : on oppose deux profils "rivaux", pédologique et cultural.

Il est vrai que ces deux profils diffèrent :

Pour des raisons de finalité : l'observation d'un profil pédologique débouche sur l'identification des mécanismes qui ont présidé à sa différenciation, et permet de comprendre certains traits de son fonctionnement actuel ; l'observation d'un profil cultural débouche sur des diagnostics et des pronostics ayant trait au peuplement végétal et au système de culture.

Pour des raisons d'échelle : de temps tout d'abord, puisque dans le second on s'intéresse à des phénomènes plus contingents (effets des actions culturelles). D'espace aussi, puisque l'on distingue plusieurs horizons "anthropiques" (liés aux actions de l'homme) au sein d'un même horizon "pédologique".

Ces différences justifient-elles qu'aujourd'hui l'on oppose ces concepts ? Il nous semble au contraire que les approches se complètent et gagnent à être pratiquées ensemble. Mais il faut définir avec soin les objectifs que l'on poursuit et les éléments sur lesquels on base ses conclusions.

Ceci implique d'utiliser dans chaque cas des modes de caractérisation adaptés, c'est-à-dire aussi directement en relation qu'il est possible avec les facteurs de différenciation dont on veut rendre compte. C'est cette logique qui est développée ici pour le profil cultural.

Cet ouvrage ne prétend pas aborder tous les aspects de la caractérisation de l'état du sol, il ne traite que des observations au champ ; les méthodes de mesures physiques (densimétrie, résistance mécanique) sont en effet mieux connues. Celles-ci pourront-elles rendre inutiles les observations ? Nous pensons que non, même si des progrès dans la mise en œuvre des appareillages sont à attendre. Nous pensons que c'est le couplage des deux types d'approches qui devrait se développer.

Il reste que l'utilisation de méthodes qualitatives présente toujours certaines difficultés. Il nous a donc semblé utile de faire le point sur ces méthodes, et de proposer à un public très divers (Chercheurs et Agents du Développement, Praticiens, Enseignants et Etudiants,...) ce document que nous voulons pratique. Notre espoir est que, grâce à lui, les différentes personnes concernées par un examen du sol puissent mieux communiquer entre elles ; et que les néophytes ne soient pas rebutés par des difficultés qui, somme toute, sont surmontables !

* Les numéros renvoient aux références bibliographiques (chapitre IX).

II. LE PROFIL CULTURAL, POUR QUOI FAIRE ?

L'agriculteur comme le technicien se posent souvent cette question, un profil, pour quoi faire ? Ou bien : quand faut-il en faire ? Doit-on toujours effectuer une observation fine, qui est longue et difficile ? Devant l'absence de réponses claires à ces questions, l'attitude fréquente consiste souvent à reculer devant l'obstacle et à attendre la venue d'un spécialiste. Or le profil cultural est une méthode d'observation et de diagnostic destinée à être utilisée par le plus grand nombre.

Pour tenter de répondre à ces questions, nous proposons six cas où le profil cultural s'avère un outil efficace. Ces différents cas sont de plus en plus complexes dans l'observation, mais aussi dans les objectifs visés. En fin d'ouvrage deux exemples commentés, permettront une compréhension pratique de l'outil "profil cultural".

1. Le profil culturel, outil d'évaluation de potentialités agronomiques

On cherche à repérer rapidement les principaux problèmes agronomiques relevant de caractères du milieu, peu ou pas dépendants des actions culturelles.

La question posée est essentiellement : Quel est le volume de terre potentiellement exploitable par les racines ?

On considèrera ce volume comme une caractéristique de la parcelle (ou d'une fraction de celle-ci), sachant qu'il se peut qu'il ne soit pas complètement utilisé chaque année.

La réponse, associée à des résultats d'analyse de terre, permet de déterminer une réserve utile potentielle en eau et d'évaluer la contribution des couches profondes dans l'alimentation minérale des plantes. On doit tenir compte de la charge en éléments grossiers.

On focalise l'observation des horizons pédologiques sur quelques éléments rapidement identifiables :

- repérage d'horizons difficiles à "traverser" par les racines (horizons compactes ou cimentés, roche mère, horizons hydromorphes,...);
- à l'inverse, présence de fissures, de galeries de vers de terre.. .
- et enfin, densité et profondeur des racines de cultures précédentes ou en place.

Il vaut mieux choisir des parcelles d'observation, telles qu'on puisse penser que les actions culturelles n'ont pas trop altéré ce potentiel, qui est relativement peu variable selon les espèces cultivées. Dans une même zone d'étude, l'extrapolation des résultats dépend très largement du nombre de profils observés.

On se limite ici au constat ; on s'arrête au syndrome, il n'y a ni diagnostic, ni réel pronostic (voir chapitre VI).

Attention : ***Dans ce type de profil, on n'hésite pas à "creuser" profondément, on a recours si nécessaire à la pioche, pour traverser un horizon difficile à franchir, mais qui peut être suivi d'un horizon plus friable !***

2. Le profil cultural, outil d'aide à la décision

Le profil cultural, pour une situation précise (parcelle, culture à implanter ou en place) peut permettre :

- **l'estimation de la réserve utile pour la conduite de l'irrigation ;**
- **l'estimation de la profondeur à prendre en compte pour le calcul du bilan prévisionnel de l'azote.**

Contrairement au cas précédent, ici on cherche à prendre en compte les effets observables ou prévisibles des actions culturales sur l'état structural et donc, sur l'enracinement. On poursuivra l'observation en direction des horizons anthropiques pour y déceler d'éventuelles zones compactes ou tout obstacle à l'enracinement (semelle, paquets de paille, zones creuses, pseudo-gley...)

Remarques : *On cherche ici, surtout, à établir un pronostic.*

- Il est fort judicieux de contrôler, a posteriori, le pronostic ainsi établi.

- L'observation de l'enracinement de la culture précédente (ce qu'il en reste) est très utile.

- Ces observations préparent éventuellement la décision d'une action correctrice du type sous-solage, assainissement,...

De même, un profil cultural "rapide", réalisé au cours d'un "tour de plaine" (2) peut s'avérer pertinent pour **décider d'une intervention de travail du sol.**

L'exemple le plus typique, est la reprise d'un labour "fait d'avance".

La question posée est : Quel outil utiliser, et avec quel réglage ? Pour cela il faut répondre à :

- quel état structural et hydrique observe-t-on ?
- l'état structural est-il éloigné? de l'état recherché ?
- quelle profondeur de fragmentation et quel émiettement, quel compactage,... recherche-t-on ?

On peut alors se satisfaire d'une vision d'ensemble du profil (porosité-répartition de la matière organique, humidité-compacité-amorces de fissuration,..). La fosse peut être ici très modeste (1 m de long et 50 cm de profondeur). On se guide sur l'état de surface du labour pour choisir le nombre et l'emplacement des profils.

Mais ce "profil rapide" apparemment simple, cache une complexité.

Le risque d'erreur dépend très largement de **l'expérience de terrain** de l'observateur; d'autant plus qu'il faut intégrer des éléments complexes :

- l'évolution probable de l'état structural sous l'action du climat,
- l'action présumée des outils envisagés
- une bonne connaissance du comportement du sol et du peuplement végétal.

Il faut donc "pratiquer" souvent, "c'est en forgeant qu'on devient forgeron".

On verra, dans les exemples présentés au chapitre VII, le parti que l'on peut tirer d'une observation détaillée, lorsqu'on a le temps de la faire.

3. Le profil culturel, outil de dialogue avec l'agriculteur

L'observation d'un profil culturel est une occasion privilégiée de communication avec l'agriculteur, sachant que dans ce domaine, celle-ci est plus facile au champ.

Le moment souhaitable, pour une telle observation, se situe lorsque la plante a atteint son maximum de développement racinaire, l'agriculteur pouvant alors voir les conséquences sur la plante cultivée.

L'observation peut rester simple et rapide ; on cherche ici à repérer les accidents. On s'arrête au spectaculaire :

- * zones tassées ou creuses,
- * zones sans racines,
- * zones de pseudo-gley et symptômes d'hydromorphie,
- * présence de paquets de matière organique,
- * aspects morphologiques des racines,...

Le diagnostic, obtenu de cette manière, permet de **détecter des problèmes**, et ainsi de **poser des questions** à l'agriculteur, c'est donc **un outil de dialogue**.

Attention : ***Cette observation rapide a plus un rôle pédagogique que de diagnostic élaboré. On prend le risque délibéré, de ne voir que le spectaculaire et donc de se tromper. Le conseil à l'agriculteur sera dans ce cas fort hasardeux, il dépendra très largement de la qualité d'expert de l'observateur. Mais c'est aussi, pour le technicien débutant, un excellent moyen de se constituer son référentiel, de se "faire la main".***

4. Le profil culturel, outil d'expertise agronomique

Il s'agit de répondre à une question précise, donc d'établir un diagnostic fiable. L'objectif est ambitieux, et relève du domaine de l'expert ou de l'observateur entraîné. Mais c'est un cas plus simple que les cas suivants car on n'a ni le souci du pronostic ou du conseil, ni le souci de communiquer à autrui le détail des observations.

La question posée est généralement du type :

La plante présente un accident en cours de végétation qui ne semble pas imputable à un problème phytosanitaire. N'y aurait-il pas "un problème de structure du sol" ?

La démarche va consister à privilégier les relations : végétation (peuplement et enracinement) et état du profil culturel. On cherche à conclure sur la plausibilité d'un effet de ce dernier sur la végétation.

Le diagnostic gagne à être contrôlé par une autre observation dans la même parcelle à un endroit où la végétation n'a pas les mêmes symptômes : en procédant par comparaisons, on assoit mieux ses conclusions. C'est une façon de se "lancer" pour acquérir une expérience.

5. Le profil cultural, outil d'acquisition de références

C' est le cas du profil cultural réalisé dans le cadre du suivi de parcelles faisant partie d'un réseau d'acquisition de références culturales :

- comparaison d'itinéraires techniques,
- étude d'une technique particulière,
- test de successions de cultures,
- comparaison de terrains différents, ou bien même comparaison de variétés.

En bref, tous les cas (et ils sont nombreux) où une interaction état du sol - peuplement végétal peut être utile à connaître...

Contrairement aux cas précédents, il y a nécessité de pouvoir **communiquer**, avec d'autres qui n'ont pas vu le profil cultural concerné, et qui ont en charge d'autres parcelles du même réseau. Il faut alors avoir recours à une observation **systematique et codifiée**. Il devient indispensable de suivre, à la lettre, la procédure proposée plus loin ; une **fiche commune** à l'ensemble des parcelles du réseau est indispensable. Nous en proposons plus loin un modèle.

On peut alors **stocker l'information**, ce qui permet progressivement d'élaborer des références sur les relations climat, sol, plante et techniques culturales.

Dans le cadre d'un "réseau références", il importe, d'autre part, de bien faire le lien parcelle-exploitation. A un moment donné, il sera pertinent de confronter le diagnostic agronomique au fonctionnement de l'exploitation. On pourra alors mieux hiérarchiser les problèmes agronomiques mis en évidence.

6. Le profil cultural, outil de conseil en travail du sol

On recherche ici un diagnostic fiable, qui débouche sur un conseil élaboré, en matière de travail du sol. On doit procéder, comme précédemment, à une **observation minutieuse et méthodique**,

La phase la plus difficile est l'élaboration du conseil. Elle nécessite :

- une analyse fine du profil cultural,
- un diagnostic précis,
- une très bonne connaissance de l'action des outils de travail du sol,
- une très bonne connaissance du comportement du sol, et de la végétation.

On a besoin également **d'études fréquentielles du climat de manière à formuler** des hypothèses climatiques réalistes.

Attention : ***Il est important d'envisager tous les cas de figure possibles. On a souvent vu. des pronostics ne pas résister à l'épreuve du temps !***

L'élaboration du conseil ne peut se faire qu'en lien étroit avec l'agriculteur. En effet, le "y-a qu'a" ou le raisonnement "dans l'idéal" ne peuvent être de mise ici : il s'agit, tenant compte du milieu et des plantes d'une part, des contraintes organisationnelles et d'équipement d'autre part, de définir les solutions qui permettent d'atteindre au mieux les objectifs de l'agriculteur. En particulier, ne pas tenir compte du "modèle général d'organisation" du travail, c'est s'exposer à bien des déboires (3,4).

Il est ici autant indispensable d'avoir une bonne expérience de la pratique du profil, que d'avoir une bonne connaissance en matière de travail du sol. Cette connaissance doit aller jusqu'au fonctionnement et au réglage des outils.

Remarque générale : ***Le profil cultural est aussi un outil de recherche. Dans certains cas, c'est l'état du profil cultural qui définit les "traitements" du dispositif expérimental comme c'est le cas pour :***

- ***le dispositif expérimental sur le travail du sol à GRIGNON (5),***
- ***les recherches sur les relations état structural-dynamique de l'eau (6), et les conséquences pour le compactage (7).***

III. PRINCIPES GENERAUX DE DESCRIPTION D'UN PROFIL CULTURAL

Ce qui frappe lors de l'examen de la paroi d'une fosse, c'est la **variabilité spatiale de son aspect** :

- dans le sens vertical (variations plus ou moins brutales de couleur, de charge en éléments grossiers, d'état structural,...). On va pouvoir distinguer et délimiter des couches de sol (des "horizons") qui correspondent à des caractéristiques et à des processus de différenciation variés ;
- au sein d'un horizon donné : dans les couches travaillées, c'est surtout la variabilité de l'état structural et ses conséquences sur l'enracinement et l'état d'oxydation de la terre qui est importante. Toute description doit en tenir compte

On retiendra comme principe de base, la réalisation d'une double partition, verticale puis latérale, qui servira de cadre à la description.

1. Partition verticale

On distingue :

a) les horizons anthropiques

liés aux actions des outils

La nomenclature suivante a été adoptée, de la surface du sol, vers la profondeur :

	Ho.	Surface du sol
Ap	H1 à H4	Horizons de reprise du "labour"
	H5	Horizon "labouré" non repris
	H6 à H7	Bases d'horizons "labourés" anciens
	H8	Sous le fond de "labour" le plus ancien horizon partiellement ameubli par des outils profonds du type soussoleuse.

L'ensemble des horizons anthropiques de H1 à H7 constitue l'horizon Ap (le p de "ploughed", en anglais). Ils sont généralement de même couleur, à une humidité donnée, et de même texture.

Le nombre d'horizons anthropiques, dans un profil donné, dépend des opérations culturales réalisées, de leurs profondeurs respectives d'action, de leur chronologie. La connaissance préalable de l'**itinéraire technique**(12) fournit une **hypothèse de stratification verticale que l'observateur prend soin de tester. Ceci peut le conduire à remettre en cause, au vu des faits, les informations culturelles fournies avant l'observation.**

Par souci de simplification, on a pris le parti de ne pas individualiser comme des "horizons" les couches superficielles ayant subi une évolution morphologique marquée sous l'action d'agents climatiques (croûte de battance par exemple).

- Remarques :
- **"Horizon labouré" est à prendre au sens large : couche résultant du travail d'une charrue ou de tout autre outil (machine à bêcher, chisel, outil rotatif,...) qui réalise un ameublissement profond.**
 - **L'horizon H8 est assez particulier : il est anthropique dans la mesure où il résulte d'un ameublissement par des machines ; mais celui-ci est localisé. Il faut noter quels horizons pédologiques sont concernés.**

b) les horizons pédologiques

Par définition leur différenciation ne procède pas d'un ameublissement par les outils, mais du jeu des facteurs naturels en interaction avec la nature du matériau originel. La texture est alors un facteur de distinction majeur entre horizons. On l'apprécie à l'aide des tests tactiles habituels. **La nomenclature est la suivante : de haut en bas, à partir du fond de Ap : P1 à Pn.**

2. Partition latérale

La variabilité spatiale de l'état structural, dans les horizons anthropiques a surtout pour origine les actions culturelles, récentes ou non. Elle n'est donc pas essentiellement de nature aléatoire. Dès lors, il est possible de procéder à une partition du volume de sol sur la base des causes de variations connues. **Trois types de positions latérales peuvent être définis, qui correspondent à des étapes différentes des interventions culturelles.**

L1	emplacements affectés par les roues d'engins, après les derniers travaux d'ameublissement superficiel. Leurs traces sont visibles en surface au moment de l'observation.
L2	endroits où ont circulé les roues d'engins utilisés entre le labour et la dernière façon d'ameublissement.
L3	résidu indemne des actions précédentes.

Les limites des positions latérales (tracées verticalement par simplification) recoupent celles des horizons : on obtient un découpage de la face observée en plusieurs strates (cf. figure 1).

La réalisation de cette partition latérale est essentielle pour l'observation et son interprétation. Elle est plus ou moins délicate à réaliser selon la situation. On verra au chapitre V, comment on peut pratiquement l'obtenir.

Cette opération ne définit qu'un cadre pour la description, elle n'implique pas :

- que tous les emplacements d'un même type de position aient subi les mêmes contraintes, et aient le même état ;
- que les emplacements appartenant à des positions latérales différentes aient des états eux mêmes différents.

Seule l'observation permettra de trancher.

La description est ensuite réalisée strate par strate :

- Etat structural
- Enracinement
- Etat d'oxydation, symptômes d'hydromorphie
- Localisation et état des matières organiques
- Présence de vers de terre, de galeries,...
- etc.

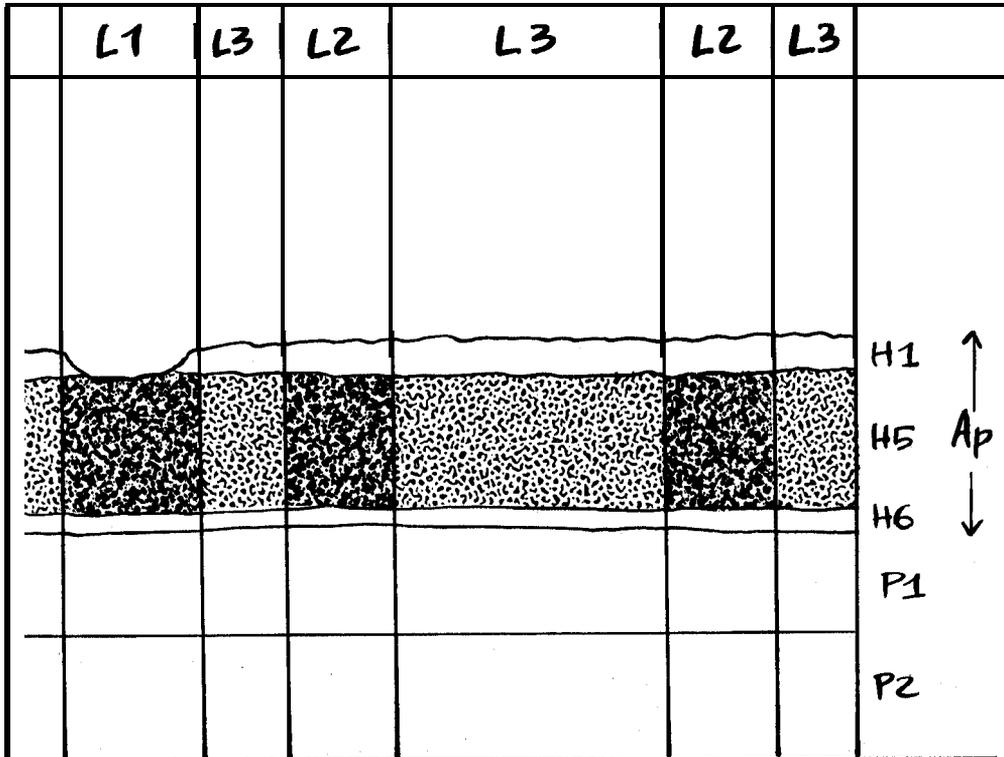


Fig. 1- Partitions verticale et latérale du profil cultural

H. Manichon - 1986 (réf. 11)

IV. LES CRITERES DE DESCRIPTION

Nous accorderons ici une place privilégié à la description de l'état structural car :

- c'est sur ce point que les observateurs rencontrent le plus souvent des difficultés qui peuvent être rebutantes,
- c'est un critère d'évaluation très important de l'état du profil cultural, à la fois résultat des actions culturelles (en interaction avec les agents naturels), et composante essentielle de l'état du milieu pour le fonctionnement des racines et des semences.

Nous citerons, parmi les autres critères, ceux qui paraissent indispensables au diagnostic ou au pronostic, sans détailler les modes d'évaluation, qui sont encore à mettre au point dans de nombreux cas.

1. L'état structural

L'expérience montre qu'il est impossible de donner des limites objectives (de précision, d'échelle,...) à des descriptions non finalisées : seules les démarches déterministes permettent de choisir des critères pertinents et efficaces. C'est ce parti-pris que nous choisissons, il signifie que les critères retenus sont ceux qui sont le plus directement en relation avec les facteurs de structuration majeurs. Ainsi, la description des horizons pédologiques ne peut être faite sur les mêmes bases que celle des horizons anthropiques : pour les premiers, on retiendra les classifications morphologiques utilisées en Pédologie, sans les détailler ici (se reporter au "Glossaire de Pédologie", ou aux ouvrages spécialisés (13) ; pour les seconds, des concepts spécifiques ont récemment été élaborés, nous les définirons avant d'indiquer la manière de les utiliser.

1. Les trois niveaux d'organisation structurale dans les horizons anthropiques

Les constituants de la structure sont les mottes, éléments structuraux formés par les actions de fragmentation et de compactage des outils. Le premier niveau de description concerne leur état interne, les deux autres leur assemblage.

1^{er} niveau : l'état interne des mottes

Après fragmentation manuelle des mottes, on observe l'aspect des faces de rupture obtenues (pratiquement, au champ, on n'observe pas les mottes de calibre inférieur à 1 à 2 cm). Quel que soit le matériau et son humidité, 3 états internes peuvent se présenter, ils sont définis dans le Tableau 1, et sont visuellement facilement identifiables.

Comme moyen mnémotechnique pour les sigles utilisés, on peut retenir :

Δ	signe "fermé", fait donc penser Δ un état interne peu poreux.
Φ	signe "fermé" O, qui est "fissuré" par I, correspond à un début de fissuration interne des mottes.
Γ	signe "ouvert", donc associé à une forte porosité.

L'intérêt de ce système n'est pas, au premier chef, qu'il constitue une échelle ordonnée de porosité intra-mottière. Si tel était le cas, le faible nombre de classes définies (3 seulement !) en limiterait singulièrement la portée.

D'autres méthodes comportent, en effet, un plus grand nombre de classe (5 à 10). Mais elles ne sont pratiquement utilisables que dans les horizons où l'espace poral est réparti de façon homogène, et est de dimensions peu variables : c'est souvent le cas des horizons pédologiques. Dans les horizons anthropiques, leur utilisation est d'une précision illusoire, surtout dès que plusieurs notateurs sont concernés. Le système présenté, **basé sur une distinction morphologique des états, est plus fiable et plus simple d'emploi.**

De plus, il présente un autre avantage : les 3 modalités qui le constituent étant directement reliées aux facteurs de structuration anthropiques et naturels, il permet de distinguer leurs effets, et de relier entre eux les états (figure 2).

Ainsi :

" Δ " correspond à l'état d'organisation limite, où l'espace poral structural a disparu dans les mottes, sous l'action de contraintes sévères, le plus souvent anthropiques. La densité de ces mottes, aux incertitudes de mesure près, est la "densité texturale" (14) du matériau considéré. Cette propriété permet à l'observateur de contrôler ses notations (comparaison de mesures de densités mottières et de densité texturale).

" Φ " dérive de "A" par le jeu des agents naturels (gel principalement), dans la mesure où la teneur en argile le permet.

" Γ " provient de l'agglomération d'éléments plus fins (terre fine créée par les outils, fragmentation par les agents naturels), en l'absence de contraintes anthropiques importantes. La densité de mottes "T" est plus faible que celle de mottes " Δ ", mais aussi beaucoup plus variable.

ETAT INTERNE	PRINCIPALES CARACTERISTIQUES
Δ delta	Aspect continu. Les faces de fragmentations sont peu rugueuses, de forme typiquement conchoïdale. Porosité structurale nulle. Résulte d'un compactage sévère d'origine anthropique (roues de tracteur) cohésion élevée en sec.
Φ phi	Proche de Δ, mais contient des amorfes de fissures, révélées lors des essais de fragmentation (cas des matériaux ayant une certaine aptitude à la fissuration). Résulte typiquement, par exemple, de l'action du gel.
Γ gamma	Les agrégats, dont la morphologie est variable (en relation avec la texture et les agents naturels), sont discernables dans les mottes. Rugosité assez importante des faces de fragmentation des mottes. Porosité structurale non nulle assez variable. Cohésion plus faible que pour Δ .

Remarque : S'il n'y a pas de mottes, mais uniquement de la terre fine on note tf.

Tableau 1. L'Etat interne des mottes H. Manichon - 1982 (réf. 8.9).

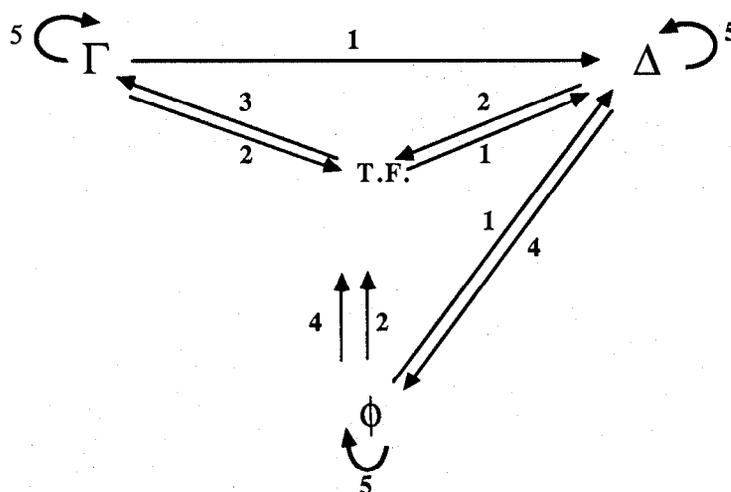


Fig. 2 - Schéma des inter-relations entre états internes

H. Manichon 1982 (réf. 8.9).

1. Création d'une **structure continue** : résultat de l'application d'une contrainte (pression humidité) sévère, d'origine anthropique (sauf prise en masse à la dessiccation).
2. **Fragmentation** par les outils.
3. Agglomération (interactions Climat-Texture-Faune...), contraintes modérées.
4. Fragmentation par gonflements et retraites (intersection Climat-Texture).
5. Fluctuations sans changement d'état interne.

Lorsque les travaux culturaux ont créé l'état " Δ " pour une partie donnée du volume d'un horizon, l'action ultérieure des agents climatiques ne masque pas cet effet : la somme " Δ et Φ " reste constante à l'échelle de temps de la campagne culturale, dans les horizons tels que H5 moins soumis que les horizons plus superficiels à d'intenses évolutions structurales sous l'action du climat. Ceci offre la possibilité de tirer des observations au champ, des informations sur les effets directs des travaux culturaux, même lorsqu'un certain laps de temps s'est écoulé depuis ceux-ci.

Il est clair cependant que ces observations sont d'autant plus faciles que ce délai de temps est réduit, et que l'aptitude à la fissuration de la terre est faible.

Les autres modes d'évolution de l'état structural sous l'action du climat concernent les autres niveaux d'organisation.

2^e niveau :
mode d'assemblage des mottes
 (Tableau 2)

Si, dans le volume que l'on examine ("l'unité morphologique", voir plus loin), n'existe qu'une seule motte, on parle d'état massif (M) ; si au contraire plusieurs mottes sont associées, on note leur degré de liaison et, lorsque c'est possible (états F et SF seulement), leur calibre et le rapport d'abondance mottes/terre fine.

Dans une gamme donnée de calibre des mottes et d'intensité d'affinement, la porosité structurale entre mottes décroît de F à SF et SD (elle est par définition nulle en M).

Contrairement à ce que l'on a dit pour l'état interne, l'évolution de ce niveau d'organisation sous l'action des agents climatiques peut être importante entre les périodes des travaux culturaux. On note une diminution, plus ou moins rapide selon le climat et la stabilité structurale, de l'espace poral entre mottes : passage de F à SF, SD ou M, diminution du volume des cavités, agglomération de la terre fine, sous l'action des pluies. Ces évolutions n'étant pas distinguables

de celles créées par les actions de compactages modérées (sans changement d'état interne), il est important de tenir compte de ce fait pour le choix de la date d'observation.

Par contre, l'apparition de fentes de retrait (desiccation), notées par le suffixe "R", est bien caractéristique d'une action climatique identifiée.

3^e niveau :
regroupement des modes
d'assemblage (états types o, b, c)

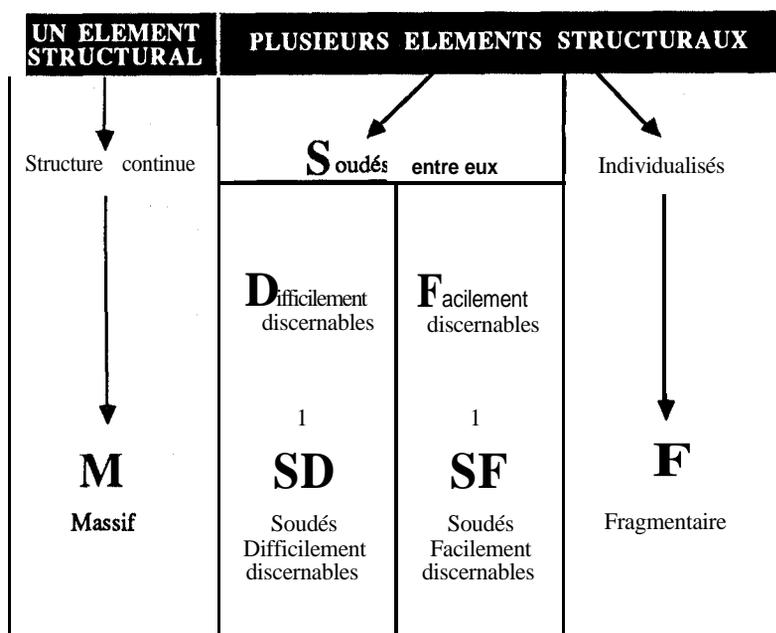
Leur définition figure au tableau 3. Comme moyen mnémotechnique, on pourra retenir :

o	comme o uvert ou encore zéro compactage
b	comme bloc
c	comme continu

Ce regroupement peut être pratiqué pour des horizons ayant subi un ameublissement suivi par des compactages locaux ou généralisés et comportant une certaine épaisseur. C'est typiquement le cas de l'horizon H5.

Notons que dans les horizons de faible épaisseur (lit de semence,...) seules les modalités o et c pourraient être utilisées. Sauf cas particuliers, la description ainsi obtenue est trop succincte pour être d'un réel intérêt. Cela dépend, bien sur, des objectifs poursuivis.

Attention : **La texture intervient aussi sur la formation de ces états. Ainsi une forte charge en éléments grossiers (cailloux, galets, pierres,...) interdit presque la formation de l'état "b", quelles que soient les conditions ; inversement, cet état est plus fréquemment observé dans les terres argileuses.**



Présence de cavités : suffixe V (> 5 cm)
ou v (1 à 5 cm)

+ dimension des mottes
+ rapport mottes/terre fine

Présence de fentes de retrait : suffixe R

Tableau 2. Les modes d'assemblage des mottes (2e niveau d'organisation structurale).

H. Manichon- (réf. 8, 9).

ETAT TYPE	DEFINITION ET ORIGINE
o	Dominance de modes d'assemblage F et SF sans mottes décimétriques, ni cavités importantes. Terre fine abondante. Typiquement : bande "labour" <i>fortement émietté.</i>
b	Dominance de M et FV mottes décimétriques, séparées par des cavités structurales importantes. Peu de terre fine. Typiquement : <i>bande de "labour" peu fragmentée (grosses mottes).</i>
c	Pas de discontinuités structurales notables, dominance de M et SD Typiquement : effet de <i>compactage post "labour" sur terre très fortement émietté.</i>

Remarque : ne pas confondre "o, b, c" avec "O, B, C" (cf. chapitre VI).

Tableau 3. Définition des états types o, b, c et interprétation de leur origine.

H. Manichon- (réf. 11).

2) Les deux attitudes possibles pour la description de l'état structural d'une strate

Les strates définies à l'issue de la double partition (verticale et latérale) constituent, nous l'avons vu, le cadre de la description. Au sein de chacune existe souvent une certaine variabilité de l'état structural (figure 3). Pour effectuer la description, deux attitudes sont possibles :

Première attitude :

Elle consiste

- en partant d'une surface de quelques cm², à la caractériser en utilisant les 2 premiers niveaux d'organisation,
- puis à noter les endroits où l'un au moins de ceux-ci change. On trace ainsi les limites d'une unité morphologique, dont l'état structural est défini par une combinaison donnée des 2 premiers niveaux d'organisation.

Ainsi, dans l'exemple de la figure 3, les limites de l'unité n°1 correspondent :

- à un changement du mode d'assemblage, lors du passage à l'unité n° 3
- à une modification des 2 niveaux, lors du passage à l'unité n° 2.

Dé proche en proche, on positionne les contours des unités morphologiques, et on les matérialise sur la face d'observation en installant des repères (clous, allumettes,... reliés par du fil). On notera que, souvent, ces contours suivent les discontinuités créées par le labour (en L3), mais que ce n'est pas toujours le cas.

Chaque unité est décrite en utilisant les dénominations présentées aux tableaux 1 et 2. Par exemple (figure 3) les unités 5 et 8 présentent l'état "SF pm Δ, m>>tf", qui signifie : "mottes soudées entre-elles, de petit calibre, d'état interne Δ, accompagnées d'une trbs faible quantité de terre fine".

Pour évaluer les importances relatives des unités dans la strate, on peut :

- soit dresser une carte précise sur laquelle on mesurera la surface de chaque unité morphologique (par planimétrie, par exemple).

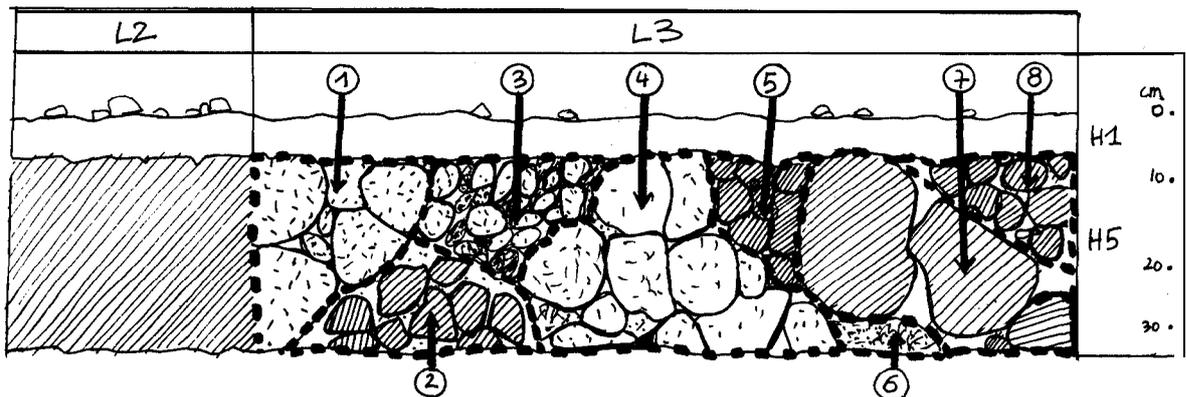
Une procédure commode pour obtenir cette carte est d'appliquer sur la face observée un calque sur lequel on reporte les contours des unités ;

- soit, plus rapidement, en esquissant un dessin à l'aide de points de repères significatifs entre lesquels on effectue les mensurations nécessaires pour estimer la surface des unités.

Le choix entre ces deux procédures (ou d'autres) dépend de la précision recherchée.

L'information brute ainsi obtenue ne peut pas, le plus souvent, être utilisée telle-qu'elle : elle doit être synthétisée. Bien que la manière de conduire cette synthbse dépende de l'objectif de l'étude, on peut donner quelques indications qui, au niveau de la strate, ont une valeur assez générale : la démarche consiste à tirer, de la carte des états structuraux, des variables indicatrices qui permettront plus facilement d'interpréter les situations et, surtout, de les comparer :

- On peut calculer le nombre d'unités distinguées, pour une longueur observée donnée. Ainsi, dans l'exemple de la figure 3, pour 40 cm de longueur, on note une seule unité en L2, contre 2.5 (en moyenne) en L3 ; ceci exprime pour ce dernier cas une plus grande variabilité spatiale de l'état structural de l'existence d'un plus grand nombre de discontinuités. Cet indice global peut être utile dans la classification d'un nombre important de profils observés. La surface moyenne par unité fournit des informations analogues.
- On peut aussi faire la somme des surfaces correspondant à des états structuraux identiques et calculer la part occupée par chacun des états dans la strate. Par exemple (figure 3) :
 - l'état des unités 5 et 8 occupe : $100 (500/3900) = 13 \%$ de la strate H5-L3
 - celui des unités 1 et 4 occupe : $100 (360 + 1440)/3900 = 46 \%$ de la même strate.



STRATE H5-L2

STRATE H5-L3

(une seule unité morphologique de 1200 cm²)

- Etat structural (2^e + 1^{er} niveau) : MΔ
 - Synthèse
 3 niveau : c
 . %Δ:100

(représente 100 % de la surface de cette strate)

N° UM	Etat structural (2 ^e + 1 ^{er} niveau)	Surface (cm ²)
1	SFmm Γ m>tf	360
2	Fv pm ⁽¹⁾ Δ, m >tf	320
3	SF pm Γ, m=tf	280
4	SF mm Γ, m>tf	1440
5 et 8	SF pm Δ, m>>tf	500
6	SF tf	30
7	FV gm Δ, of	970
TOTAL		3900

Détail par unité morphologique

Etat structural		% de la surface de la strate
3 ^e niveau	%A dans l'état type	
0	30 ⁽²⁾	75
b	100	25 ⁽³⁾
TOTAL		100

Synthèse

(1) A titre indicatif :

pm : mottes < 5cm ; mm : mottes 5 à 10cm ; gm : mottes > 10cm

1, 2, 3... : N° des unités morphologiques

$$(2) 100 \times \frac{(320 - 500)}{(3900 - 970)} = 28\% \cong 30\%$$

$$(3) 100 \times \frac{970}{3900} = 24,9\% \cong 25\%$$

Fig. 3 - Unités morphologiques en L2 et L3 de H5 (exemples).

H. Manichon - 1986 (réf. 11).

- Mais, le plus souvent, il est intéressant de **réaliser des regroupements entre états voisins, par** exemple en utilisant a posteriori le 3^e niveau d'organisation structurale. On procède alors de la manière suivante :
 - affectation de chaque unité à l'un des états-types o, b ou c, comme indique à la figure 3 :
 - . en L2 la seule unité présente appartient au type c ;
 - . en L3, l'unité 7 correspond sans ambiguïté au type b ; les autres unités de cette strate, **considérées ensemble**, peuvent sans difficulté être affectées au type o, tel qu'il est défini au tableau 3, bien que, localement certains "défauts" existent (présence de cavités -de petite dimension cependant- dans l'unité 2). Dans les cas où l'on hésiterait, les dispositions spatiales des unités et leurs dimensions doivent servir de guide pour ces regroupements.
 - calcul de la surface de chacun des ensembles ainsi définis, par cumul des surfaces des unités morphologiques qui les constituent ;
 - calcul de la "teneur" en Δ (ou Φ) de chacun de ces ensembles, en faisant le rapport entre la somme des surfaces des unités d'état interne A (ou Φ) et la surface totale de l'ensemble ; un exemple de calcul est donné à la figure 3 ;
 - calcul de l'importance de chaque état-type, en % de la surface de la strate.

Remarques : **a) Pour une réalisation correcte de ces synthèses, il est nécessaire :**

- **d'avoir réalisé préalablement un schéma du profil : c'est l'élément de base de cette "analyse d'image" ;**
- **d'avoir une certaine connaissance des effets des outils sur le sol.**

b) Bien souvent, c'est la synthèse qui révèle les insuffisances de l'observation, ou les erreurs que l'on a pu commettre dans l'identification des strates (horizons, positions latérales) : faire cette synthèse au champ permet de corriger immédiatement les données.

Deuxième attitude :

On peut accéder directement, et donc plus rapidement, à cette présentation de l'état structural de l'horizon H5, en utilisant le 3^e niveau d'organisation dès l'observation. Il suffit, **sans délimitation préalable des unités morphologiques :**

- de repérer et délimiter les morphologies o, b ou c qui constituent la strate, et d'évaluer leurs surfaces respectives.
- d'évaluer visuellement l'importance de l'état interne " Δ " (ou " Φ "). en % de la surface de chacune de ces morphologies.

On obtient ainsi directement une représentation du type de celle de la figure 4. Les surfaces respectives des zones ainsi délimitées doivent être évaluées.

Pour ne pas obtenir une description trop pauvre, il est nécessaire :

- de donner un ordre de grandeur du calibre des mottes (pour les états-types o et b),
- d'utiliser des dénominations "intermédiaires" : oT et bT lorsque les compactages post-labour, modérés, n'ont pas entraîné une continuité suffisante pour justifier la notation c ; bR et cR lorsque des fentes de retrait sont apparues après le labour sous l'action du climat ; o/c lorsqu'un état o est en cours de prise en masse sous l'action des pluies après labour. Notons que les contrastes entre positions latérales, en général, permettent de choisir sans ambiguïté les notations.

S'agissant de l'état interne des mottes (premier niveau d'organisation structurale), on privilégie ici l'évaluation d'une "teneur" en Δ (ou Φ), comme lors de la réalisation de la synthèse des observations détaillées des unités morphologiques, Ceci est justifié :

- par des raisons de commodité : les mottes A se distinguent facilement au sein de la terre fine,
- parce que ce critère, dont on a vu qu'il dépendait peu de la date d'observation, est central pour l'interprétation (cf. chapitre VI). Son complément à 100 représente l'ensemble "T + terre fine".

Choix entre les deux attitudes

Deux aspects doivent être pris en compte : la fiabilité des observations et leur pertinence vis-à-vis des objectifs poursuivis.

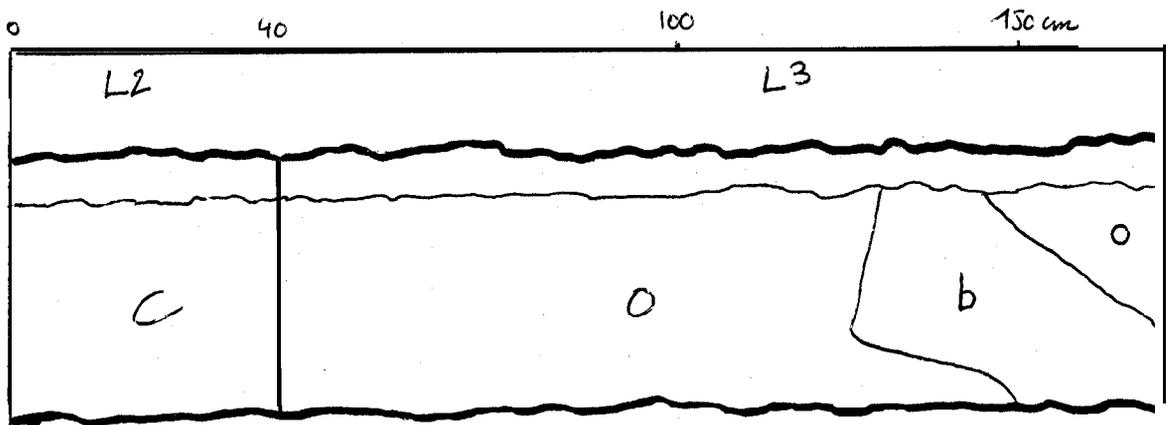
La deuxième attitude, moins “analytique”, comporte plus de risques d’erreur :

- Dans l’évaluation du critère “% Δ ” : ce problème est commun à toute méthode comportant l’évaluation visuelle d’un critère d’abondance. A titre de précaution, et pour se “caler”, il est utile dans un premier temps de pratiquer les deux approches sur les mêmes situations.
- Dans l’utilisation des dénominations morphologiques de 3e niveau : ce point est capital, puisqu’il va directement guider l’interprétation des observations (voir chapitre VI). Aussi est-il indispensable, après un essai, de tester la cohérence de la description avec les autres données dont on dispose (précédents cultureux, itinéraire technique,...). En d’autres termes, on ne doit pas quitter le champ sans s’être assuré que des erreurs grossières (délimitation des positions latérales, par exemple) n’ont pas été commises dans les phases précédant la description.

Dans une certaine mesure, le fait d’être obligé de procéder à ces contrôles sur le terrain lui-même, confère aux descriptions réalisées en choisissant la deuxième attitude une plus grande fiabilité.

Quant au choix selon les objectifs (et au temps dont on dispose pour réaliser les observations !), on peut indiquer que :

- Dans la plupart des cas, les études diagnostiques peuvent être menées avec des descriptions synthétiques. Le temps ainsi “économisé” peut permettre une multiplication des sites d’observation, ce qui n’est pas négligeable.
- Certains thèmes (études fines de l’enracinement, ou de l’effet de certaines pièces travaillantes des outils, ou de la dynamique structurale sur des pas de temps assez courts) nécessitent des cartographies précises, ne serait-ce que pour choisir avec pertinence les endroits de mesures (humidité par exemple) relativement ponctuelles. De plus, la disposition spatiale des états structuraux peut être, en elle-même, une caractéristique plus importante que les volumes qu’ils occupent.



c 100% A:	o 30% Δ:	75 % de H5-L3
100 % de	b 100 % Δ (> 15 cm) :	25 %
H5-L2	Total	100

Fig. 4 - Le 3e niveau d'organisation structurale appliqué à l'exemple de la figure 3.

2. Autres observations

Les strates résultant des partitions latérale et verticale définissent aussi le cadre des autres observations. Celles-ci concernent principalement :

- les symptômes visibles en **surface** : intensité de la battance, érosion, mailles de fissuration, taille des mottes, débris végétaux,...
- les variations spatiales d'humidité de la terre,
- les racines : par évaluation comparée de leur densité selon les strates. Ne pas s'illusionner sur la valeur dans l'absolu de ces notations, une évaluation précise implique la mise en œuvre de méthodes spécifiques (15). Par ailleurs, des symptômes comme : aplatissement, ramifications en "arêtes de poisson", coudes, épaississement, peuvent souvent aider à révéler des hétérogénéités structurales. Une faible adhérence à la terre (racines velues) est révélatrice de cavités importantes et permet de pronostiquer un mauvais fonctionnement racinaire.

- les symptômes **d'hydromorphie** pseudogley réduit ou oxydé, à mettre en relation avec l'état structural environnant et la présence de matières organiques, ou bien les concrétions...
- les **débris** enfouis : état de décomposition (couleur, résistance mécanique, odeur,...), localisation (paquets ou "lits" plus ou moins inclinés), abondance...
- les traces d'activité de la **faune**, vers de terre principalement : abondance, direction des galeries,... Tout particulièrement lorsqu'un état Δ est perforé par des galeries, il est très important de le noter.

Ces différents critères peuvent constituer des symptômes majeurs tant sur le plan du diagnostic que du pronostic. Il ne faut donc pas les omettre dans la description du profil cultural. Cependant leur nombre et la variabilité de leurs manifestations rend, dans la pratique, inopérante toute tentative de codage de valeur générale, contrairement à ce que l'on a vu pour l'état structural. Une place est prévue pour noter ces informations dans la fiche proposée.

Rappelons que les caractéristiques permanentes comme la texture sont appréciées au moment de la partition verticale.

V. DEROULEMENT PRATIQUE DE L'OBSERVATION

Ce qui suit est une mise à plat chronologique de la façon de procéder sur le terrain. Elle intègre quelques astuces, précautions, coups de main. Dans la réalité, ces étapes successives, peuvent se chevaucher, voir s'inverser, mais elles existent toujours. Cette présentation est particulièrement destinée à l'observateur non expérimenté. On va procéder à **une alternance d'observations et de notations sur la fiche d'observation**.

Les **différentes** étapes sont résumées dans la fiche récapitulative.

Mais avant tout, il faut bien sûr disposer d'outils efficaces. Nous indiquons à la figure 5, une liste d'outils ainsi que leurs caractéristiques. Le soufflet et le couteau présentés sont les outils de base pour l'observation. L'expérience nous a montré qu'on a tout intérêt à les choisir très proches de ceux proposés : le soufflet doit être de grandes dimensions pour être efficace et puissant, le couteau doit transmettre au poignet le maximum de sensations (lame courte, extrémité arrondie).

Par ailleurs, il faut prévoir (double mètre dépli-able) et noter les observations (planche rigide, crayon...) même si le temps se gâte !

Pour une lecture facile du texte, qui suit, nous vous conseillons d'avoir sous les yeux le modèle de fiche d'observation fournit avec ce document.

- . **Fourche à bêcher** ou triandine. Très utile pour creuser en terre à cailloux.
De plus, elle est légère.
- . **Bêche** : pour creuser dans un sol sans cailloux.
- . **Pelle** : a bords coupants, très utile pour évacuer la terre dégagée et reboucher la fosse.
- . **Pioche** : permet de franchir un horizon très compact.
- . **Soufflet** : pour "nettoyer" la terre fine il doit être puissant. Ici 4.5 cm de longueur et 25 cm de largeur.
- . **Couteau** : manche en bois, à extrémité plane (3,5 cm x 2 cm). lame courte pour bien transmettre les sensations au poignet, 12,5 cm de longueur sur 3,5 cm de largeur à la base. Extrémité non pointue, mais arrondie.
- . **Mètre pliant, crayon et planche.**

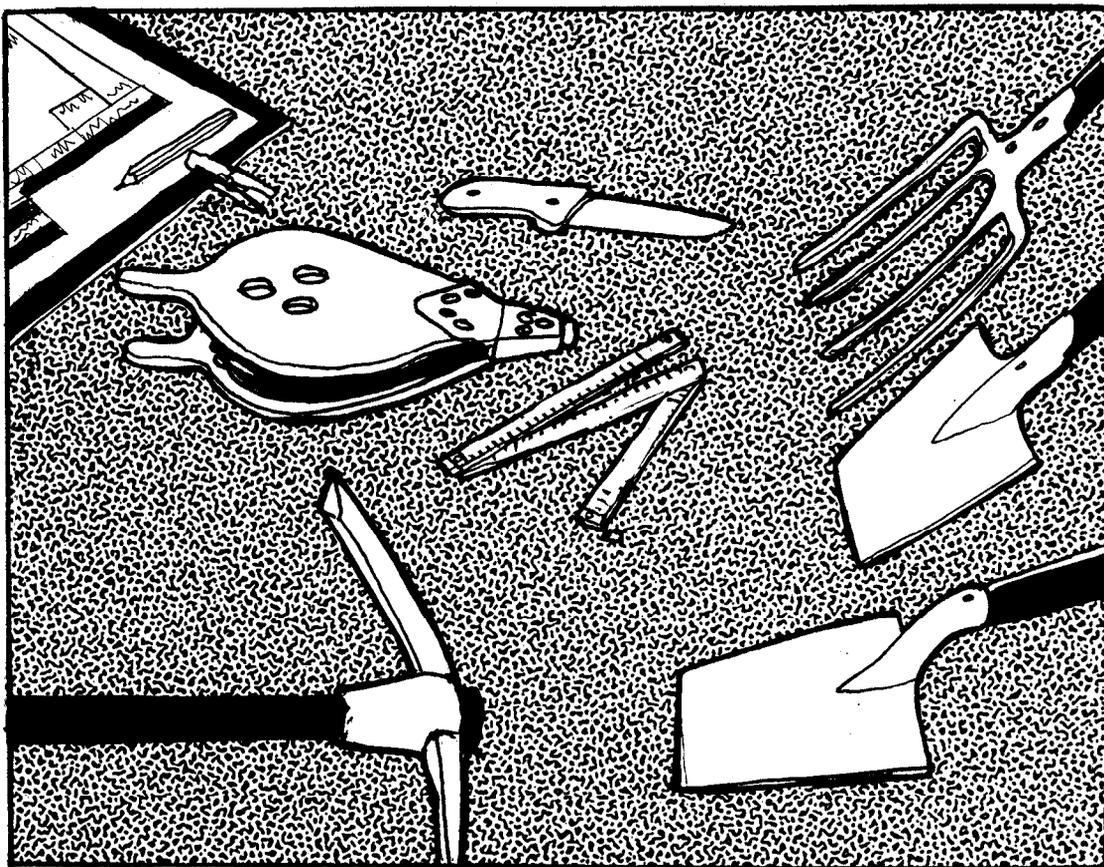


Figure 5. Exemples d'outils pour la réalisation de la fosse et l'observation du profil cultural.

le étape : repérage d'une station d'observation

L'observateur va être amené en "fin de course" à généraliser son diagnostic, issu de l'observation d'une fosse, à l'ensemble de la parcelle. Se pose donc un problème de représentativité des observations. On résoud ce problème par le choix d'une station, et par le choix de dimensions appropriées du profil.

Le "tour de plaine" permet de repérer des zones homogènes quant au sol, à l'histoire culturelle et à l'état de la végétation (croissance, développement et état sanitaire, infestation en adventices).

On postulera alors qu'un profil culturel est représentatif de la station ainsi définie.

Ce postulat n'est pas pris en défaut si les précautions indiquées ci-dessus sont suivies (16). Mais l'investissement intellectuel nécessaire, préalablement au manienient de la bêche, ne doit pas être sous-estimé !

2e étape : localisation et dimensions de la fosse

On a besoin, à ce moment, de renseignements concernant l'**itinéraire technique**, du type sens de labour, sens de semis, largeur des outils,... Ces renseignements sont notés sur la fiche d'observation, cadre A. Le cadre B, est prévu pour y faire figurer un schéma de la parcelle, où l'on situe le profil culturel.

1. **On cherche tout d'abord à se situer au centre de la station**
2. **On cherche à se situer perpendiculairement au labour, pour prendre en compte le maximum de variabilité spatiale, le labour étant une source importante d'hétérogénéité.**

Si le sens de semis n'est pas le même que celui du labour, on sera conduit à réaliser une fosse en forme de **L**.

3. Pour améliorer la représentativité des observations, il est intéressant de pouvoir recouper au moins deux passages de charrue. On choisira donc **une longueur de profil égale au moins à trois largeurs de charrue**, pour être plus sûr d'avoir deux passages contigus complets.

**Exemple : charrue trisocs 14 pouces = 35 cm
x 3 = 105 cm environ
longueur du profil : environ 3 m.**

4. **La largeur de la fosse** doit être au minimum de **2 largeurs de bèches**, pour être à l'aise dans la fosse pour les observations ultérieures.
5. On peut alors matérialiser à la bêche les contours de la fosse sur le terrain.
6. Vis-à-vis de l'éclaircissement, l'observation visuelle présente les mêmes contraintes que l'appareil photographique. Il faut donc **choisir une face d'observation** présentant le maximum de contrastes :
 - si la lumière est forte : face à l'ombre
 - si la lumière est faible : face éclairée.
 Si la fosse est creusée la veille, il faut "parier" sur l'éclaircissement au moment de l'observation!
7. On déduit alors le côté où l'on va pouvoir mettre la terre de la fosse. A l'opposé et au delà de la face d'observation, on trace à la bêche une ligne définissant la zone protégée des piétinements de l'observateur ou des accompagnateurs (fig. 6).

Les dégâts occasionnés par le creusements d'un profil culturel sont spectaculaires dans une parcelle. Ils pourraient inciter à se placer dans les fourrières, où à un endroit... sans végétation, pour limiter les pertes ! Quel dommage pour la représentativité ! Alors qu'en réalité 10 m² gachés dans une parcelle de blé représentent tout au plus 10 kg de grain !

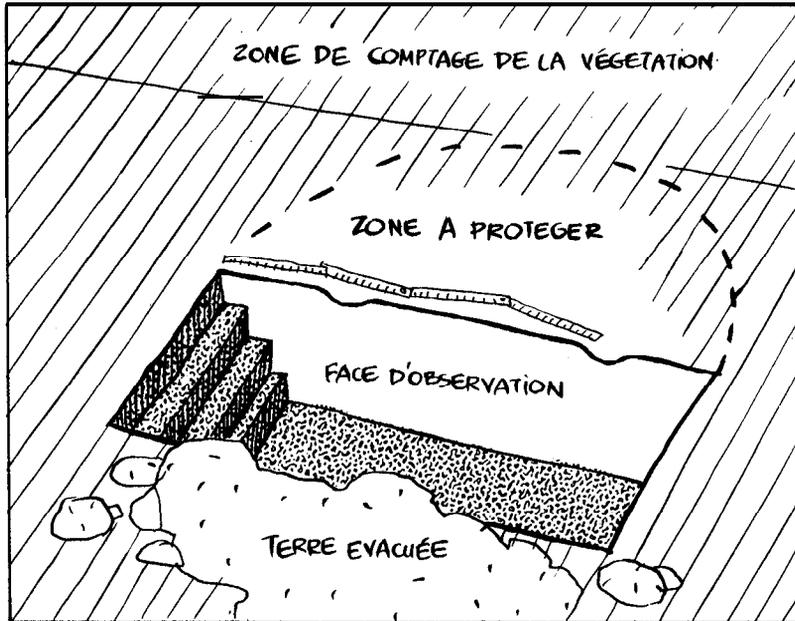


Fig. 6 - Schéma d'une fosse prête à l'observation

Y. Gautronneau - 1985 (réf. 17)

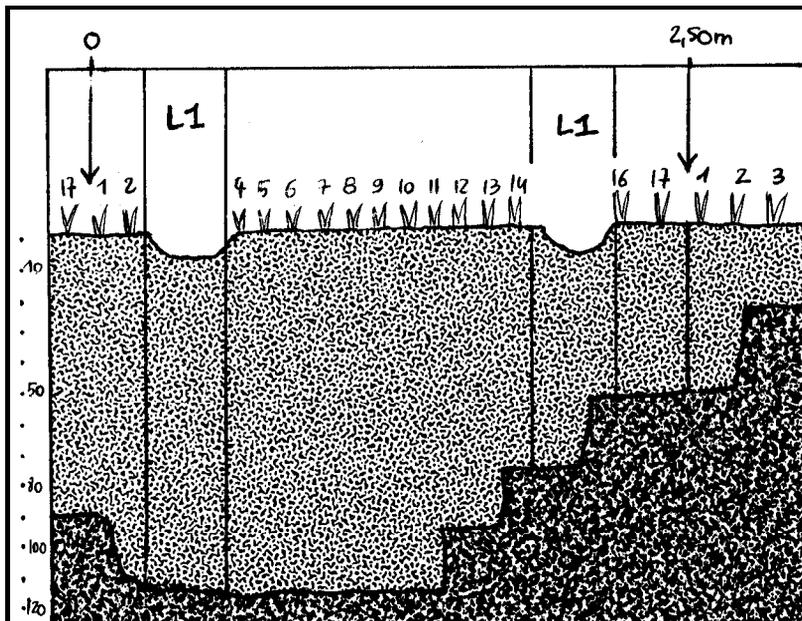


Fig. 7

Y. Gautronneau - 1985 (réf. 17)

3e étape : réalisation de la fosse

1. Réalisation manuelle

On la réalise par bêchees successives d'avant en arrière en se situant perpendiculairement à la face d'observation.

On évacue ensuite chaque "passée" avec une pelle. A la "passée" suivante, on peut laisser une marche d'escalier.

L'observateur en profite pour **mémoriser** des différences de consistance, la présence de matières organiques non décomposées, la présence de pseudogley, la présence de semelles...

2. Réalisation à la pelle mécanique

C'est moins pénible ! Mais on perd les informations utiles à l'observation ultérieure, obtenues par creusement manuel. Par contre, il faut en profiter pour augmenter les dimensions de la fosse.

Dans ce cas, s'assurer :

- que la pelle peut aller travailler au centre de la zone choisie
- qu'elle ne tasse pas la zone d'observation
- qu'elle travaille en douceur, sans ébranler trop le volume de terre que l'on va observer.

Il faudra alors procéder à un "rafraichissement" du profil plus important.

3. Profondeur

Elle va dépendre des objectifs poursuivis, de la connaissance préalable des horizons pédologiques, de la présence ou non de la roche mère.

Se rappeler que :

- A la fin de l'observation, la fosse est partiellement remplie de terre. Il est plus pénible d'avoir à "recreuser", que de "creuser" trop profondément avant l'observation : pour ne pas avoir besoin d'évacuer de la terre en cours d'observation, il est souhaitable de **dépasser la profondeur visée d'une hauteur de bêche.**

- Si l'on rencontre avec la bêche un horizon pédologique difficile à franchir, il est intéressant de persévérer à l'aide d'une pioche. On peut alors être amené à constater que cette couche a une faible épaisseur et que les racines, ou l'eau, la traversent!

4e étape : les repères sur la face d'observation

A ce stade, et avant de poursuivre, il est utile de reprendre la "fiche profil" et de mettre sur un schéma (cadre C), des repères du type :

- traces de roues (position L1)
- n° des lignes de semis, position par rapport au passage du semoir.

On choisit alors une échelle afin d'utiliser totalement la place réservée à cet effet. On pourra ainsi, par la suite, repérer précisément les différentes observations réalisées (cf. fig. 7).

Il est commode également de disposer un double mètre déplié sur le sol, une dizaine de centimètres en avant de la face d'observation.

5e étape : observation du fond du profil

La fosse va se remplir progressivement, tout au long de l'observation. Il est donc commode d'observer d'abord le fond du profil. Enfoncer la pointe du couteau du 1/3 de la lame, et faire levier ; on dégage ainsi des fragments de terre.

Apprécier en même temps :

- **la consistance de la terre, la texture, la présence de cailloux**
- **l'humidité, la couleur, les symptômes d'hydromorphie,**
- **la présence de racines.**

Noter ces observations : elles permettront de savoir si le dernier horizon dégagé sur la face d'observation se poursuit plus loin que le fond de la fosse.

6e étape : première partition verticale

Les opérations de creusement de la fosse ont modifié l'état du sol : la face d'observation est plus ou moins lissée par les outils.

Cet état est souvent très favorable pour l'observation des changements de couleur brutaux, selon la profondeur, correspondant :

- **au fond de Ap** : passage à une couleur de teinte moins foncée, en relation avec la diminution brutale de la teneur en matières organiques,
- **aux limites des horizons pédologiques successifs** : changements de texture - y compris charge en éléments grossiers -, variations d'intensité des symptômes d'hydromorphie,...

C'est le moment de confirmer (ou non) l'analyse des variations de couleur par un autre moyen, l'auscultation :

Avec l'extrémité plane du manche du couteau, frapper la terre de haut en bas et de droite à gauche. Les variations de sonorité principalement liées à la compacité suggèrent des limites d'horizons.

Noter les limites ainsi mises en évidence et à quoi elles correspondent sur le schéma de la fiche.

Attention : ***Selon le type de sol et selon l'humidité, les variations de couleur entre horizons sont plus ou moins marquées et leur interprétation plus ou moins facile. Il est fort utile de connaître le climat récent et d'avoir au moins un minimum de connaissances en Pédologie pour éviter les erreurs grossières !***

7e étape : rafraîchissement du profil, description des horizons profonds

La poursuite des observations implique de faire disparaître les traces de la bêche ou de la triandine. Pour ce faire, attaquer la face d'observation avec la pointe du couteau :

l'enfoncer d'environ un centimètre perpendiculairement à la paroi puis, par un mouvement de levier, faire sauter les fragments de terre ; recommencer l'opération quelques centimètres plus loin, de bas en haut et de gauche à droite pour un droitier. Donner un coup de soufflet : **on a fait apparaître l'état structural et on a dégagé les racines.**

C'est le moment de décrire les horizons pédologiques : état structural, racines, hydromorphie,...., car la fosse commence à se remplir de terre !

Au cours de cette opération, on a pu repérer approximativement les fonds des horizons anthropiques et certaines caractéristiques comme : variations latérales de compacité, lissages des outils... Garder ces informations en mémoire pour l'étape suivante.

C'est avec ce type de préparation que l'on peut observer la répartition spatiale des racines (méthode de la grille) (15).

8e étape : mise en évidence du fond du dernier labour

Un fond de travail est plus facile à repérer précisément si l'on cherche à faire apparaître une surface importante, et si l'on part du haut du profil.

1. Avec la triandine, on **dégage grossièrement et partiellement la terre de l'horizon labouré**, sur toute la longueur du profil : parallèlement à la face d'observation, environ 20 cm en arrière, enfoncer la triandine d'une profondeur égale à 5 à 10 cm de moins que la profondeur présumée. Par un léger mouvement "d'avant en arrière" du manche, on fait ainsi tomber la terre dans le fond de la fosse, et successivement sur toute la longueur du profil.

2. Avec le couteau et le soufflet **faire apparaître progressivement le fond de labour** en se calant sur la matière organique, en étant attentif à l'apparition de lissages éventuels, de terre fine, d'eau libre, ou de changements de couleur.

3. Observer ensuite le fond de labour :

- vu de dessus : importance des lissages, trace de pointes de socs, des talons de charrue, repérage des socs, mesure des largeurs de travail (attention la charrue peut être mal réglée). Observer les fissures, les racines horizontales leur importance relative, les galeries de vers de terre;
- * vu de coupe : pour cela ne pas hésiter à rafraichir de nouveau les horizons sous labour. A la fin de cette opération, le fond de labour n'est visible que sur une profondeur de quelques centimètres. On a pu ainsi bien apprécier la présence de zones compactées sous le labour.

Noter le maximum d'informations sur le schéma et reporter une ligne horizontale représentant ce fond de labour.

Attention : ***Cette opération est délicate, et nécessite un savoir faire. Ne pas hésiter, au début, à couvrir toute la longueur du profil dans l'espoir de "tomber" sur une zone plus facile. Se souvenir qu'un fond de labour est rarement uniforme, que la roue de raie du tracteur peut compacter sur une épaisseur importante (jusqu'à 10 cm environ au dessus du passage du soc) ce qui accroît à cet endroit les difficultés de mise en évidence du fond de labour. Une bonne connaissance du fonctionnement des charrues facilite beaucoup cette opération délicate et parfois longue.***

9e étape : mise en évidence des horizons anthropiques : deuxième partition verticale

1. On repart alors de la surface du profil. A l'aide du couteau et du soufflet, qui devient ici indispensable, on met en évidence les différents horizons, en faisant apparaître des **"marches d'escalier successives"**, de plus faible largeur

que dans le cas du fond de labour (environ 5 cm suffisent généralement) (voir fig. 8).

Attention : ***Cette opération est encore plus délicate que la précédente. Il y a là un réel "coup de main" à acquérir par la pratique répétée du profil culturel.***

2. Tracer sur le schéma (cadre C), les limites d'horizons, indiquer leurs profondeurs, les lissages d'outils observés.

10e étape : partition latérale

On a déjà repéré au cours de la 4e étape les positions L1. Pour la distinction entre les positions L2 et L3, deux cas se présentent :

- ou bien l'on connaît avec précision les emplacements des roues des engins qui ont circulé après labour, et l'on peut procéder directement à la partition latérale, avant de commencer la description,
- ou bien ces informations ne sont pas connues : il est cependant possible de repérer les positions L2 en effectuant un raisonnement déductif : certains traits morphologiques observés dans H5, sont mis en relation avec les effets plausibles des interventions culturelles post-labour. Par exemple, des zones compactes, d'une largeur d'environ 40 cm et dont les distances sont compatibles avec la voie des tracteurs et la largeur des outils, peuvent être interprétées comme des positions L2. Un schéma élaboré à partir de la connaissance des interventions culturelles est fort utile pour aboutir à cette interprétation.

On va réaliser un **rafraichissement sélectif de l'horizon H5**, dont les limites sont maintenant connues avec précision :

- **procéder comme à la 7e étape**, mais de haut en bas, en exerçant un effort aussi constant que possible sur le couteau : on fait ainsi apparaître latéralement des différences de consistance, on "donne du relief" à la face de l'horizon H5,

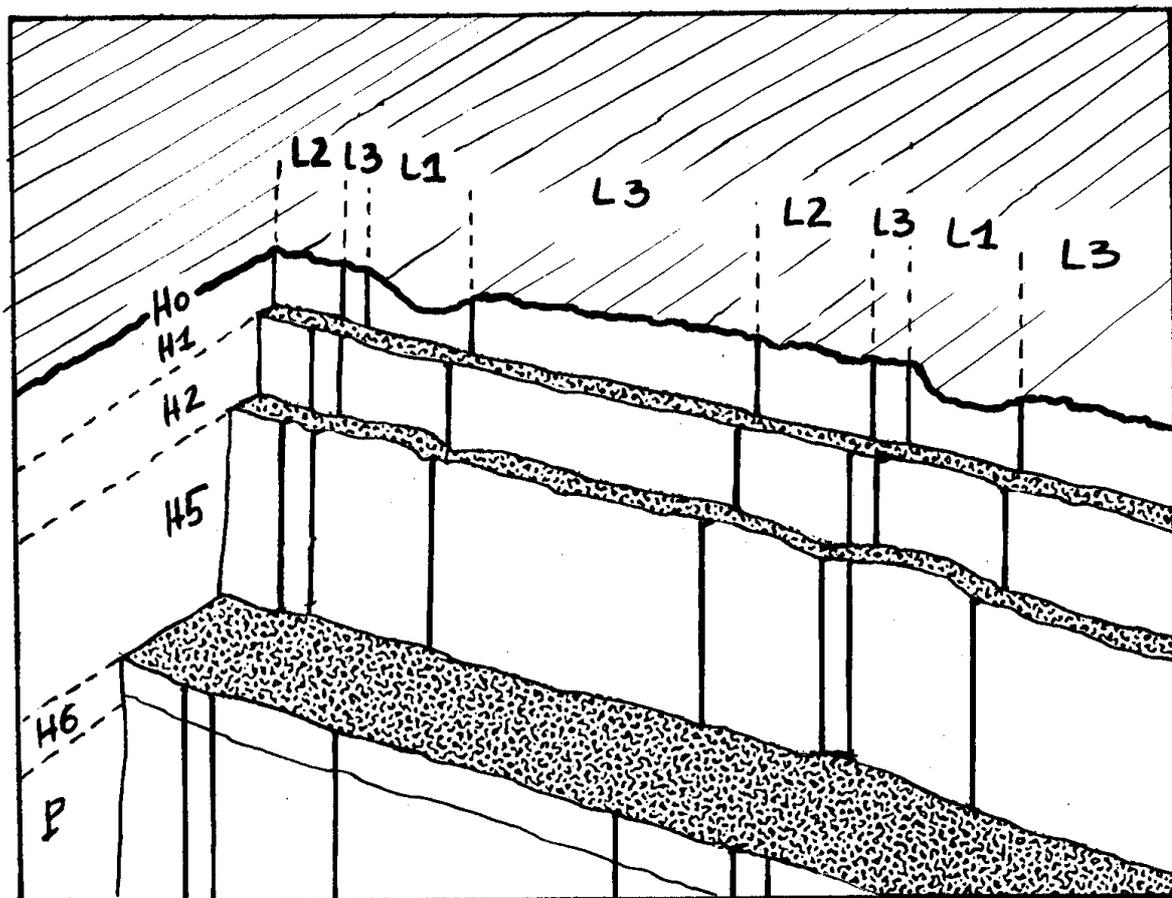


Fig.8 – La face d’observation après les partitions verticale et latérale
Y. Gautronneau – 1985 (réf. 17)

· nettoyer délicatement au soufflet pour dégager les mottes, après avoir observé l'abondance de terre fine tombée sur le fond du labour par l'action du couteau.

La face de H5 est alors prête pour une description (si l'on connaît les positions L2 et L3), ou sinon, pour des va-et-vient description/formulation d'hypothèses de partition latérale. Dans ce dernier cas :

- dès que des états **de type c (ou bT)** apparaissent, pouvant laisser supposer un compactage localisé, les repérer ;
- mesurer leur largeur, les distances entre zones analogues successives, et confronter aux caractéristiques des engins (voie des tracteurs et largeur des outils, dimension des pneumatiques,...) ;
- s'éloigner de la face d'observation pour avoir une vue d'ensemble ;
- allonger éventuellement la fosse pour rechercher une "trace" complémentaire susceptible de confirmer l'interprétation ;
- mentionner sur le schéma les limites ainsi repérées, en indiquant si elles sont -ou non- fortement plausibles.

On peut alors effectuer une description systématique.

Attention : ***Dans certains cas, on n'observe pas de traits morphologiques permettant de placer sur le schéma les positions L2 (bien qu'on soit sûr qu'il y ait eu des interventions post-labour) :***

- soit, c'est la totalité du volume de l'horizon qui a été affectée par ces interventions : il n'existe alors que la position L2 (le "résidu" L3 est inexistant) ;

- soit, les roues des engins n'ont été appliquées que sur certains emplacements disjoints du sol : face à l'impossibilité de distinguer des positions L2, on notera L2/L3.

- soit, l'emplacement de la face d'observation était mal choisi !

Remarque : C'est **le moment ou jamais de prendre une photo de l'ensemble du profil, car on va détruire ce bel édifice pour prélever des mottes avec le couteau (observation de leur état interne), des débris végétaux (examen de leur état de décomposition et de leur nature), et des racines (recherche de traits morphologiques particuliers).**

11e étape : utilisation de la fiche d'observation (fig. 9)

Cette étape a un triple rôle :

1. Guider l'observateur afin qu'il n'oublie rien d'important (cadres D, E, F, G). Elle conduit donc souvent à un **retour** à l'observation. En particulier on prend soin de noter les éventuelles variations de densité de l'enracinement dans les horizons pédologiques, en relation avec les états de H5 ou H6.
2. Aider à la **synthèse** des observations (cadre H).
3. **Stocker**, de manière standardisée, le **résultat** de l'observation. Selon les objectifs poursuivis, ce rôle est plus ou moins nécessaire.

On trouvera en fin d'ouvrage deux exemples concrets d'utilisation du modèle de fiche fourni.

FICHE D'OBSERVATION DU PROFIL CULTURAL - H. MANICHON - 1987									
Lieu :	Observateurs :	Date :	Culture :	Précédents :	Observations :				
C SCHEMA DU PROFIL		Orientation/Labour :	Long :	Prof :	A	B SITUATION DU PROFIL		ITIN. TECHN.	
0					0				
D PARTITION VERTICALE					E PARTITION LATERALE			F RACINES	
Numéro horizons	Cotes inf. (cm)	Notété limite	Humidité	Texture	Couleur E. Grossier	Opérations en cause	Position	L1	L2
H							% long. profil	L1	L2
P							Opération en cause et représentativité par rapport à la station ou parcelle	L1	L2
Profondeur actuelle des racines : Profondeur maxi-prévisible : Obsacle (cote, nature) Dénomination sol :							OBSERVATIONS :		
* Sols et hydromorphes pour les horizons pédologiques.									
G ETAT STRUCTURAL ET AUTRES OBSERVATION					H SYNTHESE ET PISTES D'INTERPRETATION				
Numéro Hor. Anthro.		Les faits structuraux recensés			et % de chacun dans			Autres observations	
					L1 L2 L3				

Guide méthodique du profil cultural | 1987

Fig. 9 - Modèle de fiche d'observation

VI. INTERPRÉTATION DES OBSERVATIONS : DIAGNOSTICS ET PRONOSTICS

Les observations sont réalisées à une date donnée :

- pour un état particulier du profil cultural et, éventuellement, du peuplement végétal,
- à une étape déterminée de la réalisation des opérations culturales.

On va pouvoir alors définir un "syndrome", ensemble de symptômes, qui va permettre d'établir selon les cas, des diagnostics ou des pronostics.

1. L'utilisation des observations

La figure 10 présente schématiquement les principales démarches de valorisation des observations. Trois points importants doivent être soulignés :

1. L'interprétation des données, caractérisant la situation, met en jeu de nombreuses connaissances,

portant notamment sur :

Le fonctionnement du peuplement végétal :

Pour le blé des modèles efficaces ont pu être mis au point (18) et leur valeur diagnostique éprouvée dans l'étude des relations peuplement-milieu (19). Des éléments existent pour le colza, pour certaines phases de l'élaboration du rendement (20). En ce qui concerne le maïs, outre l'élaboration de son rendement (21), l'enracinement a été particulièrement étudié : développement racinaire (22), répartition spatiale des racines et conséquences sur l'alimentation hydrique (23).

Pour les autres espèces, les références de ce type sont actuellement rares...

Le comportement du sol sous l'action du climat et des outils :

L'idéal serait qu'existent des modèles de comportements complets, quantitatifs, à l'échelle de la parcelle, reliant entre-eux les états successifs du profil cultural, à l'aide de paramètres intégrant :

- la texture et le potentiel hydrique des horizons au moment de l'action de l'agent externe, cultural ou climatique
- l'énergie appliquée au matériau.

On n'en est pas là. Historiquement, on a surtout étudié les comportements mécaniques en fonction de l'humidité, pour de petits échantillons, d'état structural continu, soumis à des contraintes conventionnelles (limites de consistance d'Atterberg, test Proctor,...).

Des tests de laboratoire ont été mis au point, pour prévoir l'action des agents climatiques (24).

C'est plus récemment que l'on a étudié des comportements du sol, *in situ*, soumis à des agents climatiques :

- travaux sur la dégradation superficielle de l'état structural sous l'action des pluies (25)
- évolution de l'état hydrique de la couche labourée selon son état structural (6).

Pour les effets des techniques culturales, il existe des modèles quantitatifs ou qualitatifs (7, 8, 9, 26, 27, 28) dont on trouvera plus loin l'utilisation.

2. Selon la situation ou l'on se trouve, la synthèse des observations peut prendre des formes différentes :

Cette remarque concerne surtout les relations peuplement végétal milieu, que ce soit pour le diagnostic ou pour le pronostic. On traitera plus loin, et en détail, le diagnostic sur l'origine de l'état observé.

L'idée est la suivante : comme de nombreux facteurs sont susceptibles de jouer sur la mise en place et le fonctionnement des racines; on n'aura généralement pas la possibilité de les contrôler tous avec la même précision ; on décide donc, au moins dans un premier temps, de privilégier ceux qui peuvent entraîner les effets les plus importants. Prenons deux exemples :

**Le blé d'hiver,
dans les situations où les risques
de sécheresse sont minimales :**

Sauf cas particuliers, c'est la nutrition azotée qui est le facteur limitant principal. Dès lors, on s'intéresse particulièrement aux relations état structural/fourniture d'azote par le sol (bilan minéralisation-réorganisation) : on peut classer les situations par **évaluation de la part du volume de la couche labourée présentant un état compact (19)**. Il est évident que d'autres critères doivent aussi être considérés : intensité des symptômes d'hydromorphie, colonisation des horizons pédologiques par les racines, en relation (ou non) avec les obstacles dans la couche labourée.

**Le maïs,
dans les situations où les risques
de sécheresse sont importants :**

Le critère précédent, l'évaluation de la part du volume de la couche labourée présentant un état compact, devient insuffisant. C'est la **densité des racines dans l'ensemble du profil** qui va déterminer les possibilités d'utilisation des réserves hydriques. Pour examiner les relations état structural de la couche labourée/racines, ce sont bien sûr les **éléments compacts** qu'il faut examiner ; mais c'est surtout **leur localisation** dans l'horizon qu'il faut considérer. Elle peut en effet entraîner une colonisation réduite des horizons sous-jacents ; c'est l'"effet d'ombre" (29).

Remarque : *Au champ, la variabilité spatiale de l'état structural est souvent tellement importante que l'on observe la coexistence des états types o, b, c, dans un même horizon (voir la figure 4). Le système racinaire d'un même pied de maïs par exemple, se répartit alors dans des volumes de caractéristiques physiques différentes. Ceci pose de difficiles problèmes d'interprétation des relations état du profil / fonctionnement du peuplement végétal. Aussi, dans les expérimentations de Grignon (5), a-t-on défini des états modèles plus aisément étudiables, où l'état structural de l'horizon H5 est homogène ; on compare des parcelles :*

- O, état "o" généralisé à tout le volume de l'horizon H5
- B, état "b" généralisé à tout le volume de l'horizon H5
- C, état "c" généralisé à tout le volume de l'horizon H5.

3. Un jugement de valeur sur les états observés ne peut être formulé qu'en référence à un objectif

En particulier, bien qu'on soit tenté de le penser, "o" ne signifie pas forcément "optimal". Schématiquement, 2 cas se présentent :

D'autres états sont équivalents à "o" :

Au sujet de la résistance mécanique opposée par le sol à l'installation des racines, "o" présente, a priori des caractères favorables, puisque la porosité structurale entre mottes est importante et spatialement peu variable. N'oublions pas cependant que la résistance mécanique dépend aussi de l'état hydrique de la terre : un état plus compact (c Γ par exemple), s'il est déformable du fait de sa teneur en eau au moment de l'implantation des racines, peut se révéler tout aussi favorable. D'autre part, la sensibilité des différentes espèces n'est pas la même...

“o” se révèle pénalisant :

La porosité importante de cet état peut entraîner une dessiccation trop rapide, ou bien une réaction intense au gel (causant le déchaussement des plantes), ou bien encore un développement important de certains ravageurs (limaces, insectes). Ces effets défavorables, que l'on peut limiter par un compactage modéré, se rencontrent typiquement dans les terres fortement argileuses.

Sur un autre plan, on a pu montrer (6, 7) qu'au printemps l'état “o” était plus sensible au compactage que l'état “b”, pour 2 raisons :

- son état structural est plus “fragile”
- sa teneur en eau se maintient à un niveau plus élevé.

Du point de vue de la praticabilité de la parcelle, un état “b” peut donc être moins contraignant.

2. Un diagnostic important pour le conseil : l'origine de l'état observé

Dans ce cas particulier, on est capable à l'heure actuelle d'énoncer une démarche et des règles d'interprétation de valeur assez générale. En les suivant, on peut ainsi interpréter correctement une situation sans être un expert chevronné.

Le principe est très simple : **on va tirer de la localisation des états structuraux dans la couche labourée, les éléments de compréhension de son "histoire"** ; ainsi, en utilisant la partition latérale, on va pouvoir distinguer :

- les effets des interventions post-labour : état des positions L1 et L2, compare à celui de L3
- les effets directs du labour : états types dominants de L3
- les effets "hérités" du système de culture : teneur en Δ (ou Φ) en L3.

Remarque : ***Dans certains cas les volumes correspondant aux positions L3 sont restreints, voire inexistant, du fait des travaux post-labour. On peut alors réaliser l'interprétation en utilisant, parmi les positions L2, celles qui ont été le moins transformées par ces travaux. Par exemple : l'agriculteur a un tracteur équipé d'un "tasse-avant", et de roues jumelées ; et il a repris le labour avec un "combine" d'une largeur égale à l'encombrement du tracteur. On choisira, dans ce cas, l'emplacement entre roues, correspondant au tasse-avant. On voit ici la nécessité d'une bonne connaissance de l'itinéraire technique.***

On est alors à même de détecter les opérations culturales ou les éléments du système de culture qui sont **responsables** de l'état observé. C'est ce que permet le tableau 4, bâti à partir d'une synthèse des comportements du sol sous l'action des outils, observés au champ. On a supposé, et c'est le cas général, que la création de l'état interne Δ était uniquement dûe à des actions anthropiques (fig. 2). Insistons sur ce **point : il faut utiliser ce tableau en considérant ensemble les états des différentes positions.** Par exemple : un état Δ en L1 ou L2 n'indique, sans hésitation possible, des dégradations post-labour intenses que si l'état de L3 est "o", avec dominante de l'état interne Γ .

Dans le tableau 4, on n'a pas fait figurer les états tels que cR , $o\Phi$ qui expriment une évolution structurale sous l'action des agents climatiques, postérieure à l'action des outils : c'est inutile, pour ce type de diagnostic, dans la mesure où la notation utilisée permet d'identifier l'origine non anthropique de l'évolution.

Rappelons cependant qu'après un certain temps d'exposition aux agents climatiques, les structures anthropiques ne sont plus aisément observables, même dans H5. Dans les régions où le gel est intense et en texture argileuse, par exemple, il faut choisir des dates d'observation proches des travaux, voire les répéter dans le temps ; dans ces cas, un état de labour après l'hiver, comparé à son état initial, renseigne sur l'évolution d'origine climatique. Ce point est très important à connaître pour le pronostic sur l'implantation des racines d'une culture de printemps.

POSITION L3		POSITION L1 ET L2	
ETAT	Interprétation Etat initial E ₀ et effet du labour	ETAT	Interprétation Effets des travaux post-labour
$o\Gamma^1$	E ₀ non dégradé ² fragmentation intense par le labour	$o(T)\Gamma$ $c\Gamma$ $c\Delta$	Pas de dégradation Dégradation modérée Dégradation intense
$o\Delta$	Eléments initiaux "Δ" de faible calibre dégradation ancienne ou fissuration préalable	$o(T)\Delta$ $c\Delta$	Pas de dégradation Dégradation modérée ou intense
$b\Gamma$	E ₀ non dégradé, fragmentation limitée due aux conditions de labour	$b(T)\Gamma$ $c\Gamma$ $c\Delta$	Pas de dégradation Dégradation modérée Dégradation intense
$b\Delta$	E ₀ dégradé	$b(T)\Delta$ $c\Delta$	Pas de dégradation Dégradation modérée ou intense
$c\Gamma$	E ₀ non dégradé, pas de labour récent, ou prise en masse sous l'action du climat ³	$c\Gamma$ $c\Delta$	Pas de dégradation Dégradation intense
$c\Delta$	E ₀ dégradé, absence de fragmentation (pas de labour récent)	$c\Delta$	Pas de dégradation, ou dégradation modérée, ou dégradation intense

¹ Cette notation signifie : état interne Γ dominant, Pour un état type "o" lui-même dominant en L3.

² E₀ : état avant le dernier labour.

³ Pour l'interprétation, tenir compte du temps écoulé entre le labour et l'observation, du climat et de la texture.

**Tableau 4. Les états des positions latérales en H5 et leur interprétation
cas d'une parcelle habituellement labourée.**

D'après H. Manichon - 1986 (réf. 11)

- Remarques**
- *Dégradation est pris au sens de dégradation de l'état structural : accroissement de compacité sous l'action de contraintes anthropiques, en 2 étapes (7) :*
 - *contraintes "modérées" : seul le 3^e niveau d'organisation est concerné ($o \rightarrow oT \rightarrow c, b \rightarrow bT \rightarrow c$)*
 - *contraintes "sévères" : le 1^{er} niveau est aussi modifié ($\Gamma \rightarrow \Delta$).*
 - *On a supposé, pour construire ce tableau, que l'origine de Δ n'était qu'anthropique.*

Attention : ***Il faut procéder à des tests de cohérence :***

- ***on ne peut observer en L1 et L2, au mieux, qu'une conservation de l'état type créé par le labour et visible en L3,***
- ***on ne peut pas observer en L3, un pourcentage plus élevé de Δ que dans les autres positions (sauf coïncidences, que l'on pourra détecter... en agrandissant la fosse !).***

Remarque : ***L'évaluation des effets hérités, liés au système de culture (% de Δ et Φ) en H5 L3) peut être obtenue par une autre voie que l'observation : par prélèvements de terre dans H5 L3 et tri densimétrique des éléments Δ (et Φ), on obtient une teneur pondérale*. Les premiers résultats obtenus à Grignon montrent que le taux de Δ et Φ est particulièrement élevé pour les successions culturales comportant fréquemment des récoltes tardives du type maïs (à caractéristiques géométriques et modalités d'emploi des outils identiques, pour les opérations autres que de récolte).***

* H. Manichon, Ph. Leterme, travaux en cours.

VII. EXEMPLES

On trouvera ci-après 2 exemples :

- * le premier, complètement présente, illustre toutes les étapes de la démarche, jusqu'au conseil pour le travail du sol. On y montre notamment comment on utilise les fiches d'observations.
- * le second, pour lequel on n'a fait figurer que des extraits des fiches d'observation, illustre la démarche de comparaison entre profils culturels (3 situations sont observées dans la même parcelle), pour un thème fréquemment rencontré : l'évaluation de systèmes de culture différents dans un milieu donné, comportant l'identification d'effets actuels et d'effets hérités.

Ces exemples n'ont pour ambition que de faciliter la compréhension des concepts présentés dans ce guide, et de leur mode d'utilisation. Il est évident que les conclusions, cohérentes, qui sont tirées de chaque cas examiné, n'ont pas vocation à être, en tant que telles, extrapolées !

1. Le profil culturel, outil de conseil en travail du sol

L'exemple est un peu imaginaire ; il a été bâti pour intégrer toute une série de particularités que l'on peut rencontrer dans l'observation. Mais l'on pourrait tout à fait observer ce cas en Dombes, dans une parcelle en légère pente, exploitée par un agriculteur qui a une surface importante à implanter en maïs au printemps, et différents types de sols à gérer*.

La question posée :

nous sommes au 15 avril, à "mi-parcours" des opérations de travail du sol. l'agriculteur veut implanter du maïs ; Quels outils utiliser ? Quels réglages ? Faut-il faire une reprise profonde ?

1) L'observation du profil culturel

Après un rapide "tour de plaine", on repère à la surface des hétérogénéités de l'état structural : des traces de tracteur tous les 12 m environ et des bandes plus motteuses espacées d'environ 1,50 m ou un peu moins de 3 m. L'agriculteur alors présent nous décrit l'itinéraire technique (cadre A de la fiche). Il a labouré, fin décembre, en espérant une action favorable du gel et pour prendre "de l'avance" sur ses travaux de printemps. Puis, fin février, il a travaillé la partie superficielle du labour pour lui permettre un passage plus "confortable" pour l'épandage d'engrais de fond. Il nous précise aussi les sens de travail liés à la forme de la parcelle.

Pour croiser le maximum de variabilité, on décide alors de situer le profil culturel :

- **perpendiculairement** au sens du labour de l'année
- **encadrant les traces d'un passage présumé du "vibroculteur" et une trace de roue** du tracteur portant l'épandeur d'engrais.

Compte tenu de l'homogénéité texturale (limono-argileuse) de la parcelle, une seule fosse semble suffisante.

On procède alors au creusement de la fosse et à l'observation du profil culturel (fiche d'observation). Quelques coups de bêche supplémentaires dans le prolongement de la fosse permettent de tester les hypothèses d'explication de l'origine des positions latérales L2.

2) Diagnostic de l'origine de l'état observé

La fiche d'observation de cet exemple est présentée de manière éclatée, ci contre et page suivante.

Repartons des pistes d'interprétation (cadre H) et apportons quelques compléments (on utilise également le tableau 4) :

H1

Les mottes observées en L2 laissent penser que le vibroculteur a été "passé" en conditions plutôt humides en H5 (remontée de "lards"). La rotoherse a produit un affinement très intense en L3, qui apparaît excessif pour ce type de sol compte tenu de la date (8 semaines avant semis)

Question : *la roto-herse était-elle utile ? Une herse classique et qui travaille sur une plus grande largeur n'aurait-elle pas été préférable ?*

- L'épandage d'engrais semble également avoir été réalisé sur un sol encore humide (100 % Δ en L1).

- Depuis ces travaux, on observe le résultat de l'action du gel et des alternances humectation - déssiccation (mottes Φ en L2, MR en L1).

H5

Le labour de décembre était émietté (o en 3 et 5 de L3) ; on observe peu de compactage hérité (30 % Δ).

- Par contre en 7 et 8, plusieurs symptômes convergent pour diagnostiquer un compactage hérité des passages de pulvérisateurs sur escourgeon (état type b, 90 % Δ , pseudo-gley).

* Ce que nous a confirmé J.M. Vinatier. Agronome au SUAD 01

Observations : profil culturel, outil de conseil en travail du sol (exemple)

B SITUATION DU PROFIL	A ITIN. TECHN.
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lab. charrue 3 socs 14" fin dec. 2. Vibro. 3m. + rotokherse fin février. 3. Ep. Engrais. Centrifuge fin Fév. 12m <p>Tracteur 4 R.M. 80 cv voit. : 1,40m larg. pneu : 40 cm</p>

D PARTITION VERTICALE						
N horizons	Cotes inf. (cm)	Netteté limite	Humidité	Texture	Couleur E. Grossier	Opération en cause
H 1	6	lissages en L ₂	Frais	Limou	Brun	vibro
H 5	25	liss. discontinus	Humide (+ surfond)	Argileux	pas de cailloux	Labour
H 6	30	liss. discontinus	plus sec			Lab ancien (ancz veux) Str. et Hydro.
P 1	50	pas de lim mette	Humide eau libre ds T. de V. d. T	Lim. Arg.	Ocre	concrétion
P 2	Fond. fosse			Arg. Lim.	Ocre + galets	concr + tach

Profondeur actuelle des racines :
 Profondeur maxi-prévisible :
 Obstacle (cote, nature)
 Dénomination sol : Sol limoneux lessivé (Unité 2) R₂? 30

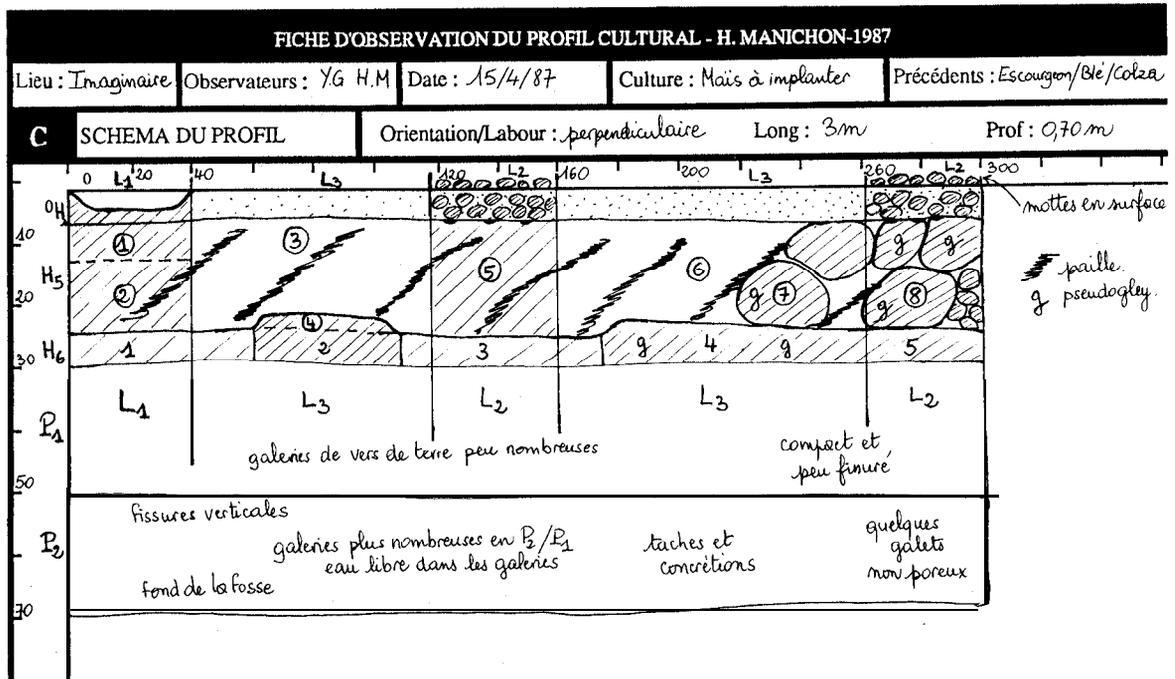


Fig. 11 - La fiche d'observation pour l'exemple 1. A / B / C / D.

- On peut confirmer le fait que le vibro soit passé sur sol humide par les symptômes suivants : c 100% Δ en 5 de L2 et bT en 8.

- De même, pour le passage d'engrais : c 100 % Δ en 1 et 2 ; on observe aujourd'hui l'évolution de cet état structural lié à la texture et au climat : en 1 \rightarrow CR.

- On observe un symptôme de mauvais fonctionnement de la charrue : raie sale (4) : terre retombée en fond de raie et tassée par la roue du tracteur).

H6

(4) est un "Saut"

de charrue sous la trace des passages l'an dernier du pulvérisateur lié au fait que la terre était très consistante à cet endroit. (L'été et l'automne ont été secs). On y observe également du pseudo-gley.

P1 et P2

P1 est assez compact, les racines de la culture précédente sont "passées" essentiellement dans les galeries de vers de terre.

- P2 apparaît beaucoup plus favorable à l'enracinement, mais les traces d'hydromorphie traduisent la présence d'excès d'eau.

Question : *Avez-vous pensé au décompactage (pour P1) ? Et au drainage ?*

En résumé

On observe des dégradations importantes liées au passé cultural (passages de pulvérisateur sur escourgeon), qui ne concernent environ que 10 % de la parcelle compte tenu de l'écartement entre passages. Par contre, les dégradations, liées aux opérations culturales récentes, sont importantes et concernent déjà 30 % de la parcelle.

Questions : *cet épandage d'engrais de fond sur le labour, qui entraîne ce que l'on vient de voir, ne pourrait-il pas être reporté avant le labour ? Ou bien, n'est-il pas possible de trouver une meilleure période pour réaliser ces opérations en sol ressuyé ou gelé et portant ?*

3) Pronostic : évolution de l'état actuel et comportement des racines

Le pronostic serait plus à développer si la culture était en place. Dans cet exemple, c'est plus la phase conseil qu'attend l'agriculteur. Cependant, on peut d'ores et déjà pronostiquer :

- **une forte limitation de l'enracinement du maïs dans P1 et H6**, avec un risque important d'effet "ombre" à l'aplomb de 2 et 4 de H6, et 2 et 5 de H5,... à moins que les fentes de retrait n'apparaissent très vite ce qui supposerait un mois de juin très sec ;
- **la formation de pseudo-gley** au voisinage de la matière organique dans les zones (2), (5) et surtout (7) et (8) de H5 ;
- **une prise en masse de H1 en L3**, sous l'action des pluies.

4) Conseils

L'observation précédente indique qu'une reprise de H1 sera nécessaire avant le semis, pour refabriquer des mottes, mais aussi pour niveler en effaçant les traces L1

Compte tenu des deux dernières décades d'avril fréquemment humides (résultat d'une étude fréquentielle du climat), **il apparaît illusoire de vouloir améliorer l'état structural de H5 par une reprise profonde** du type cultivateur lourd ou chisel. Dans le même esprit le décompactage de P1 ne peut s'envisager qu'ultérieurement, pendant une période sèche, en sachant que dans ce genre de situation un décompactage sans drainage peut s'avérer néfaste.

L'outil de reprise superficielle le plus adéquat, dans ce cas semble bien être **le vibroculteur associé à une roto-herse** : il permet de reprendre un horizon H1 probablement pris en masse ce que fera plus difficilement la herse, de "fabriquer" alors des petites mottes de 5 cm environ qui par effet de tri se retrouveront en surface.

E PARTITION LATÉRALE			F RACINES			
Position	L1	L2	Hor.	L1	L2	L3
% long. profil	14	27				
Opération en cause et représentativité par rapport à la station ou parcelle	Epanch. Engrais	vibro	culture non implantée			
	L1 surreprésenté en fait: 7% de la parcelle	éventuell. Superpositio vibro + Ep. Eng.				
			OBSERVATIONS: traces de vieilles racines dans H ₀ , P ₁ et P ₂			

G ETAT STRUCTURAL ET AUTRES OBSERVATIONS						
Horiz. Ant. N	Pour chaque horiz.	Description des états struct.	% de chacun dans			Autres observations
			L1	L2	L3	
H ₁	MR	100% Δ	100			Enfonc ⁺ 5cm. Grampons visibles quelques mottes en surf. (H ₀) faible battance en H ₀
	SF	m>tf 5cm φ. Φ		100		
	SF	tf			100	
H ₅	① cR	100% Δ	30			④ tassement roue de raie - pseudogley dans b seulem - lits de paille obliques distants d'environ 35 cm (pas de rasette)
	② c	100% Δ	70			
	⑤ c	100% Δ		50		
	⑥ bT	90% Δ		50		
	③ et ⑥ O	m. 3.5m. 30% Δ			60	
	④ M	100% Δ			ε	
	⑦ b	>15cm. 90% Δ			40	
H ₆	1 MR	60% Δ	100			4. remonte de charrue (compactage ant. au labou → liaison avec ⑦ et ⑧) pseudogley dans 4.
	3 et 5 MR	60% Δ		100		
	1 et 3 MR	60% Δ			30	
	2 M	100% Δ			20	
	4 MR	100% Δ			50	

Fig.11 - E / F / G

La terre fine sera au niveau de la pointe des socs là où l'on cherche à placer les graines de maïs. L'outil permet également un nivellement de la parcelle. On visera une profondeur de travail de 6 à 7 cm.

C'est bien le type d'état structural que l'on recherche pour une situation d'implantation de maïs en limons sous climat fréquemment pluvieux au moment de la germination levée. Il est entendu que le desherbage s'effectuera après semis ce qui permettra de se "libérer" totalement pour les opérations de travail du sol. Ici se pose la question du drainage puisque l'on prend le risque de ne pouvoir "passer" avec le pulvérisateur en temps utile.

Si la prise en masse est sévère, l'outil rotatif pourra s'avérer utile et plus efficace, mais il nécessite un temps de travail plus élevé et présente ici des risques (trop de terre fine, pas de tri des mottes,...).

En tout état de cause, c'est une observation, même rapide, de l'état structural de surface qui permettra de prendre la décision. Cette intervention doit se faire le plus près possible du semis. On suggérera également d'avoir un objectif de rendement raisonnable pour cette parcelle et en conséquence d'y adapter les techniques (choix de variété, dose de semis, dose d'azote ,...).

A partir de là, une discussion va s'engager avec l'agriculteur sur le thème du travail du sol afin de vérifier que les conseils donnés précédemment s'insèrent bien dans le fonctionnement de l'exploitation concernée.

H SYNTHÈSE ET PISTES D'INTERPRÉTATION	
H ₁	<ul style="list-style-type: none"> • beaucoup de terre fine en L₃ → intérêt rotoherse ? • mottes en L₂ (reprise en cond. Humides ?) • MR en L₁ et Φ en L₂ : gel + sécheresse en Février.
H ₅	<ul style="list-style-type: none"> • Labour émietté sauf en ⑦ et ⑧ (pulvérisateur sur escourgeon ?) • compactages locaux ± marqués (T_v* de reprise + ép. eng.) • gley à venir(?) en L₂ ⑤ et L₁ -
H ₆	<ul style="list-style-type: none"> • risque d'effets "ombre" pour racines, sous 2 et 4.
P ₁	<ul style="list-style-type: none"> • assez contraignant/racines ← texture + faible activité biologique → décompactage ?
P ₂	<ul style="list-style-type: none"> • fissuration intense ← texture. voir pbs de drainage ?

Fig. 11 · H

2. Deuxième exemple : évaluation de plusieurs systèmes de culture dans un même milieu

1) Présentation de la situation

Les observations ont été réalisées le même jour au début du printemps 1987, dans le Boischaud Nord de l'Indre, dans une parcelle de Blé d'Hiver en sol de Bornais profond (limon battant hydromorphe). La parcelle comporte 3 précédents culturaux différents :

- Maïs ensilage semé tardivement (juin) en 1986, après pâturage d'un Ray-Grass d'Italie par des vaches laitières.
- Tournesol semé en bonnes conditions au printemps 1986, et remplaçant un colza mal levé.
- Colza d'hiver.

L'implantation du blé a été réalisée de façon identique dans les 3 cas : labour (charrue 4 socs 14") fin octobre, en bonnes conditions selon l'agriculteur, immédiatement suivi d'un combiné herse alternative-semoir (largeur 3 mètres). Les sens de labour et de semis sont donc les mêmes.

Ces informations préalables suffisent pour choisir les emplacements de 3 fosses, situées perpendiculairement au semis et localisées chacune sur un passage de semoir (cf figure 12).

2) Observations réalisées et interprétations

Caractères permanents et état des horizons pédologiques

Dans la partie 1, on retrouve les caractéristiques communes de ce type de sol : horizon Ap de texture limoneuse (ici il représente une trentaine de centimètres d'épaisseur), auquel succède un horizon P1 de couleur plus claire (10 cm d'épaisseur), assez compacte mais perforé par des galeries de vers de terre. Cet horizon est dénommé "A2" en Pédologie. Vient ensuite l'horizon P2 c'est l'horizon d'accumulation d'argile avec ses symptômes typiques de dégradation ("glosses") et d'hydromorphie, présent jusqu'au fond de la fosse (80 cm) ; globalement, cet horizon ne constitue pas un obstacle mécanique pour les racines du blé, qui sont visibles, quoique peu abondantes, jusqu'au fond.

Dans les parties 2 et 3, ces caractères d'ensemble se retrouvent, mais certaines nuances apparaissent, vraisemblablement liées à la position topographique : l'horizon P1 est moins épais, et l'on voit apparaître dans l'horizon sous-jacent des silex (la réserve en eau est donc plus faible). Ces 2 situations apparaissent plus humides que la première, malgré un climat récent relativement sec.

Ces observations amènent à considérer que les potentialités culturales sont plus élevées dans la situation 1 qu'en 2 et 3. Ceci est confirmé par l'agriculteur : il évite de situer le maïs dans la pente de la parcelle pour limiter les risques de sécheresse d'une part, les risques de récolte en conditions humides d'autre part. En fait, dans cet ensemble de 10 ha, deux systèmes de culture coexistent : en 1 on trouve une succession associant maïs et prairie temporaire (pâturée ou ensilée) au blé, en 2 et 3 on ne trouve que des cultures d'hiver (colza, blé, escourgeon), la présence du tournesol est "accidentelle" (mauvais levée du colza).

Cependant, on note actuellement une colonisation par les racines plus faible des horizons profonds dans la situation 1, ce qui est contradictoire avec l'état de l'horizon P1, plus compact (peu de trous de vers de terre) en 2 et 3 : on verra que ceci est lié à l'état des horizons anthropiques.

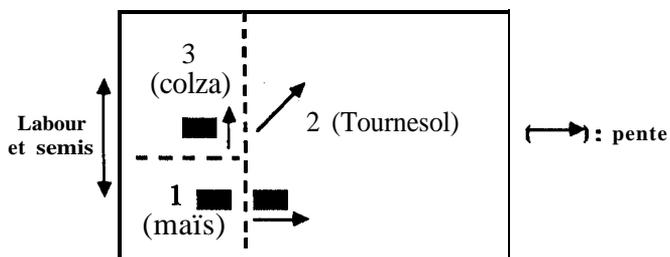
Vraisemblablement les différences d'intensité des traces d'activité biologique en P1 sont liées aux histoires culturales.

Horizons anthropiques

On trouvera à la figure 13 les extraits, pour l'horizon H5, des notations reportées sur la fiche d'observation. On constate que les profils 2 et 3 se ressemblent beaucoup, et se distinguent fortement du profil 1 :

- Pour les positions L3 : dominance de l'état b, avec une forte teneur en Δ en 1, dominance de l'état o (avec seulement 30 % de Δ) en 2 et 3.

Plan de situation



Partition verticale (extraits)

Horizons	Situation 1		Situation 2 et 3	
	Cotes/Texture		Cotes/Texture	
A p	O-30	Lim.	O-30	Lim.
P1 (= A2)	30-40	Lim.	30 - 35	Lim.
P2 (= BTG...)	40 - 80	LA	35 - 80	LA + Silex

Remarque : *P1 compact, fortement perforé par V de T en I.
Glosses et hydromorphie en P2.*

Successions des cultures et conditions de travail

Années	Situation 1	Situation 2	Situation 3	Travaux réalisés en conditions humides
1986-87	BLE D'HIVER			1, 2, 3 : Implantation
1985-86	RGI + MAIS Ens	TOURNESOL - COLZA.		1 : Pâturage RGI, fumier
1984-85	RGI (Ensilé)	ESOURGEON		1 : Ensilage RGI
1983-84	BLE D'HIVER			Néant
1982-83	RGI + MAIS Ens	COLZA.		1 : Récolte Maïs, fumier

Fig. 12 - Quelques caractéristiques des trois situations

- Pour les positions L2 : la dégradation structurale est intense en 2 et 3 (état c 100 % Δ), plus modérée en 1 (état bT 100 % Δ).

La présence de traces de pseudo-gley (à l'état réduit) est notée dans chaque profil. Il est vraisemblable que le réchauffement à venir du sol entraînera une intensification de ces symptômes.

Le diagnostic sur les différences observées entre profils est conduit à l'aide du tableau 4.

Pour les positions L2, l'interprétation est immédiate : la sensibilité au compactage était plus importante, au moment des travaux d'implantation, en 2 et 3, du fait :

- d'une fragmentation plus intense des bandes de labour (état o, encore visible en L3),
- peut-être aussi d'une humidité plus forte, liée à la position topographique (ce dernier point pourrait être contrôlé grâce à l'examen des données climatiques de la période).

On peut donc conclure à un net effet dégradant des travaux d'implantation, mal perçu par l'agriculteur parce que les conditions n'étaient pas telles que le déroulement du chantier de travail en était perturbé. Vraisemblablement, un équipement du tracteur (roues jumelées, tasse-avant,...) serait nécessaire pour limiter, à l'avenir, ces compactages excessifs. En effet, les autres voies envisageables (réduction de la vitesse de labour pour éviter un émiettement excessif, attendre en 2 et 3 un degré de ressuyage plus poussé,...) ne sont pas réalistes, eut égard :

- à l'organisation du chantier d'implantation, compte-tenu du parcellaire,
- aux contraintes de travail de la période.

Ceci étant posé, il reste à diagnostiquer l'origine des différences observées en L3.

Si l'état b, dominant dans la situation 1 comportait une faible teneur en A, on pourrait incriminer une cohésion élevée de la terre au moment du labour, liée à une faible humidité. Ceci n'est guère plausible étant donné le climat de l'automne. De plus, les teneurs en Δ sont fortes : elles

indiquent qu'il s'agit d'effets hérités, qui n'existent que sur une faible partie du volume (état b localise) en 2 et 3.

Ces effets ne peuvent être cernés sans une enquête complémentaire sur l'histoire culturale de la parcelle. En remontant dans le temps, elle concerne principalement la succession des cultures et les conditions des travaux d'implantation et de récolte ; on l'a résumée à la figure 12 dont l'analyse permet de conclure :

- sur l'absence de conditions de dégradation importantes dans les situations 2 et 3.
- sur l'identification des opérations qui sont, vraisemblablement, directement responsables de l'état de la situation 1 : pâturage du Ray-Grass et apport de fumier au printemps 1986, pour les plus récentes. En 2 et 3 ce sont les compactages localisés de printemps (apports d'azote...) que l'on peut incriminer.

3) Conclusion

Cet exemple illustre ce que l'on peut tirer de la comparaison des états structuraux, pour la compréhension de leur origine :

- différences, au sein d'un même profil, entre les diverses positions latérales,
- différences entre profils.

Notons que ces comparaisons ne sont possibles que dans la mesure où les emplacements sont correctement choisis : ici on avait exclu volontairement les positions L1 correspondant aux passages des engins au printemps (apports d'azote et desherbants, ...). et on avait choisi des emplacements analogues (passage de semoir).

G ETAT STRUCTURAL ET AUTRES OBSERVATIONS						
Horiz. Ant. N	Pour chaque horiz.	Description des états struct.	% de chacun dans			Autres observations
			L1	L2	L3	
H5	bT	100%Δ	100			Situation 1 (prédominant maïs)
	o 5cm.	40%Δ	30			
	b 20cm.	90%Δ	70			
G ETAT STRUCTURAL ET AUTRES OBSERVATIONS						
Horiz. Ant. N	Pour chaque horiz.	Description des états struct.	% de chacun dans			Autres observations
			L1	L2	L3	
H5	c	100%Δ	100			Situation 2 (prédominant Tournesol)
	o 5cm	30%Δ	70			
	b 15cm	90%Δ	30			
G ETAT STRUCTURAL ET AUTRES OBSERVATIONS						
Horiz. Ant. N	Pour chaque horiz.	Description des états struct.	% de chacun dans			Autres observations
			L1	L2	L3	
H5	c	100%Δ	100			Situation 3 (prédominant Colza)
	o 5cm	30%Δ	80			
	b 15cm	80%Δ	20			

Remarque : *Les états b sont très localisés (quelques bandes de labour) en 2 et 3 (aspect général ressemblant à l'exemple de la figure 3). Des traces de pseudo-gley (bleu-verdâtres) se trouvent, au voisinage des matières organiques, dans les zones compactes. Les racines évitent les blocs des états b, et les états c ; globalement, la densité racinaire est plus forte et plus homogène en 2 et 3 qu'en 1.*

Fig. 13 - Quelques extraits des cadres G des fiches d'observation (1) (exemple 2)

(1) Ce mode de présentation synthétique est commode pour le type d'interprétation conduit ici. Pour une analyse de l'enracinement dans le profil, en relation avec l'état structural de H5, il serait très insuffisant : les schéma de localisation des états serait nécessaire.

Cet exemple montre aussi que ces observations sont nécessaires, si l'on veut porter un jugement sur les effets des systèmes de culture dans un milieu donné. En effet, on aurait pu s'attendre, dans ces sols de limon très fragiles, à relever un effet très favorable du système de culture de la situation 1 (présence de cultures fourragères améliorant la structure par leurs racines et fournissant de la matière organique, apports de fumier,...). Il n'en est rien, au contraire. Dans ce cas, que l'on rencontre fréquemment, les effets immédiats défavorables liés aux pâturages et apports de fumier en conditions humides l'emportent sur les effets favorables à plus long terme.

Mais les limites d'une observation unique, à un moment donné, sont évidentes :

Pour le diagnostic qui a été conduit. Sa validité dépend de la précision des observations réalisées, et de celle des données culturales relevées. Pratiquement, **on ne doit arrêter l'analyse que lorsqu'une cohérence suffisante se dégage.** Par exemple ici, la connaissance des conditions de récolte du tournesol (analogues à celles du colza du fait de l'été sec de 1986) amène à accepter, au moins en première analyse, l'absence de différence entre les situations 2 et 3.

Il est clair que l'on ne peut pratiquer commodément qu'au champ cette démarche d'interprétation : les symptômes observés amènent des questions sur les pratiques culturales, les réponses obtenues entraînent à réaliser des observations complémentaires... Par contre, il est possible de préciser ultérieurement certaines hypothèses quant aux conditions de travail, en effectuant une analyse très finalisée du climat.

Pour l'établissement d'un pronostic sur le comportement du blé, face aux différences observées : l'enracinement du blé est moins dense en 1, dans la couche labourée comme dans les horizons sous-jacents, ce qui semble lié. Mais on n'a pas noté de différence quant à la profondeur atteinte. Si l'on peut penser que ces classements (qui portent donc sur la densité des racines et leur répartition dans le profil) se maintiendront, on

sait mal évaluer l'incidence du pseudo-gley sur le fonctionnement racinaire. De même, on ne sait pas quelle sera la résultante, sur l'azote effectivement disponible, de faits aussi contradictoires que : les densités racinaires (en faveur de 2 et 3), les quantités d'azote minéralisable (vraisemblablement en faveur de 1), le bilan minéralisation-réorganisation (en faveur de 2 et 3). Enfin, on ne sait pas bien prévoir ce que sera réellement l'alimentation hydrique, dans un climat incertain...

Des contrôles supplémentaires sur le blé (racines et parties aériennes) et sur le sol (profils d'azote et d'eau) permettraient de porter des diagnostics à posteriori. C'est le domaine du suivi de réseaux de parcelles ou d'expérimentations, dont les résultats permettraient d'affiner les pronostics sur chaque situation observée.

VIII. CONCLUSION

Depuis l'invention du concept de "profil cultural" par S. Henin et ses collaborateurs, en 1960, la situation a bien changé :

Progrès scientifiques d'une part :

Nous en avons évoqué certains dans cet ouvrage. Pensons aussi, par exemple, aux méthodes de mesure de la densité du sol en place, ou de son humidité, dont on disposait il y a 20 ou 30 ans : "anneaux" de densité ou "densitomètres à membrane", "boîtes d'humidité", étaient d'un emploi laborieux et fournissaient des données de portée limitée.

La situation s'est grandement améliorée : densimètres à atténuation gamma, humidimètres à neutrons, tensiomètres,... associés à des moyens de calcul performants et à l'automatisation des prises de données. Des difficultés cependant demeurent : elles sont liées, pour une bonne part, à la variabilité spatiale (à plusieurs échelles) des caractères que l'on doit examiner, ce qui entraîne des coûts importants... ou la tentation de limiter l'utilisation des moyens de mesure aux situations a priori les plus simples !

Evolution des systèmes de culture et de leurs moyens de conduite, d'autre part :

Les "rotations", si l'on prend ce terme au sens strict, ne se rencontrent plus guère que dans les champs d'essai de longue durée. L'emploi de matériels de culture plus larges, plus puissants, plus rapides, permet de ne plus tenir compte autant qu'auparavant des conditions de travail liées à l'interaction texture-humidité. Les conséquences sont parfois favorables (où sont les "belles*" semelles de labour du temps des charrues monosocs ?), parfois perverses : la "face cachée" du labour, si on l'examine, peut révéler une situation moins satisfaisante et plus variable qu'on aurait pu le penser au vu d'un lit de semence parfaitement régulier obtenu grâce à un outil énergétique.

Par ces évolutions, souvent, les praticiens ont perdu leurs "repères" pour évaluer les conditions de travail, et les résultats de leurs actions.

Il nous semble, en définitive que le besoin d'une évaluation directe, globale et rigoureuse de l'état du sol n'a jamais été aussi actuel. En particulier pour :

- raisonner l'optimisation de l'utilisation des moyens modernes de mesure des paramètres de l'état physique,
- apporter une aide à la décision en temps court pour la conduite des itinéraires techniques,
- contribuer à la formulation de diagnostics globaux sur les systèmes de culture selon les milieux, et proposer éventuellement une adaptation des pratiques.

Nous espérons, par cet ouvrage, avoir apporté les clarifications qui étaient devenues nécessaires pour permettre une pratique efficace du "profil cultural", dès lors que l'analyse du problème posé a montré que l'on pouvait tirer parti de son examen. C'est un outil, donc son utilisation se raisonne.

IX. BIBLIOGRAPHIE

N'ont été retenues que des revues assez récentes, éditées en langue française et accessibles. Des renseignements complémentaires sont disponibles auprès des auteurs. Les numéros sont ceux qui figurent dans le texte, dans leur ordre d'apparition.

1. Henin S., Gras R., Monnier G. (1969)
Le profil cultural (2e édition) - Masson Ed. Paris.
2. Sebillotte M. (1968)
Le tour de plaine - Doc. Ronéo. Chaire d'Agronomie INA Paris.
3. Sebillotte M. (1986)
Evolution et actualité des problèmes d'organisation du travail en agriculture - Bull. Tech. Inform. No 412-413 - **Organisation du travail et systèmes de production en agriculture** - 621-630
4. Papy F., Servettaz L. (1986)
Jours disponibles et organisation du travail (exemple des chantiers de préparation des semis au printemps) - Bull. Tech. Inform. No 412-413 - **Organisation du travail et systèmes de production en agriculture** - 693-704
5. 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 (2), 51-59.
6. Papy F. (1986)
Effet de l'état structural d'une couche labourée sur sa rétention en eau - Agronomie, 6 (6), 555-565.
7. Papy F. (1987)
Comportement d'une couche labourée sous des actions de compactage en fonction de son état hydrique et structural - Agronomie, 7 (2), 111-121.
8. Manichon H. (1982)
Influence des systèmes de culture sur le profil cultural : élaboration d'une méthode de diagnostic basée sur l'observation morphologique - Thèse Doct. Ing. Sc. Agronomiques INA-PG, 214 pp. + Ann.
9. Manichon H. (1982)
L'action des outils sur le sol : appréciation de leurs effets par la méthode du profil cultural - Science du sol 3, 203-219.
10. Manichon H. (1985)
Le profil cultural : moyen de connaissance des sols pour un diagnostic agronomique - Cultivar no spécial "sols et sous-sols" n°184.
11. Manichon H. (1986)
Observation morphologique de l'état structural et mise en évidence d'effets de compactage des horizons travaillés - Séminaire CEE "Land Use", Avignon, 17-18/9/85.
12. Sebillotte M. (1978)
Itinéraires techniques et évolution de la pensée agronomique - CR. Acad. Agric. France, 906-913.
13. Bonneau M., Souchier B. (1979)
Pédologie 2. Constituants et propriétés du sol - Masson Ed. Paris.
14. 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.
15. 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 (5), 415-425.
16. Servettaz L. (1979)
Variabilité de l'état structural dans une parcelle homogène. Essai de mise au point de modalités d'échantillonnage des profils culturaux - Mem. DEA Ecologie du Sol, Univ. C. Bernard Lyon 1.
17. Gautronneau Y. (1985)
Observation du profil cultural - Doc. Ronéo. ISARA Lyon.

18. Masle-Meynard Josette (1980)
L'élaboration du nombre d'épis chez le blé d'hiver. Influence de différentes caractéristiques de la structure du peuplement sur l'utilisation de l'azote et de la lumière - Thèse Doct. Ing. Sciences Agronomiques INA-PG.
19. Meynard JM. (1985)
Construction d'itinéraires techniques pour la conduite du blé d'hiver - Thèse Doct. Ing. Sciences Agronomiques INA-PG.
20. Leterme Ph. (1985)
Modélisation de la croissance et de la production des siliques chez le colza d'hiver, application à l'interprétation de résultats de rendements - Thèse Doct. Ing. Sciences Agronomiques INA-PG.
21. Fleury A., Navarro H. (1985)
Essai d'analyse critique des choix variétaux des agriculteurs pour la production du maïs en limite d'aire de culture - CR. Acad. Agric. France, 577-586.
22. Picard D., Jordan M.O, Trendel R. (1985)
Rythme d'apparition des racines primaires du maïs (zea mays L.) I. Etude détaillée pour une variété en un lieu donné - Agronomie, 5 (8), 667-676.
23. Tardieu F. (1987)
Etat structural, enracinement et alimentation hydrique du maïs III. Disponibilité des réserves en eau du sol - Agronomie, 7 (4), 1-10.
24. Monnier G., Stengel P. (1982)
Structure et état physique du sol - Encyclopédie des techniques agricoles. Paris Tome 1, 1140-1141.
25. Boiffin J. (1984)
La dégradation structurale des couches superficielles du sol sous l'action des pluies - Thèse Doct. Ing. Sciences Agronomiques INA-PG.
26. Manichon H, Sebillotte M. (1975)
Analyse et prévision des conséquences des passages successifs de différents outils sur le profil cultural - Bull. Tech. Inform. n° 302-303.
27. Durr Carolyne, Manichon H., Sebillotte M. (1979)
Pratique du conseil en agronomie - APCA Paris.
28. Guerif J. (1982)
Compactage d'un massif d'agrégats. Effet de la teneur en eau et de la pression appliquée - Agronomie, 2 (3), 287-294.
29. Tardieu F, Manichon H. (1987)
Etat structural, enracinement et alimentation hydrique du maïs. II. Croissance et disposition spatiale du système racinaire - Agronomie, 7 (3).
30. Vinatier J. M. (1987)
Etat des lieux agro-climatique du département de l'Ain - Ch. d' Agr. de l'Ain.

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

Figure 1. Partitions verticale et latérale du profil cultural	page 17	Figure 9. Modèle de fiche d'observation	page 38
Tableau 1. L'état interne des mottes	page 20	Figure 10. Observation et interprétation du profil (schéma de principe)	page 40
Figure 2. Schéma des inter-relations entre états internes	page 20	Tableau 4. Les états des positions latérales en H5 et leur interprétation, cas d'une parcelle habituellement labouré	page 45
Tableau 2. Les modes d'assemblage des mottes (2e niveau d'organisation structurale)	page 22	Figure 11. Fiche d'observation (exemple 1)	pages 49-51-53
Tableau 3. Définition des états types o, b, c, et interprétation de leur origine	page 22	Figure 12. Quelques caractéristiques des 3 situations (exemple 2)	page 55
Figure 3. Unités morphologiques en L2 et L3 de H5 (exemples)	page 24	Figure 13. Quelques extraits des cadres G des fiches d'observation (exemple 2)	page 57
Figure 4. Le 3e niveau d'organisation structurale appliqué à l'exemple de la fig. 3	page 27		
Figure 5. Exemples d'outils pour la réalisation de la fosse et l'observation du profil cultural	page 30		
Figure 6. Schéma d'une fosse prête à l'observation	page 32		
Figure 7. Positionnement des repères sur la face d'observation	page 32		
Figure 8. La face d'observation après les partitions latérale et verticale	page 36		