

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE DE BLIDA
Institut d'Agronomie

Mémoire présenté en vue
de l'obtention du Diplôme de :

MAGISTER

SPÉCIALITÉ: SCIENCES AGRONOMIQUES
OPTION : PHYTOTECHNIE

Par :

Mokhtar BENFREHA

Sur le thème intitulé :

Etude comparative de quelques itinéraires techniques (ITK) :

Effets des états structuraux obtenus sur la disponibilité hydrique du sol

Soutenu le :

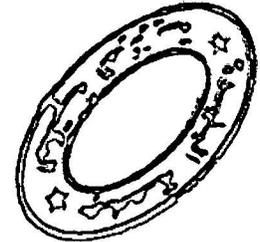
Devant la commission d'examen composée par:

M. REMINI Boualem	Maître de conférences, Université de Blida	Président
M. MEDERBAL Khalladi	Maître de conférences, Centre Universitaire de Mascara	Rapporteur
M. GHALI Merzoug	Maître de conférences, Centre Universitaire de Saïda	Examineur
M. HAMMOUCHE Bachir	Chargé de Cours, Université de Blida	Examineur
M. MEDDI Mohamed	Chargé de Cours, Centre Universitaire de Mascara	Examineur
M. ZELLA Lakhdar	Chargé de Cours, Université de Blida	Examineur

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
 MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE DE BLIDA
 Institut d'Agronomie

Mémoire présenté en vue
 de l'obtention du Diplôme de :



MAGISTER

SPÉCIALITÉ: SCIENCES AGRONOMIQUES
OPTION : PHYTOTECHNIE

Par :

Mokhtar BENFREHA

Sur le thème intitulé :

Etude comparative de quelques itinéraires techniques (ITK) :

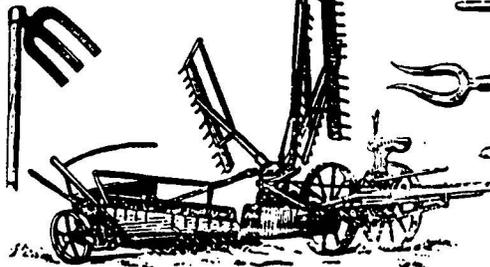
Effets des états structuraux obtenus sur la disponibilité hydrique du sol

Soutenu le :

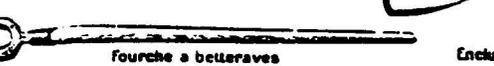
Devant la commission d'examen composée par:

M. REMINI Boualem	Maître de conférences, Université de Blida	Président
M. MEDERBAL Khalladi	Maître de conférences, Centre Universitaire de Mascara	Rapporteur
M. GHALI Merzoug	Maître de conférences, Centre Universitaire de Saïda	Examineur
M. HAMMOUCHE Bachir	Chargé de Cours, Université de Blida	Examineur
M. MEDDI Mohamed	Chargé de Cours, Centre Universitaire de Mascara	Examineur
M. ZELLA Lakhdar	Chargé de Cours, Université de Blida	Examineur

Croc à pommes de terre



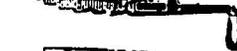
Fourche à quatre dents



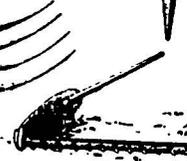
Fourche à betteraves

Fourche vosgienne

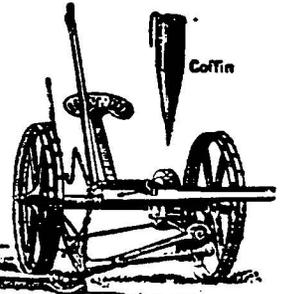
Couteau à foin



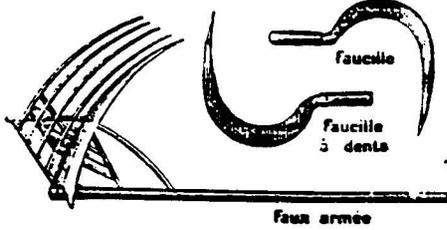
Enclumette



Coffin



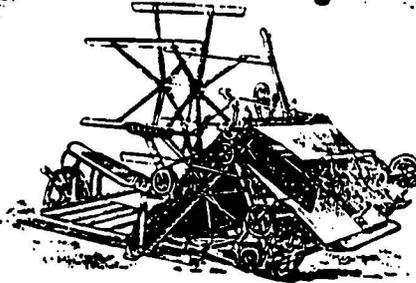
Moissonneuse-faucheuse



Faucille

Faucille à dents

Faux armée



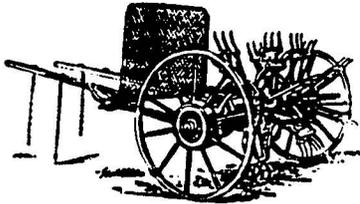
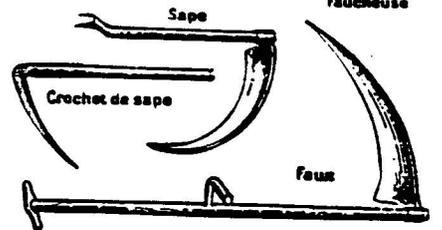
Moissonneuse-lieuse

Sape

Crochet de sape

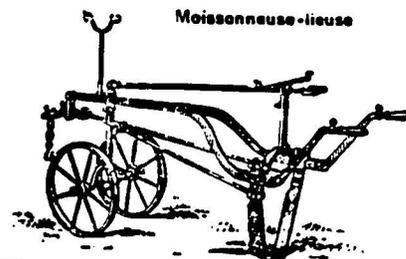
Faucheuse

Faux

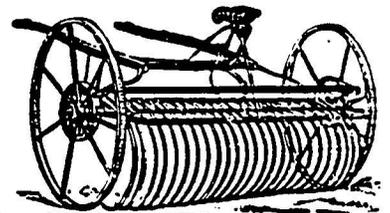


Fléau

Faneuse



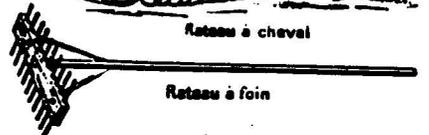
Arracheur de betteraves



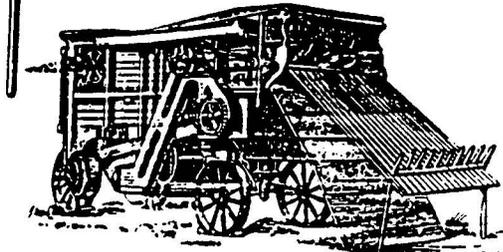
Rateau à cheval



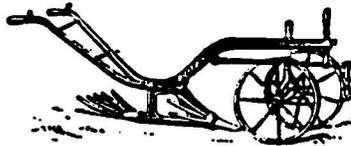
Fourche à foin



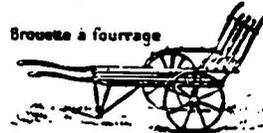
Rateau à foin



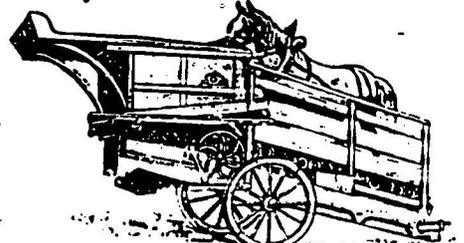
Batteuse



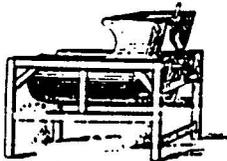
Arracheur de pommes de terre



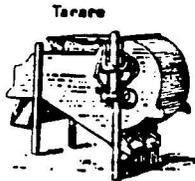
Brouette à fourrage



Batteuse à plan incliné



Trieur

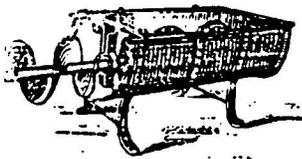


Tarete

Cribleur pour céréales

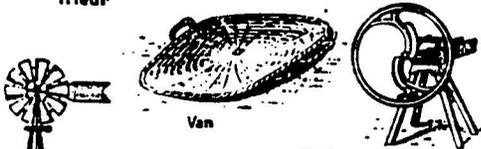
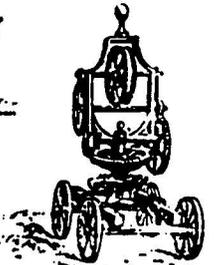


Coupe-racines



Vis d'Archimède

Moteur locomobile



Van



Moulin-paille

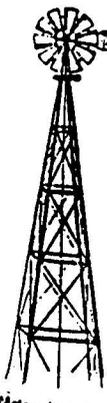


Manège à cheval

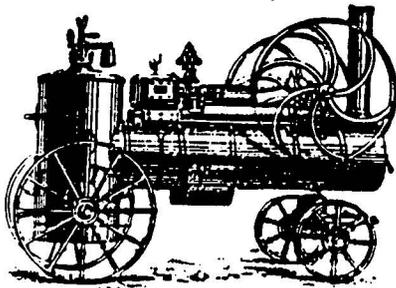
Petit crible



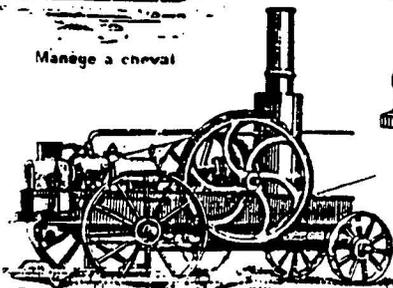
Moteur électrique



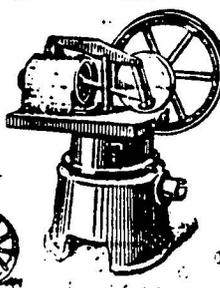
Moteur à vent



Locomotive à vapeur



Locomotive à pétrole



Moteur à air chaud

***Tout ce qui est possible passe à l'acte,
rien ne demeure oisif.***

***Abou Al Walid Ibn Rochd
dit Averroes (1126 - 1198)***

***A Nadia la courageuse ..
A Nacer ..***

PLAN DU MEMOIRE

AVANT PROPOS	I
RESUMÉS (Français, Anglais).....	II
INDEX DES TABLEAUX ET FIGURES.....	III
INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	1
I MÉTHODES DE CARACTÉRISATION DE L'ÉTAT STRUCTURAL DU SOL	3
I.1 Méthode d'étude du profil cultural	3
I.1.1 Analyse géométrique des opérations culturales et stratification du profil.....	3
I.2 Principes de caractérisation de l'état structural sous l'action des systèmes de culture.....	8
I.2.1 Approches morphologiques	9
II RAPPEL DU RÔLE DE L'ÉTAT PHYSIQUE ET STRUCTURAL SUR LE FONCTIONNEMENT DES SOLS CULTIVÉS, CONSÉQUENCES AGRONOMIQUES.....	14
II.1 Disponibilité de l'eau du sol	14
II.1.1 Concept de disponibilité.....	14
II.1.2 Incidences de la texture et la structure du sol	15
II.1.3 Appréciation du stock d'eau dans le sol	16
III NOTION D'ITINÉRAIRE TECHNIQUE.....	19
IV MATÉRIELS ET MÉTHODES	23
IV.1 Introduction	23
IV.2 ENQUÊTE: DIAGNOSTIC DE LA SITUATION RÉGIONALE.....	25
IV.2.1 Situation actuelle	25
IV.2.2 Modalités d'installation du blé.....	25
IV.2.3 Semis.....	28
IV.2.4 Facteurs limitants: Contraintes	30
IV.3 La maîtrise des techniques culturales: une nécessité	31
IV.3.1 Critères de choix des méthodes de travail du sol	32
V ACTIONS DES OUTILS DE TRAVAIL DU SOL SUR L'ÉTAT DU PROFIL.....	33
V.1 Principe d'action des charrues à soc et versoir	33
V.2 Principe d'action du cover-crop.....	34
V.3 Principe d'action du chisel	37
V.4 Principe d'action du rouleau lisse.....	37
VI DISPOSITIF EXPERIMENTAL.....	38
VI.1 Introduction	38
VI.2 Définition et obtention des états structuraux recherchés.....	38
VI.2.1 ITK appliqués aux parcelles expérimentales.....	38
VI.2.2 Choix des états structuraux souhaités.....	39
VI.2.3 Caractéristiques des états structuraux obtenus	41
VI.2.4 Méthode d'étude de la dynamique de l'eau dans le sol	44
VI.2.5 Suivi des états hydriques.....	44
VI.2.6 Climat de la campagne 1998-1999.....	45
VII ÉTATS STRUCTURAUX OBTENUS - CARACTÉRISATION	47
VII.1 Les profils culturaux.....	47
VII.1.1 Partition du sol expérimental	52
VII.1.2 Caractéristiques communes.....	52
VII.1.3 Autres approches de description.....	53
VII.2 Porosité moyenne du sol	60
VII.3 Profils hydriques.....	61
VII.3.1 Mode de dessèchement des profils obtenus.....	61
CONCLUSION GÉNÉRALE	71
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	73

AVANT PROPOS

L'origine de ce travail provient de sorties et d'observations que nous avons réalisées lors des déplacements agronomiques dans plusieurs régions, telles que la plaine de la Mitidja et la région de Mascara.

Cette expérience nous a permis de mettre en évidence la carence criarde de références pour les agriculteurs dans le domaine particulièrement complexe des relations entre le travail du sol, l'état du profil cultural et la conservation de l'eau.

En proposant ce thème à **M. AUBINEAU**, professeur responsable du laboratoire de Machinisme à l'INA P.G, nous savions qu'il allait accepter car, ses nombreux travaux prouvent qu'il maîtrise parfaitement ce domaine. Nous lui devons donc plusieurs questions de départ, et les premières idées de notre protocole expérimental.

C'est, en effet, **M. AUBINEAU**, lors de nos stages de courte durée au laboratoire de INA.P.G et également ses deux visites de travail à l'INES Agronomie de Blida, pour la mise en place du premier protocole expérimental, qui nous a :

- initié à la méthode de diagnostic, élaborée par **H. MANICHON**, basée sur l'observation et la caractérisation de l'état structural des couches anthropiques;
- guidé dans le choix des itinéraires techniques de travail du sol;
- orienté dans la conception des essais mis en place dans la station expérimentale de l'INES Agronomie de Blida puis à la station expérimentale de l'INES Agronomie du Centre Universitaire de Mascara.

Nos essais à la station expérimentale de l'INES agronomique de Mascara sous l'encadrement de **K. MEDERBAL**, responsable du Laboratoire des Systèmes Biologiques et de Géomatique au centre universitaire de Mascara, qui pris le relais de **M. AUBINEAU**, en vue de cerner les contours de ce travail, nous le remercions vivement d'avoir accepté de le suivre, en étant disponible quand cela est nécessaire.

Que Monsieur **A. HAMIMED**, Enseignant Chercheur au LASBG, reçoive l'expression de ma plus profonde reconnaissance pour la réalisation technique de ce travail accompli avec intelligence et sérieux.

Ce travail nécessitait, entre autre, un effort moral considérable et je tiens à remercier ici particulièrement mon épouse **Faouzia**, mes enfants **Mirvett**, **Med El Hadi**, **Dalal** et **Sid Ahmed** pour leur soutien indéfectible.

Je tiens enfin à remercier vivement Messieurs **B. REMINI**, **M. MEDDI**, **M. GHALI**, **L. ZELLA**, et **B. HAMMOUCHE** qui ont accepté de faire partie de notre jury de thèse.

RESUME

Ce travail visait à mettre en évidence l'influence des conditions de milieu sur la mise en place et la croissance du blé dans la région de Mascara.

Nous nous sommes intéressés particulièrement aux paramètres descriptifs liés à la croissance de la plante à savoir les états structuraux des sols obtenus.

Nous avons mesuré et comparé les variations d'humidité du sol dans quatre traitements d'états structuraux contrastés (itinéraires techniques) dans le but de permettre à long terme une modélisation de l'effet de l'état structural des couches anthropiques obtenues sur les fonctionnements hydriques.

La mise en correspondance des variations de teneur en eau du sol et la cartographie des profils culturaux montrent que ces différences entre traitements et la disponibilité en eau du sol sont dues aux choix réfléchis de l'itinéraire technique et aux dates d'intervention.

Mots clés : itinéraire technique - travail du sol - profil cultural - structure du sol - humidité du sol - bilan hydrique.

ABSTRACT

This work aimed to put in evidence influences some conditions of middle on the setting up and the growth of wheat in the region of Mascara.

We are interested particularly to the descriptive parameters linked to the growth of the plant to know the states [structuraux] of the obtained soils.

We measured and compared the variations of humidity of soil in four treatments of states contrasted [structuraux] (technical itineraries) in the goal of permitting long term a [modélisation] of the effect of the state [structural] of the diapers [anthropiques] gotten on the workings [hydriques].

The bets in correspondence of the variation of content in water of soil and the cartography of the profiles [culturaux] shows that these differences between treatments and the availability and u water soil is to the choices thought of the technical itinerary and to the dates of intervening.

Keywords : technical itinerary - soil work - crop profile - soil structural - soil moisture - moisture budget.

INDEX DES TABLEAUX :

Tableau 1 : Actions mécaniques au moment d'une opération: définition des compartiments (les volumes sont exprimés en % du volume de Ap) (MANICHON, 1988)	6
Tableau 2 : L'état interne des mottes (GAUTRONNEAU <i>et al.</i> , 1987)	10
Tableau 3 : Evapotranspiration potentielle: ITAF- Mascara (période de 25 ans).....	24
Tableau 4 : Itinéraires techniques appliqués aux parcelles expérimentales	39
Tableau 5 : Caractéristiques culturales et texturales des parcelles d'essai (19-20)	52
Tableau 6 : Limites moyennes entre horizons	58
Tableau 7 : Caractéristiques globales des couches travaillées des 4 traitements	60
Tableau 8 : Porosité moyenne du sol selon les ITK choisis.....	61
Tableau 9 : Localisation, méthode et effectifs des mesures de l'humidité	62
Tableau 10 : Humidité pondérale (%) selon les itinéraires techniques choisis et.....	64

INDEX DES FIGURES :

Figure 1 : Définition de compartiments (MANICHON, 1988).....	5
Figure 2 : La double partition d'un profil cultural (GAUTRONNEAU, 1987).....	7
Figure 3 : Schéma des interrelations entre états internes (MANICHON, 1982).....	10
Figure 4 : Unités morphologiques en L2 et L3 de H5	11
Figure 5 : Influence de la texture sur la rétention de l'eau dans le sol.....	15
Figure 6 : Influence de la succion sur la conductivité dans des sols de textures différentes (HILLEL, 1984) ..	15
Figure 7 : Influence de la structure sur la rétention de l'eau dans le sol.....	16
Figure 8 : Relevé d'un profil neutronique	18
Figure 9 : Réalisation théorique de l'état du profil jugé souhaitable	20
Figure 10 : Réalisation d'un état E_n au semis plus ou moins différent de l'état E_n souhaitable.....	22
Figure 11 : Schématisation de l'action du soc	34
Figure 12 : Etat du sol après le passage de la charrue à soc.....	35
Figure 13 : Etat du sol après le passage du cultivateur	35
Figure 14 : Les disques travaillent le sol en laissant un fond de labour ondulé	36
Figure 15 : Action des disques en terre sèche et peu cohérente.....	36
Figure 16 : Positionnement du profil d'étude et traces des roues de tracteur	40
Figure 17 : Dispositif expérimental.....	42
Figure 18 : Mesure de la densité apparente (technique des anneaux).....	43
Figure 19 : Courbe ombrothermique pour les données mensuelles de température et de pluviométrie pour l'année agricole 1998-1999 (station ITAF - Mascara)	46
Figure 20 : Observation du profil cultural: itinéraire technique N° 1.....	48
Figure 21 : Observation du profil cultural: itinéraire technique N° 2.....	49
Figure 22 : Observation du profil cultural: itinéraire technique N°3.....	50
Figure 23 : Observation du profil cultural: itinéraire technique N° 4.....	51
Figure 24 : Cartographie structurale du traitement N°1	54
Figure 25 : Cartographie structurale du traitement N°2	55
Figure 26 : Cartographie structurale du traitement N°3	56
Figure 27 : Cartographie structurale du traitement N°4	57
Figure 28 : Profil de dessèchement du sol en fonction des itinéraires techniques (22 janvier 1999)	65
Figure 29 : Profil de dessèchement du sol en fonction des itinéraires techniques (05 février 1999).....	66
Figure 30 : Profil de dessèchement du sol en fonction des itinéraires techniques (11 février 1999).....	67
Figure 31 : Profil de dessèchement du sol en fonction des itinéraires techniques (14 mars 1999)	68
Figure 32 : Profil de dessèchement du sol en fonction des itinéraires techniques (23 mars 1999)	69

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Position du problème

Les céréales constituent la principale production de l'agriculture algérienne. L'assolement céréalier occupe 6.000.000 d'hectares, soit 82% de la surface agricole utile (SAU) qui est de l'ordre de 7.750.000 ha.

En dépit de la pression d'une forte demande, des aides de l'Etat et des incitations (qui devraient constituer les prix payés aux producteurs), l'appareil de production en céréaliculture reste à nos jours faiblement productif.

Les volumes de production annuelle sont, certes, sujets à de fortes variations, en raison des aléas climatiques, mais en longues périodes (décade), on constate que les rendements moyens restent faibles par rapport aux besoins estimés à 100 millions de qx pour l'an 2000..

Avec une production moyenne annuelle de 18.000.000 de quintaux, le rendement global moyen des céréales n'a été que de 8 Qx/ha. Les rendements du blé dur et de l'orge ont été de 7.4 Qx/ha, tandis que celui du blé tendre était de 7.5 Qx/ha.

Des travaux de recherche effectués jusqu'à présent sur les céréales, leurs auteurs se sont surtout attachés à l'analyse de l'élaboration des rendements, à la recherche des géotypes adaptés et tolérants et dans un degré moindre au diagnostic des systèmes de culture dans lesquels les céréales en général se trouvent impliquées.

De nos jours, cette approche globale doit nécessairement tenir compte aussi d'autres paramètres qui montrent la nécessité de:

a) Proposer des itinéraires techniques de travail du sol qui tiennent compte du caractère hâtif du climat hivernal des zones céréalières identifiées en Algérie (HAMIDOUCHE, 1999) , en visant un placement correct du cycle végétatif par rapport aux précipitations, ce qui permettra, en particulier, d'éviter l'échaudage de fin de cycle. Cela supposerait, outre la précocité des travaux de préparation du sol et des semis, la mise en place d'outils adaptés, notamment ceux favorisant l'emménagement des eaux de pluie dans le sol.

b) Réussir l'implantation du peuplement. Il importe en effet pour obtenir un peuplement d'épis suffisant, d'avoir à la levée assez de plantes par mètre carré. Cette réussite passerait nécessairement par l'obtention d'un lit de semence ordonné, suffisamment divisé et retassé, ainsi que par le placement d'une dose de semence correctement calculée et à une bonne profondeur.

Dans ces conditions, il est aisé de comprendre que la mise en place des céréales soit problématique en Algérie. Les activités de recherches dans ce domaine sont extrêmement limitées et les éléments d'information dont nous disposons actuellement pour venir en aide aux agriculteurs sont en nombre très restreint.

En effet, outre le problème de choix des outils de travail du sol auquel est confronté l'agriculteur, celui-ci n'est pas maître de l'état du profil cultural des parcelles qu'ils cultivent: il n'est pas en mesure de juger de l'état de dégradation de la structure de ces parcelles (tassements excessifs, semelles de labour, etc...) et encore moins de chercher à améliorer celui-ci au moyen de techniques culturales appropriées.

Cette situation critique de la céréaliculture en Algérie nous amène alors à rechercher les modèles et des références en travail du sol, références qui devraient permettre la compréhension des relations et interactions: techniques culturales-états du sol obtenus avec le climat dont l'action sur le sol ne peut être tenue pour nulle, dans le délai souvent important qui s'écoule entre le labour et l'installation de la culture (H. MANICHON, 1986).

Démarche et objet de l'étude

Nous avons entrepris au niveau de la station expérimentale de l'INES Agronomie de Mascara un travail de recherche concernant l'implantation du blé tendre dans cette région.

Ce travail se situe à l'échelle de la parcelle travaillée, cependant, nous avons privilégié, dans un premier temps, de diagnostiquer la situation actuelle de la région à travers une enquête que nous avons effectuée sur les modes et les techniques de conduite du blé tendre.

Ce travail, préliminaire, nous a permis d'axer notre recherche sur les modalités actuelles de réimplantation de cette culture, était nécessaire afin de mesurer le compromis entre le profil souhaitable et celui obtenu au semis. C'est ce qui nous permettra de dégager des références et des décisions techniques telles que le choix des équipements et leur réglage, et le choix aussi des dates d'interventions.

L'approche directe du terrain est indispensable car, ce n'est qu'à son niveau que nous pourrons rendre compte des modifications que subit le profil cultural sous l'action des outils et du climat, l'objectif étant de déboucher sur la formulation de conseils aux agriculteurs, et comme le souligne H. MANICHON (1982), ces derniers auront besoin de preuve visuelle, afin d'être sensibles aux problèmes des états physiques du sol. D'où l'importance que revêt pour notre étude la caractérisation des états du sol obtenus entre l'état initial et celui obtenu (au semis). Or, d'après l'auteur cité précédemment, l'état structural au champ est discontinu et anisotrope, d'où les difficultés rencontrées pour caractériser la structure des couches du sol cultivé. Le choix de méthodes adaptées à l'étude des effets des itinéraires techniques, nous conduit à privilégier celles qui permettent de prendre en compte cette variabilité et d'en analyser le déterminisme.

Nous utiliserons deux méthodes pour notre étude:

- celle du profil cultural dans la version développée par H. MANICHON et qui permet de caractériser l'état structural en tenant compte de l'anisotropie,
- celle de l'analyse de l'espace poral qui est complémentaire de la description de la structure. les variables retenues pour le caractériser: masse volumique, porosité totale, indices des vides permettent, liées à des mesures de teneur en eau, d'établir le bilan en volume des trois phases. solide, liquide et gazeuse qui occupent généralement le volume de sol (P. STENGEL, 1990).

Une étape ultérieure de notre travail consistera à tenir compte de la variabilité des états de croissance des systèmes racinaires liés à l'état structural obtenu et leurs capacités à utiliser les réserves hydriques du sol.

Donc, l'objectif de notre travail consiste à analyser, à partir de différents états initiaux, selon différentes implantations du blé tendre, les relations sol-machines pour la mise au place du profil souhaitable pour la culture.

Nos variables seront, donc, les caractéristiques de l'état structural du profil cultural obtenu au semis pour l'application de différents itinéraires techniques de travail du sol, ainsi que le stockage de l'eau en relation avec la structure créée.

PARTIE I

ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE ETAT DES CONNAISSANCES SUR LA CARACTERISATION DES ETATS PHYSIQUES DU SOL

PARTIE I

ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE - ETAT DES CONNAISSANCES SUR LA CARACTERISATION DES ETATS PHYSIQUES DU SOL

I METHODES DE CARACTERISATION DE L'ETAT STRUCTURAL DU SOL

L'observation de la couche travaillée des sols cultivées (HENIN *et al.*, 1969), fait ressortir l'existence d'une grande variabilité spatiale de son état physique.

Ceci résulte en partie aux techniques culturales pratiquées, ce qui a entraîné de grandes difficultés à gérer l'état physique des parcelles et à rattraper d'éventuelles erreurs techniques. D'où la nécessité de mettre au point des modèles d'aide à la décision efficace pour le travail du sol.

Ceci suppose également l'existence d'une méthode d'observations de l'état physique du sol qui permettra:

- D'interpréter l'origine des états du sol obtenus qui dépendent en fait de la combinaison d'actions multiples, récentes ou plus anciennes, liées aux opérations culturales ou aux agents climatiques ;
- De caractériser les conséquences de ces états sur le fonctionnement du peuplement végétal. Une telle méthode, basée sur l'observation morphologique de l'état du profil cultural, a été proposée par MANICHON (1988).

1.1 Méthode d'étude du profil cultural

1.1.1 Analyse géométrique des opérations culturales et stratification du profil

La variabilité spatiale de l'état structural des sols cultivés n'est pas de nature aléatoire, il est donc possible de procéder à une partition du volume du sol examiné *in situ* sur la base de causes de variations connues *a priori* telles que:

- les actions des outils de travail du sol,
- le compactage par les pneumatiques de engins de traction.

Il est donc possible de délimiter un ou plusieurs horizons anthropiques au sein de *Ap*, correspondants aux effets des opérations culturales, le nombre et l'épaisseur de ces horizons dépendent des travaux réalisés avant l'observation.

Cependant, cette stratification verticale est insuffisante pour aboutir à des unités correspondantes à des processus d'évolution bien définis.

1. A cet effet, MANICHON *et al.* (1989), précisent que certaines interventions culturales entraînent inévitablement l'application de contraintes localisées au sein de ces horizons. C'est le cas des compactages par les roues des engins de traction.

Cette observation conduit à réaliser une deuxième partition du profil du sol, dans le sens latéral.

Cette partition vise à délimiter les volumes qui se distinguent par la nature (fragmentation ou compactage) et par l'intensité des contraintes mécaniques subies.

Cette stratification se réalise selon que l'on considère une seule opération culturale isolée, ou un itinéraire technique (SEBILLOTTE, 1979) dans son ensemble.

1.1.1.1 Cas d'une seule opération culturale

MANICHON (1988), a caractérisé l'équipement (tracteur et outil) par plusieurs données géométriques:

- “ t ” largeur de l'appui au sol du tracteur (et des roues de l'outil semi-porté ou traîné), elle est mesurée perpendiculairement à la direction d'avancement de l'engin,
- “ l ”: largeur de travail du sol,
- “ p ”: épaisseur du sol travaillé par l'outil.

Sur cette base, il est possible de définir quatre composantes (figure 1) correspondant aux différents cas possibles:

1.1.1.1.1 Opération ne comportant pas de travail du sol

(exemples: récoltes des fourrages, apports d'engrais,...), seuls existent les compartiments I (impact des roues du tracteur) et IV (aucune action directe) ;

1.1.1.1.2 Opération comportant un travail superficiel du sol

Dans ce cas, ils apparaissent en plus, les compartiments II, résultant des roues du tracteur suivi immédiatement d'une fragmentation par les pièces travaillantes de l'outil;

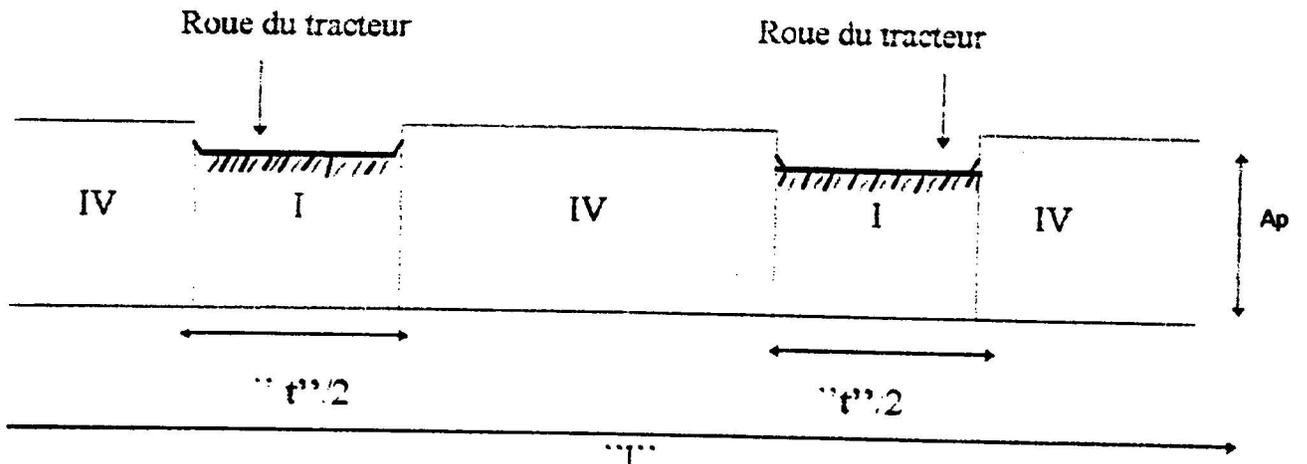
Le compartiment III résulte, lui, de la fragmentation seule lors du passage des roues.

Aussi, pour un passage d'un équipement donnée, le nombre et la localisation verticale et latérale des compartiments dans le profil seront aisément fixés.

D'autre part, l'importance en volume de chaque compartiment au sein de Ap est déterminée par la valeur des rapports “ t ” / “ l ” et “ p ” / P .

Et, selon la nature des équipements, ces valeurs sont très variables (tableau 1).

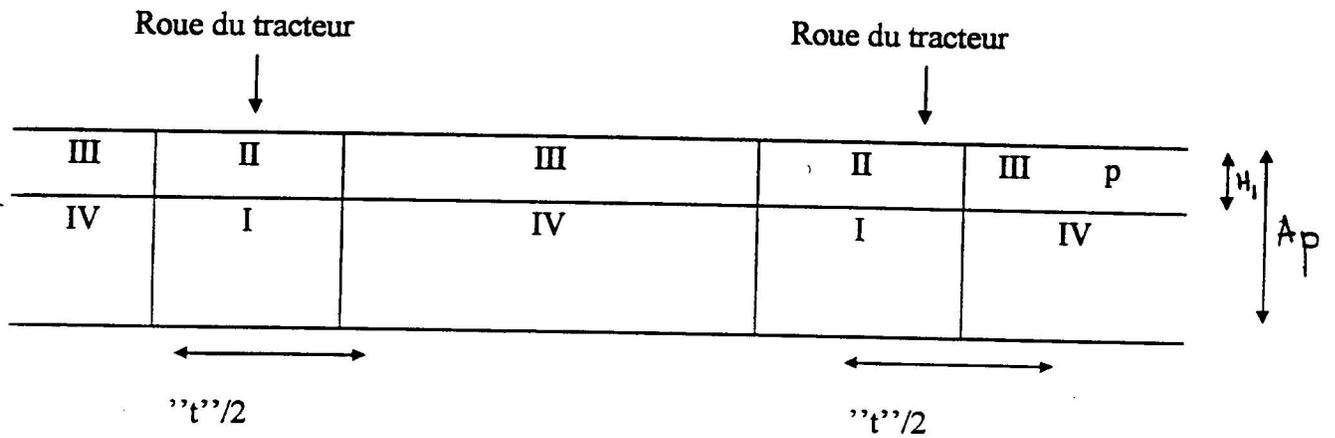
1- Roulage seul:



I: compactage

IV: aucune action

2- Travail superficiel:



II : Compactage + fragmentation

III : Fragmentation

Figure 1 : Définition de compartiments (MANICHON, 1988)

Tableau 1 : Actions mécaniques au moment d'une opération: définition des compartiments (les volumes sont exprimés en % du volume de A_p) (MANICHON, 1988)

Opérations	Compactage par les roues du tracteur		Fragmentation seule (III)	Aucune action (IV)
	Seul (I)	suivi de fragmentation (II)		
Fertilisation, semis, récolte ex: semoir maïs 4 rangs	t/l 0.25	0	0	$1 - t/l$ 0.75
Déchaumage, reprise de labour Ex: Canadien	$(t/l)(1-p/P)$ 0.30	$(t/l)(p/P)$ 0.10	$(1-t/l)(p/P)$ 0.14	$(1-t/l)(1-p/P)$ 0.46
Labour ex 1: (2) ex 2: (3)	$(t/l)(1-p/P)$ (roue de raie) 0.21 0.17	$(t/2l)(p/P)$ (roue de guéret) 0.31 0.25	$(1-t/2l)(p/P)$ 0.44 0.50	$(1-t/l)(1-p/P)$ 0.04 0.08

(1) $t/l = 0.40$; $p/P = 0.24$

(2) $t/l = 0.83$; $p/P = 0.75$

(3) $t/l = 0.67$; $p/P = 0.75$

(4) on ne tient pas compte du fluage lié au compactage de zones voisines.

l : largeur de travail ;

t : appui au sol par les roues ;

p = profondeur de travail du sol ;

P = épaisseur de A_p .

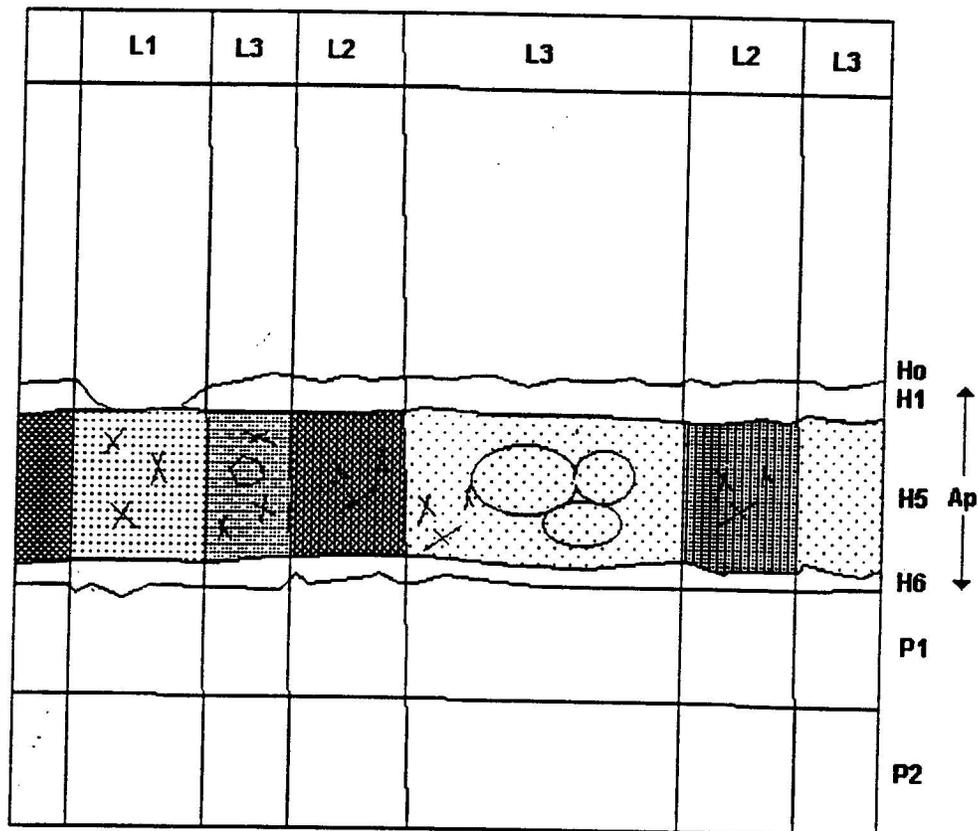


Figure 2 : La double partition d'un profil cultural (GAUTRONNEAU, 1987)

Commentaires :

Ho: La surface du sol

H1 à H4: Horizons de reprise de 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

P1 à Pn: Horizons pédologiques

1.1.1.2 Cas de plusieurs opérations culturales

Lorsque plusieurs opérations culturales ont été pratiquées, et que l'on veut réaliser une stratification, conformément aux principes de description de MANICHON *et al.* (1987), on doit choisir convenablement l'emplacement et la dimension de la fosse d'observation. Aussi, on tiendra compte des caractéristiques géométriques des outils, ainsi que de leurs directions d'intervention (figure 2).

1.1.1.2.1 Partition verticale

On identifie au sein de Ap les horizons dont les limites inférieures sont définies par les traces des pièces travaillantes des outils de travail du sol.

1.1.1.2.2 Partition latérale

On localise sur la face d'observation plusieurs " positions latérales " ayant subi ou non des compactages par les roues des engins ayant circulé sur la parcelle après le dernier labour.

Trois types de positions latérales peuvent être définies:

- a) *les positions L1* marquent les emplacements affectés par les roues après les derniers travaux du sol; leurs traces sont visibles en surface :
- b) *les positions L2* correspondent aux emplacements des pneumatiques ayant circulé entre le labour et la dernière opération d'ameublissement,
- c) *les positions L3* marquent les volumes du sol n'ayant pas subi de compactage après le labour.

Dans cet ordre d'idées, ROGER-ESTRADE (1990), précise que cette partition sert de cadre à la description de l'état structural en permettant l'analyse des facteurs ayant créé cet état (effets des opérations antérieures au labour, ou de chaque opération de l'itinéraire technique jusqu'à la date d'observation).

1.2 Principes de caractérisation de l'état structural sous l'action des systèmes de culture

Le concept de l'état structural se définit, pour un volume de sol donné, par les caractéristiques dimensionnelles et morphologique de ses constituants, et par celles de leur association dans le volume considéré (MANICHON, 1989).

Plusieurs méthodes peuvent être utilisées pour caractériser l'état structural sous l'action des systèmes de culture.

Ces derniers tels que définis par SEBILLOTTE (1978 et 1990), reposent sur la succession des cultures et des itinéraires techniques appliqués à chaque culture de la succession.

1.2.1 Approches morphologiques

Deux facteurs majeurs de structuration du sol peuvent être définis:

- les compactages, dont l'effet est de réduire plus ou moins fortement la porosité, et de créer des structures plus ou moins continues à partir d'états fragmentaires, donc c'est la porosité texturale qui est affectée (BENFREHA, 1980) ;
- les fragmentations, dont l'effet est de réduire le calibre des volumes continus et de modifier l'importance des vides structuraux préexistants.

Cette description qui repose sur l'observation morphologique des éléments structuraux, amène à distinguer deux niveaux d'organisation dans le domaine poral structural (MANICHON, 1982; GAUTRONNEAU *et al.*, 1987): les mottes, leur état interne et leur mode d'assemblage.

1.2.1.1 Niveau d'organisation structurale

a) Etat interne des mottes

L'observation au champ des faces de rupture des mottes prélevées dans le profil permet de distinguer trois états et ce, quelque soient le matériau et son état d'humidité. Ces états sont visuellement et tactillement identifiables (tableau 2 et figure 3):

- l'état Γ : correspond à des faces de rupture rugueuses et une porosité visible assez importante,
- l'état Δ : présente à la rupture de faces lisses, sans porosité structurale visible. Des mesures au laboratoire ont montré que les mottes Δ avaient une densité proche de la densité texturale. Cet état résulte de la cohésion des agrégats constitutifs sous l'action des contraintes mécaniques sévères, et dans l'état actuel des recherches, il semble que le phénomène de compactage, contrairement au tassement, n'est pas réversible (BENFREHA, 1980),
- l'état Φ : est proche de l'état Δ ayant évolué sous l'action d'alternances gonflement-retrait; dans ce cadre, ROGER-ESTRADE (1990), note que cet état n'existe que pour des taux d'argiles dépassant les 20 %.

Tableau 2 : L'état interne des mottes (GAUTRONNEAU *et al.*, 1987)

Etat interne	Principales caractéristiques
Γ	Les agrégats, dont la morphologie est variable, sont discernables dans les mottes, porosité structurale assez variable. Cohésion plus faible que pour Δ
Δ	Aspect continu. Les faces de fragmentations sont peu rugueuses, porosité structurale, résulte d'un compactage sévère d'origine anthropique (roues de tracteur) cohésion élevée en sec
Φ	Proche de Δ , mais contient des amorces de fissures.

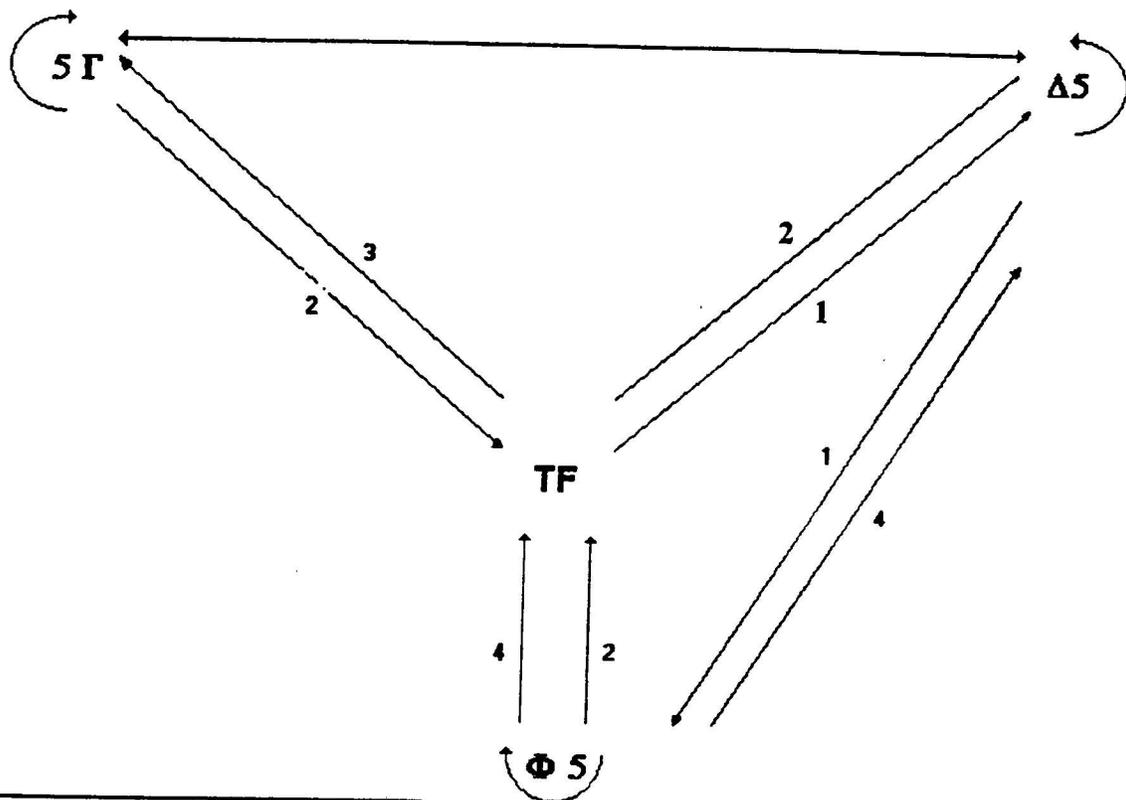


Figure 3 : Schéma des interrelations entre états internes (MANICHON, 1982)

Commentaires :

- 1- Création d'une structure continue.
- 2- Fragmentation par les outils.
- 3- Agglomérations (interactions climat-texture-faune), contraintes modérées.
- 4- Fragmentations par gonflements et retraits (interaction climat-texture).
- 5- Fluctuations sans changement d'état interne.

b) Mode d'assemblage des mottes

Le mode d'assemblage est défini par trois modalités:

- Lorsque dans le volume qu'on examine plusieurs mottes de dimensions comparables sont associées et "distingables", on parle d'états fragmentaires, en notant F si elles sont individualisées, SF dans le cas contraire ;
- Lorsqu'un seul élément structural constitue ce volume, on parle d'état massif (M) ;
- Entre ces critères, il existe un cas intermédiaire où les mottes ne sont plus aisément discernables sans que l'on puisse parler d'état continu.

Ainsi définis, les trois modes d'assemblages correspondent aux actions culturelles telles que les fragmentations, les compactages plus ou moins intenses (roues de tracteurs), mais aussi aux agents naturels (tableau 3)

c) Cartographie des états structuraux

A l'aide de cette classification à deux niveaux d'organisation et en utilisant la stratification établie par ROGER-ESTRADE (1990), on peut alors dresser une cartographie des états structuraux; il s'agit d'une représentation schématique de la variabilité spatiale de l'état physique au sein des couches anthropiques (figure 4).

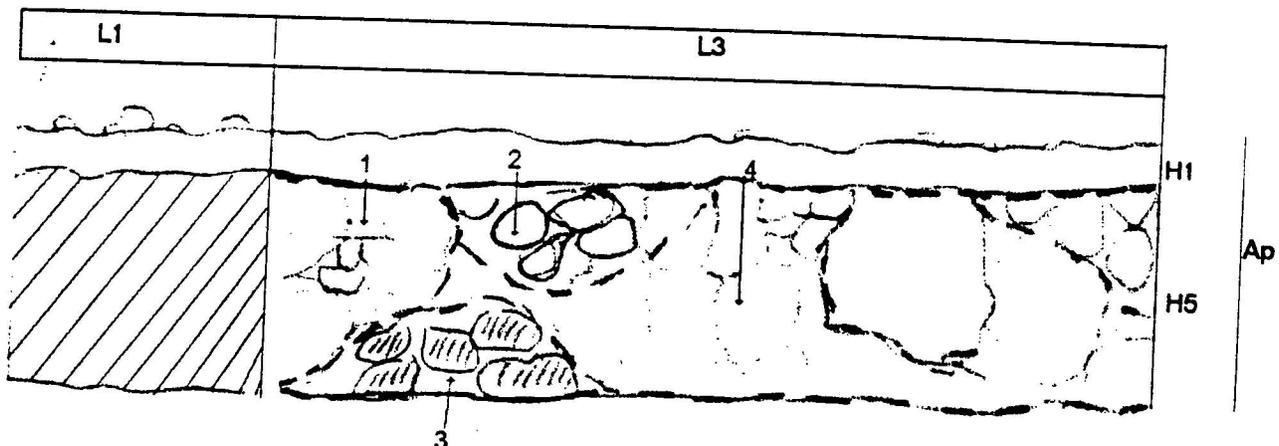


Figure 4 : Unités morphologiques en L2 et L3 de H5

1.2.1.2 Analyse de la porosité

1.2.1.2.1 Motivations et objectifs

Il est nécessaire de compléter la description de la structure très globale d'ailleurs par celle de l'espace poral afin de quantifier les effets des itinéraires techniques et des systèmes de cultures sur l'état d'un sol, par exemple avant et après le passage des outils. Les variables les plus fréquemment retenues pour la caractériser sont la masse volumique, les porosités.

Aussi, elles permettent l'estimation des variations de conductivité hydraulique en tenant compte des facteurs:

- Anthropiques d'une part, travail du sol et action de tassement et/ou de compactage ;
- Texturaux du sol et sa teneur en eau, d'autre part (BENFREHA, 1980).

Aussi, de nombreux résultats montraient l'existence de variabilité spatiale de l'état structural dans les couches anthropiques (SOANE *et al.*, 1971; FREDE, 1987) ou encore plus fréquemment, la résistance pénétrométrique (BILOT, 1982; MANICHON, 1982).

1.2.1.2.2 Analyse du système de porosité

MONNIER *et al.* (1973) a noté que la porosité est une caractéristique essentielle de l'état structural puisqu'elle détermine les conditions de circulation des fluides (air et eau) et de façon générale de fonctionnement du peuplement végétal cultivé.

Aussi, la retiendrons-nous comme caractéristique principale. Elle peut être exprimée en indice de vides totaux (e_T) à partir de la mesure de masse volumique (ρ_d) du volume à caractériser et de la masse volumique de la phase solide (ρ_s).

$$e_T = \frac{\rho_s}{\rho_d} - 1 \quad (1)$$

Les mesures de masse volumique porteront sur les unités morphologiques ou sur l'ensemble de la couche labourée.

Une partie de l'espace poral total est déterminée essentiellement par les caractéristiques des particules élémentaires et leur état d'hydratation. Elle est appelée porosité texturale (MONNIER *et al.*, 1973; STENGEL, 1979 et 1982). Son complément à la porosité totale est la porosité structurale.

C'est cette dernière qui est particulièrement affectée par le travail du sol, le compactage par les roues et les actions du climat.

Plus la taille des agglomérats terreux diminue, plus leur porosité est faible et tend vers la porosité texturale (MONNIER *et al.*, 1973).

Le volume de ces agglomérats les plus fins dépend de leur humidité.

Aussi, pour caractériser l'espace poral, il faut déterminer l'indice des vides structuraux (STENGUEL, 1979; MONNIER, 1982 ; STENGEL, 1982).

Manichon (1989), remarque que l'indice des vides structuraux peut se révéler être une donnée trop globale pour caractériser l'état structural, en particulier lorsque celui-ci est fragmentaire. Il convient, alors, de compléter cette analyse de l'espace poral par des niveaux d'échelle intermédiaires entre l'agrégat (qui fournit ce qui est intrinsèquement lié au matériau) et la couche du sol (ou, mieux, le compartiment tel qu'il a été défini plus haut).

Ainsi, à une humidité donnée, l'indice des vides structuraux (e_s) s'écrit:

$$e_s = \rho_s \frac{\rho_{dwt} - \rho_d}{\rho_{dwt} \cdot \rho_d} \quad (2)$$

avec ρ_{dwt} = masse volumique texturale à l'humidité w

II RAPPEL DU ROLE DE L'ETAT PHYSIQUE ET STRUCTURAL SUR LE FONCTIONNEMENT DES SOLS CULTIVES, CONSEQUENCES AGRONOMIQUES

En interaction avec le climat, une culture (espèce végétale-technique culturale) modifie l'état du milieu (SEBILLOTTE, 1986).

En effet, le précédent cultural, et plus globalement le système de culture notamment les itinéraires techniques de travail du sol, donnent naissance à des conditions de milieux spécifiques, influençant notamment la dynamique de l'eau.

II.1 Disponibilité de l'eau du sol

II.1.1 Concept de disponibilité

Classiquement, l'eau disponible est la quantité d'eau comprise entre la capacité de rétention du sol (C.R) et le point de flétrissement permanent (PFP) pour un volume de sol exploré par les racines.

Ce volume d'eau dépend de paramètres physiques du sol définissant les limites d'extraction par les racines (HILLEL, 1984).

D'autre part, l'eau disponible donc extractible par la plante dépend:

- de la conductivité hydraulique de l'eau en relation avec le potentiel hydrique du sol;
- de la césibilité du sol en eau ;
- de la densité racinaire ;
- du fonctionnement racinaire à savoir que l'absorption radiculaire est contrôlée par le niveau de perte d'eau de la plante (BEGE *et al.*, 1976).

II.1.2 Incidences de la texture et la structure du sol

La courbe caractéristique de l'eau-sol est fortement influencée par la texture du sol (figure 5).

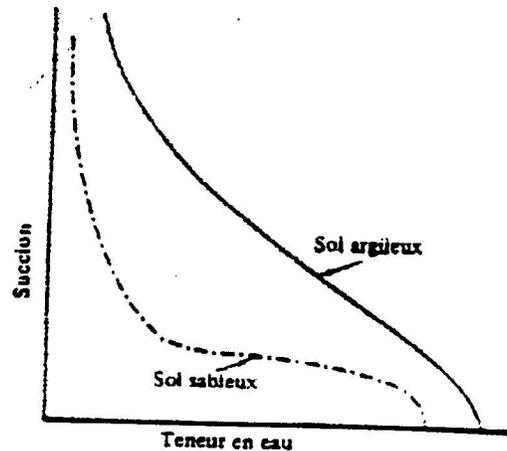


Figure 5 : Influence de la texture sur la rétention de l'eau dans le sol (HILLEL, 1984)

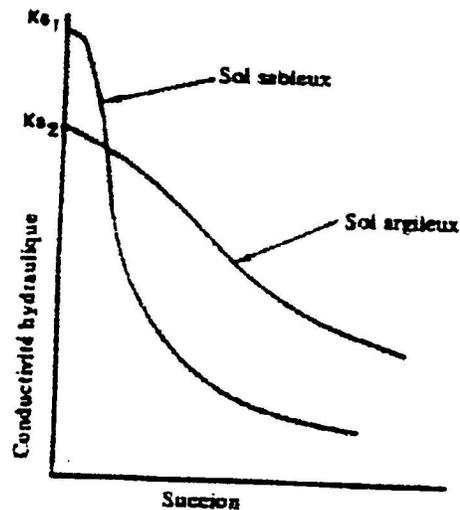


Figure 6 : Influence de la succion sur la conductivité dans des sols de textures différentes (HILLEL, 1984)

Les sols argileux présentent des teneurs en eau plus élevées quelque soit la succion matricielle. De plus, ils peuvent assurer un régime de transpiration pendant un laps de temps plus important qu'un sol sableux du fait d'une conductivité hydraulique plus élevée en condition de sol non saturé (figure 6).

La quantité d'eau retenue à des valeurs basses de la succion matricielle dépend principalement de l'effet capillaire et de la distribution des pores. Elle est en cet état fortement influencée par la texture du sol (figure 7).

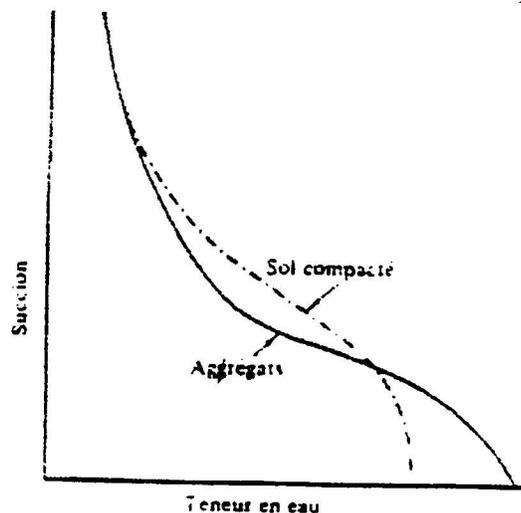


Figure 7 : Influence de la structure sur la rétention de l'eau dans le sol (HILLEL, 1984)

Dans l'horizon labouré, BLACKWELL *et al.* (1985), constatent une décroissance du potentiel hydrique de l'eau en sol compacté augmentant légèrement la disponibilité de l'eau pour la plante.

Par ailleurs, la teneur en eau croît avec la macroporosité des mottes. Le taux de saturation de la porosité est plus élevé pour les mottes Δ (Curmi, 1985).

II.1.3 Appréciation du stock d'eau dans le sol

L'eau dans le sol est caractérisée par sa teneur mais aussi par son état énergétique. Mais ce sont les techniques culturales qui influencent directement sur la variabilité de la porosité structurale et par là même sur le stock d'eau du sol ces variations se répercutent sur la capacité de rétention du sol. HILLEL (1971), notait l'influence directe de la dynamique de l'eau dans le sol, ce qui se traduit par une variation du stock d'eau.

II.1.3.1 Mesure de la teneur en eau du sol

II.1.3.1.1 Méthode gravimétrique

Elle consiste à prélever des échantillons de sol à la tarière suivant différents horizons du profil. La mesure des poids humide et sec (séchage à l'étuve à 105°C pendant 48

heures) détermine l'humidité pondérale (w) des échantillons soit le rapport du poids d'eau au poids de terre sèche:

$$w = \frac{m(\text{eau})}{M(\text{sol})} \quad (4)$$

D'autre part, ce taux d'humidité peut s'exprimer aussi par l'humidité volumique qui est définie par le rapport du volume d'eau au volume apparent du sol (HALLAIRE, 1985):

$$\Phi = \frac{V(\text{eau})}{V(\text{sol})} \quad (5)$$

Ces deux quantités sont reliées par:

$$\Phi = d_a \cdot w \quad (6)$$

avec d_a = densité apparente du sol.

Cette méthode classique est destructrice. Les transports et pesées répétées entraînent inévitablement des erreurs systématiques. Dans ce contexte, Hillel (1984), la qualifiée de méthode arbitraire.

II.1.3.1.2 Méthode neutronique

Elle consiste en la détermination directe de l'humidité volumique du sol par un humidimètre à neutrons. Elle utilise le phénomène de "diffusion élastique" des neutrons, c'est-à-dire, le ralentissement de neutrons rapides sous l'influence essentielle des noyaux des atomes d'hydrogène, principalement présentés sous forme H_2O dans le sol.

Le principe de la méthode de la sonde à neutrons consiste à introduire un tube vertical installé à demeure dans le sol une sonde comportant :

- une source d'émission de neutrons rapides ;
- un récepteur-capteur de neutrons lents.

Les neutrons rapides, dans leur rencontre avec les atomes d'hydrogène, sont dispersés dans toutes les directions à l'état de neutrons lents; ainsi, le nombre de neutrons lents comptés par minute au voisinage de la source est d'autant plus élevé que le sol est plus humide.

Il s'agit là, d'une méthode onéreuse mais particulièrement adaptée aux études de bilan hydrique et à la conduite de l'irrigation (figure 8).

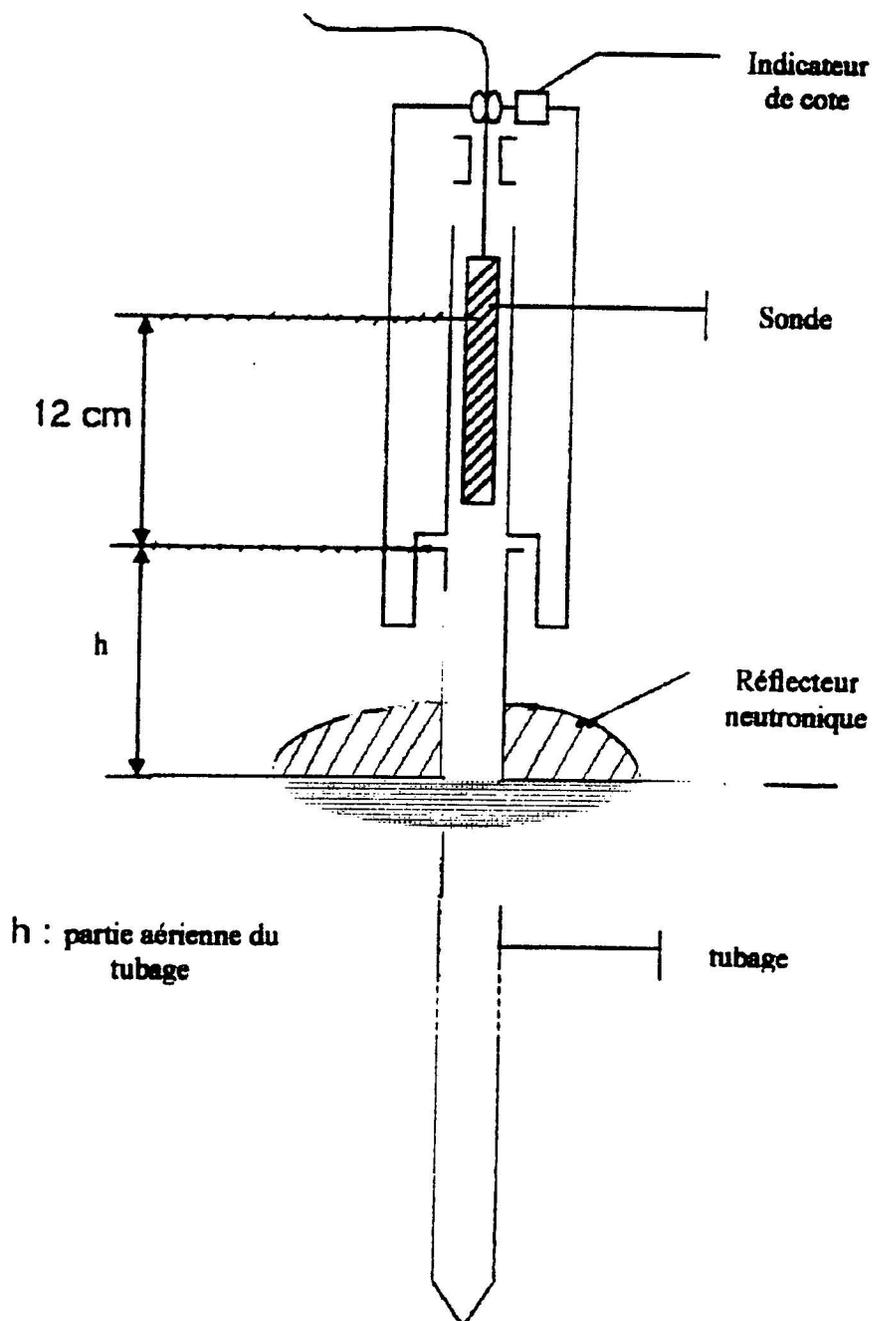


Figure 8 : Relevé d'un profil neutronique

Notons que la mesure du potentiel capillaire de l'eau, à l'aide de tensiomètre, donne pour information complémentaire l'état énergétique es profils hydriques et leur variation dans le temps (SEBILLOTTE, 1984). Ces tensiomètres sont la base technique des systèmes d'irrigation actuels. A culture et sol donnés peut être définie une valeur de sécurité du potentiel capillaire pour une bonne alimentation en eau de la plante.

Dans le cas où la pression hydrostatique du tensiomètre atteint cette valeur, l'irrigation est déclenchée.

II.1.3.2 Variation du stock d'eau disponible dans le sol

La variation du stock d'eau disponible est déterminée *a posteriori* et fait intervenir la quantité d'eau perdue par le couvert végétal, l'évapotranspiration réelle (ETR), limite inférieure du stock d'eau disponible.

La connaissance des profils hydriques suivant les deux grandeurs, teneur en eau et potentiel capillaire, permet l'approche du bilan hydrique (DAUDET *et al.*, 1977).

Pour une période Δt donnée, l'équation du bilan hydrique s'écrit:

$$[\Delta S]_0^Z = P + I \pm r - ETR - \Phi_Z \cdot \Delta t$$

Avec:

$P + I$: somme des pluies et de l'irrigation (mm)

$\pm r$: apport par ruissellement (mm)

ETR : évapotranspiration réelle (mm)

Φ_Z : flux d'eau moyen à travers la côte Z (mm/j)

Ainsi, la disponibilité en eau du sol demande, pour sa connaissance, les informations suivantes:

- Des profils de teneur en eau ;
- Degré et densité de la colonisation racinaire aux périodes clés du cycle végétatif, définissant le profil racinaire de la culture (TARDIEU, 1984) ;
- Description de la texture et particulièrement de l'organisation structurale avec ces caractéristiques hydriques.

II.2 Conclusion

L'état hydrique et son évolution annuelle ont des effets directs sur la production agricole. Cet état est à tout instant sous la dépendance du climat et de l'état structural du sol obtenu.

Notre étude fera cependant apparaître bien des techniques culturales par lesquelles on peut accroître l'extension du système racinaire et, par voie de conséquence, la réserve effectivement disponible en eau du sol.

III NOTION D'ITINERAIRE TECHNIQUE

C'est une " suite logique et ordonnée de techniques culturales pour une espèce végétale donnée " (SEBILLOTTE, 1978 et 1989).

Ainsi, on peut définir plusieurs itinéraires techniques différents pour une espèce végétale donnée, en prenant en compte:

- Ses exigences dans le milieu ;
- Les objectifs de production que l'on a et les moyens que l'on peut mettre en œuvre;
- L'état du milieu résultant de l'histoire de la parcelle (la succession des cultures et des itinéraires techniques appliqués à chacune définissant le système de culture de la parcelle).

Donc, pour concevoir un itinéraire technique de travail du sol, il faut combiner au mieux les différents éléments qui déterminent l'état du milieu et leurs interactions.

Pour le cas des techniques de travail du sol qui, au sein des itinéraires techniques, ont des effets multiples sur l'état de la parcelle. Cette démarche est illustrée par la figure 8:

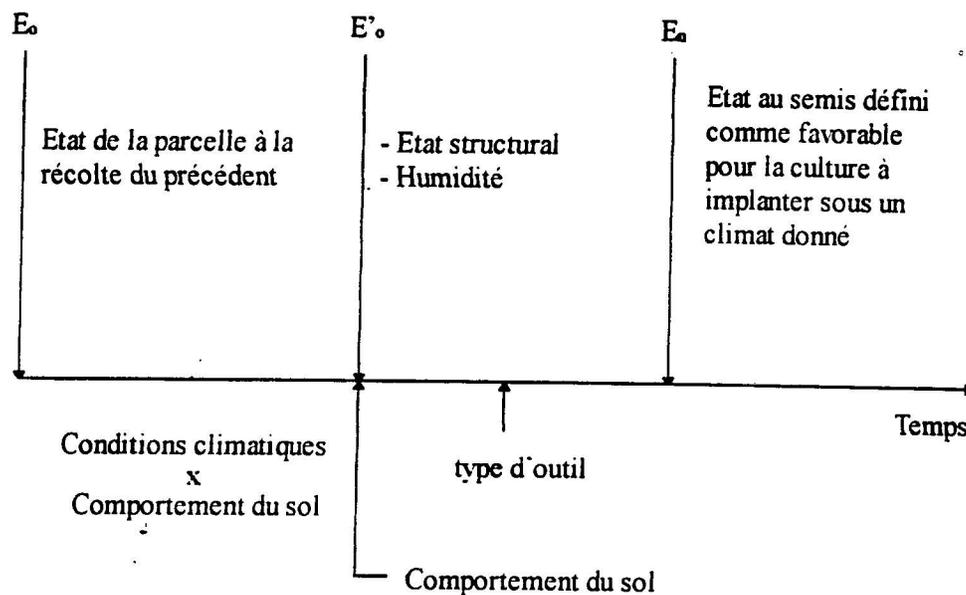


Figure 9 : Réalisation théorique de l'état du profil jugé souhaitable

Il est clair, comme l'a noté SEBILLOTTE (1975) ; Coulomb *et al.* (1990) et AUBINEAU (1990), que:

- Le profil évolue depuis l'état initial E_o jusqu'à l'état E_n sous l'action du climat et des outils ;
- Les effets cumulatifs liés aux effets précédents successifs sont interdépendants ;
- L'état du sol (état structural, humidité) conditionne l'effet du climat ou de l'outil au moment où ils agissent.

Pour cela, l'état E_o joue un rôle particulièrement déterminant, il est très dépendant du système de culture pratiqué; cependant, l'état final E_n réalisé au semis de la culture peut être différent de l'état E_n souhaitable, fixé comme objectif (figure 9):

E_n souhaitable: défini par les exigences de la culture ;

E_n réalisable: défini par les possibilités de l'exploitation (équipement, assolement, main d'œuvre) ;

E_n réalisé: défini par les conditions climatiques de l'année.

A ce stade d'étude, un diagnostic s'avère nécessaire car il permettra de mesurer le compromis réalisé entre E_n souhaitable et E_n réalisé.

En cas où la différence entre les deux états s'avère trop grande, et si les conditions n'ont pas été exceptionnelles, donc, on peut mettre en cause l'organisation de l'exploitation et les techniques agricoles de travail du sol, telle que l'adaptation des équipements et une bonne réflexion pour une utilisation raisonnée des outils dans le temps (figure 10).

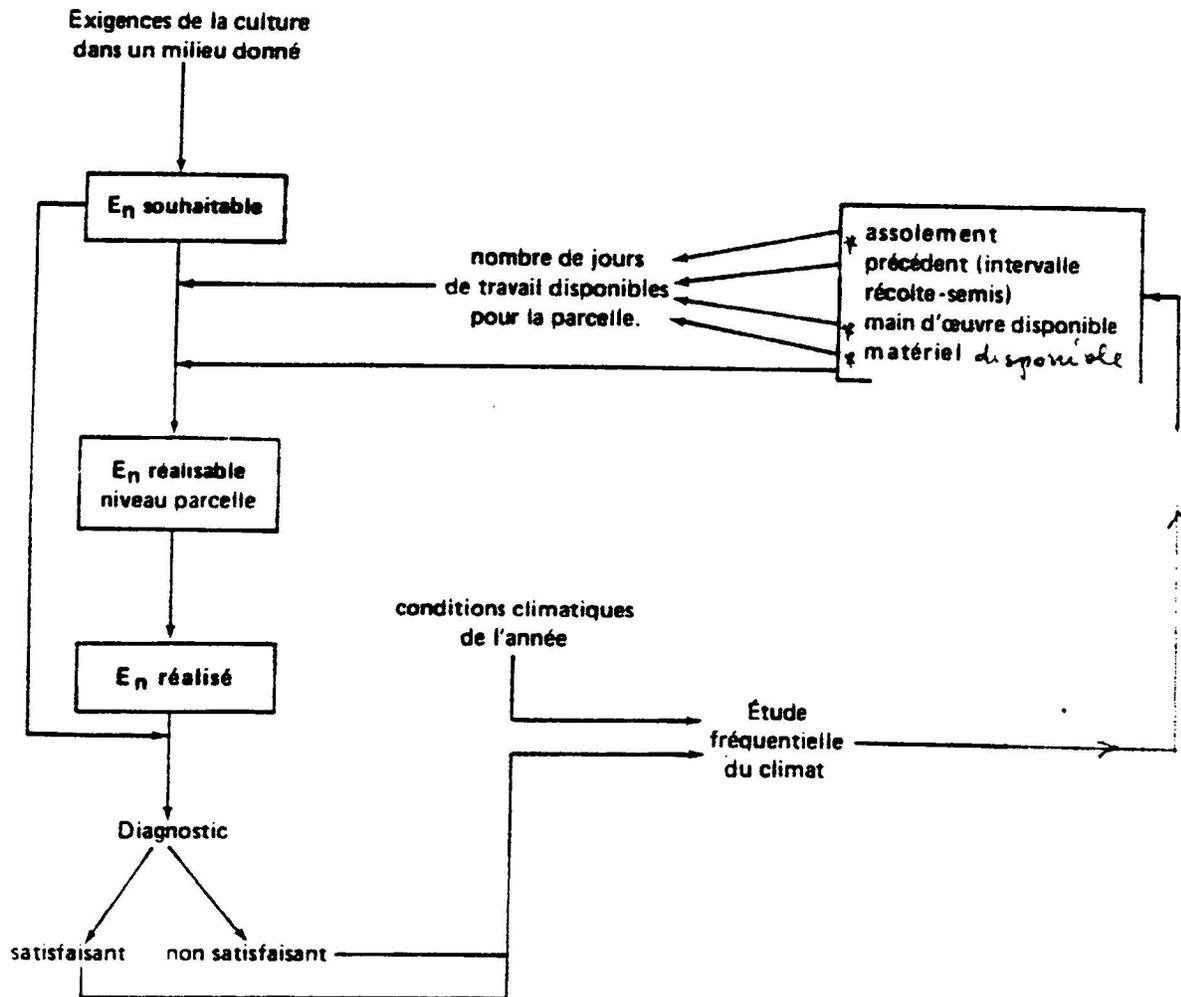


Figure 10 : Réalisation d'un état E_n au semis plus ou moins différent de l'état E_n souhaitable

PARTIE II

MATERIELS ET METHODES

IV MATRIELS ET METHODES

IV.1 Introduction

La mise en place d'un programme de recherche sur l'adaptation des séquences techniques de travail du sol, aux caractéristiques régionales et la détermination de l'adaptabilité du matériel disponible sur le marché, en vue de la définition et modélisation d'une gamme d'outils type, constitue une priorité qui mérite une attention toute particulière.

C'est dans ce cadre que se situe l'enquête agronomique (souvent il s'agissait de sorties pédagogiques dans le cadre de l'enseignement du module de Machinisme Agricole et Travail du sol) que nous avons effectuées dans la région de Mascara, sur la conduite des cultures céréalières. L'objectif assigné à nos sorties agronomiques était d'analyser les pratiques des agriculteurs:

- d'une part, afin d'identifier les pratiques actuelles de la mise en place du blé dans la région ;
- d'autre part, afin de connaître les contraintes et les insuffisances relatives à ces pratiques d'implantation du blé.

Avant d'aborder l'étude, notons que le climat de la région de Mascara et selon les diagrammes ombrothermiques peut être considéré comme semi-aride à hiver plus ou moins tempéré. Ses principales caractéristiques se résument comme suit:

Quotient pluviothermique d'Emberger :

$$Q_2 = 2000P/M^2 - m^2$$

M = Température moyenne du mois le plus chaud (°K);

m = Température moyenne du mois le plus froid (°K);

P = moyenne annuelle de la pluviométrie (mm).

En région méditerranéenne, si ce quotient est supérieur à 100, le climat est dit humide; inversement, si ce quotient est inférieur à 100, le climat est qualifié de sec et aride.

Pour la station de l'ITAF-Mascara, le quotient est $Q_2 = 47,50$; celui-ci étant inférieur à 100, et c'est ce qui caractérise un climat sec et aride.

L'évapotranspiration potentielle (ETP):

L'ETP (mm/mois) a été évaluée suivant deux formules:

- La formule de Blaney&Criddle ;
- La formule de Turc.

Les résultats obtenus (tableau 3), montrent que les valeurs de l'ETP sont variables selon le choix de la méthode, ceci prouve les difficultés à opter pour telle ou telle formule de l'ETP pour une zone climatique donnée:

Tableau 3 : Evapotranspiration potentielle: ITAF- Mascara (période de 25 ans)

Méthode	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc	Total
TURC	34.94	46.00	74.59	97.84	125.7 5	1427 4	159.3 0	144.7 2	115.1 6	80.08	47.43	35.15	1102.80
BLANEY & CRIDDLE	67.18	70.07	88.80	102.0 4	120.6 0	142.6 1	158.8 4	149.8 0	124.2 1	101.9 9	77.39	68.88	1272.00

Formule de Blaney-Criddle:

$$ETP = K . f = K(45,7 . t + 813) P/100 \quad [\text{mm/mois}]$$

Formule de Turc:

$$ETP = c \times K (I_g + 50) t/t+15 \quad [\text{mm/mois}]$$

En prenant compte du diagramme ombrothermique, nous remarquons nettement deux saisons, deux saisons, qui caractérisent notre région d'étude:

- une saison sèche s'étalant du moi de mai au mois de septembre ;
- une saison humide en hiver, avec souvent de fortes pluies en automne et au début du printemps, cependant ces pluies sont irrégulières.

IV.2 ENQUETE: DIAGNOSTIC DE LA SITUATION REGIONALE

IV.2.1 Situation actuelle

L'enquête que nous avons menée fait intervenir de façon complémentaire une enquête orale auprès d'un échantillon d'exploitants sur les itinéraires techniques (ITK) de travail du sol appliqués et aussi des observations au champ sur les états des lits de semences obtenus.

IV.2.2 Modalités d'installation du blé

IV.2.2.1 Préparation du sol

Avant d'aborder les techniques agricoles proprement dites d'installation de la culture du blé dans la région de Mascara, les constats suivants s'imposent:

- Malgré les connaissances acquises en céréaliculture (sensibilisation des agriculteurs à l'utilisation des intrants), on constate des faiblesses criardes en matière de travail du sol et de façons culturales.

Ainsi, on constate depuis la généralisation de l'utilisation du *cover-crop*, en raison de certains avantages qu'il procure (travail rapide, réglage et emploi faciles) que les terres ont tendance à être mal travaillées:

- Ameublissement souvent trop poussé, terre fine en proportion importante et souvent à la surface du sol
- Travail très superficiel en sol dur avec formation d'une couche lissée, semelles en conditions humides. Par ailleurs et suite aux façons inadaptées, les adventices, folle avoine et brome en particulier envahissent la majorité des parcelles,
- indépendamment de la taille des exploitations visitées et de la disponibilité en matériel agricole, il est clair que les agriculteurs manquent de références pour comprendre le comportement du sol sous l'action des outils (ITK assez standardisés, pas ou peu de liaison entre le type de sol et le type de préparation du sol), pour décider des interventions de travail du sol, notamment pour les reprises (date et nombre de façons).

Aussi, la sensibilisation des agriculteurs sur l'évolution que subit le profil cultural (outils et climat) depuis l'état initial jusqu'à l'état final (au semis) est nécessaire.

a) *Types de séquences utilisées*

FENECK *et al.* (1977), notaient que la gamme réduite d'outils utilisés conduit nécessairement à adapter les itinéraires techniques de travail du sol assez standardisés et ce, quelque soient les états physiques initiaux du sol. Toutefois, nous avons noté trois façons de préparation du sol dans la région de Mascara (utilisées aussi bien pour l'installation des céréales que les légumes secs):

- Façon simplifiée: araire ou charrue métallique - semis à la volée - recouvrement à l'araire: c'est le cas des zones montagneuses et accidentées (Béni-Chougrane). Cette situation est caractéristique des zones non mécanisées de l'échantillon (traction animale seule),
- Façon: *cover-crop* - semis - *cover-crop*: cette séquence est venue, en réalité, remplacer l'itinéraire traditionnel: araire - semis - araire. Mais la faible efficacité du pulvérisateur pour travailler le sol en conditions sèches, fait que celui-ci ne peut être utilisé qu'après les premières pluies automnales. Ce type de préparation du sol (sans travail profond) se rencontre dans la quasi-totalité des exploitations disposant d'un tracteur de moyenne puissance et de *cover-crops* (8/16 ou 10/20).
- Charrue à soc - reprise au *cover-crop*: C'est le cas de quelques rares exploitations pourvues de moyens matériels efficaces (matériel de traction, matériel de labour et reprise du labour). Les labours sont réalisés sur 18 à 22 cm de profondeur.

De ce bref aperçu sur les modes d'installation des céréales en général, il ressort ce qui suit:

- Ampleur des préparations du sol sans travail profond: En tenant compte des précédents culturels, les résultats de l'enquête montrent que 90 % des parcelles où une culture de printemps (pois-chiche, fèves,..) précède le blé n'ont pas été retournées, alors que 35 % seulement des parcelles ayant porté une culture d'hiver sont dans le même cas. L'une des raisons ayant conduit à cet état, comme le soulignent les agriculteurs, le manque et/ou la vétusté du matériel de traction, le manque d'outils aratoires adaptés pour faire éclater les sols très cohérents.

Quant au nombre de façons au *cover-crop* avant le semis, il varie de deux à trois selon l'importance des premières pluies automnales.

Dans un autre domaine, la lutte contre les adventices et l'affinement du lit de semences constituent les objectifs visés par l'utilisation généralisée de cet outil.

- **Utilité des labours précoces** : Le labour permet, comme le soulignent beaucoup d'auteurs, d'enfouir les résidus organiques en vue d'améliorer la fertilité du sol, de permettre une reprise plus rapide des travaux à l'automne et de réduire le ruissellement lors des premières pluies.

Néanmoins, et pour certaines spéculations de printemps sur jachères surtout, le labour est pratiquement systématique.

- Dans toutes les séquences inventoriées, on notera que, nous n'avons pas relevé de préparation au Chisel. Selon les agriculteurs, l'emploi de cet outil en conditions sèches et en utilisant un tracteur de moyenne puissance aboutit inévitablement à un travail superficiel (grattage du sol).

Aussi, nous avons remarqué l'absence quasi-totale des rouleaux et des herses. Leur absence, dont l'action serait à même d'améliorer l'état du lit de semences, est la conséquence d'un équipement très peu diversifié.

- Il est enfin important de souligner que ces types de préparations du sol pour le blé sont en fait communes à toutes les cultures, sur tous les types de sol et à des humidités édaphiques très différentes.

b) Périodes et conditions de réalisation de travaux

Hormis les terres laissées en jachère, travaillées pour la plupart d'entre elles en septembre, la réalisation des labours précoces juste après la récolte du précédent cultural n'a pas été remarquée dans notre échantillon. Pourtant, cette pratique est nécessaire pour emmagasiner l'eau, et comme nous l'avons souligné, cela faciliterait la reprise à l'automne (évolution de l'état structural du sol sous l'effet du climat).

Pour ce qui est du reste des parcelles, la décision de ne faire démarrer les travaux qu'après les premières pluies automnales, se justifie d'une part, par l'apport que constituent les chaumes au cheptel en cette période de soudure, d'autre part, par la difficulté de travailler un sol que la sécheresse estivale a rendu très cohérent (absence d'outil aratoire adéquat et faiblesse de la puissance de traction).

Il est à noter aussi une concentration des travaux du sol (appelée communément campagne labours-semilles): labours, reprise des labours et premières façons croisées aux pulvérisateurs, en conditions sèches, à la 3ème décennie du mois d'octobre et au début du mois de novembre. Généralement, le temps d'attente entre les façons aux *cover-*

crops est d'une dizaine de jours; le deuxième passage sert en général à l'enfouissement des engrais de fond, le troisième à l'affinement des lits de semences.

Les temps des travaux: Pour les agriculteurs rencontrés, le principal avantage que procure la traction mécanique est la vitesse d'exécution des travaux. En effet, la vitesse de travail leur permet entre autre de faire plusieurs façons de préparation en automne, et c'est pour aller plus vite avec des tracteurs de puissance moyenne (65 CV) que ces même agriculteurs ont adopté le *cover-crop* (PAPY, 1977).

IV.2.3 Semis

IV.2.3.1 Dates et modes de semis

Les opérations de semis connaissent un étalement allant du début du mois de novembre à la mi-janvier avec un maximum en décembre. Généralement, le semis précoce concerne des parcelles travaillées dès la récolte du précédent cultural et reprises assez tôt.

Aussi, des disponibilités en matériel, notamment les semoirs en ligne, sont déterminantes quant à la réalisation des semis précoces. La mécanisation (matériel en propriété commune: c'est le cas de la station expérimentale de Mascara) offre, en effet, plusieurs possibilités:

- une plus grande rapidité d'exécution des travaux de reprise et par conséquent une installation plus précoce du blé ;
- la possibilité d'améliorer l'affinement des lits de semences, condition d'une bonne humectation des graines ;
- enfin, la possibilité également, en cas de pluies tardives, de semer en sec.

Pour ce qui est de la période de semis de pointe (décembre), la raison qui justifie cette pratique est que les semis précoces risquent plus l'envahissement par les mauvaises herbes que les semis tardifs. Or, une telle pratique accroît les risques de déficit hydrique de l'échantillon en fin de cycle.

Le mode de semis le plus pratiqué dans la région est le semis à la volée manuelle suivi d'un passage de *cover-crop* nous avons également deux autres variantes dans la technique de semis à la volée:

- utilisation d'un épandeur d'engrais en ligne ou l'utilisation d'un épandeur d'engrais centrifuge. Le recouvrement des graines, dans le cas précédent, est assuré par un

passage de *cover-crop*; quant au semoir par ligne, il n'est pas généralisé, plutôt il a connu un déclin depuis l'entrée en application du nouveau système agricole.

IV.2.3.2 Etat structural des lits de semences

Nous nous sommes limités à des observations morphologiques de l'état de surface de quelques sites de l'échantillon. Il s'agit de parcelles labourées, reprises au pulvérisateurs et d'autres travaillées uniquement au *cover-crop*. De ces observations morphologiques ressort le constat général suivant:

Les lits de semences obtenus sont souvent creux, parfois constitués de terre fine, parfois de mottes moyennes à grosses; présence, parfois, de résidus végétaux.

Quant à l'obtention de lits de semences fins (état structural fragmentaire, TF >> M, classe dominante des mottes: 3-4 cm de Φ , très peu de résidus végétaux), il s'agit en fait d'un non labour, car le *cover-crop* ne travaille le sol que sur une profondeur de 8 à 12 cm, c'est-à-dire la couche superficielle qui se trouve peu tassée à la récolte des précédents culturaux.

Des observations de profils ayant montré que sous la plupart des cultures (Céréales, Légumineuses, pomme de terre, ...), les zones de tassement se trouvent entre 10 à 30 cm.

D'autre part, ces états de surface sont d'autant plus fins que les préparations au *cover-crop* sont croisées et réalisées en conditions sèches.

Par contre, sur labour, il a été constaté que le *cover-crop* travaillant en sec provoque d'une part, un rabotage des mottes, sans vraiment les briser et d'autre part, il produit un triage de la terre fine vers le bas, les éléments les plus grossiers restent en surface. C'est ce qui explique les états de surface moyens à grossiers observés sur certains sites (classe des mottes dominantes 7 à 12 cm de diamètre).

Il est à noter qu'en conditions humides, la pénétration du *cover-crop* se trouvant améliorée (jusqu'à 15 cm), il en résulte des remontées de mottes compactes des horizons tassés.

En définitive et comme l'ont souligné PAPY (1977) et LELIEVRE (1980), les lits de semences obtenus présentent l'inconvénient majeur suivant:

- Augmentation de la sensibilité à la battance lorsqu'ils sont très fins (cas des sols argilo-siliceux).

IV.2.3.3 Conséquences sur la réussite de la levée

Pour des raisons de commodité, des observations ont été effectuées à la levée sur certains sites proches de la station expérimentale (15 comptages : 3 placettes de 1 m²/parcelle) et il en ressort qu'il est difficile de juger de l'influence des états du lit de semences sur la levée.

Néanmoins, les taux majeurs enregistrés sur trois parcelles semées au semoir (89%) sont largement supérieurs à ceux obtenus pour les semis à la levée (\cong 62%).

D'autre part, sur ces mêmes parcelles, nous avons procédé à l'examen de quelques profils réalisés en vue d'observer les états physiques dans lesquels se développent les semences.

En effet, et comme le soulignent FENECH *et al.* (1987), les semis réalisés au semoir, mettent presque toutes les semences à une profondeur identique (4 à 5 cm) avec un meilleur contact terre-graine, le semis à la volée avec recouvrement au *cover-crop* conduit à une répartition plus étalée des semences dans le profil.

Nous avons, en effet, relevé des graines à 7 ou 8 cm de profondeur, alors que d'autres sont à peine recouvertes de terre. De ce fait, et en raison du gradient très remarqué dans la répartition des éléments structuraux que nous avons déjà évoqués, le contact graine-terre est moins favorable (problème de germination) et difficultés d'émergence sont importantes. C'est ce qui explique en partie les faibles taux de levée constatés, mais aussi la pratique des agriculteurs d'augmenter les doses de semis.

De ces constats, nous avons relevé que les taux de levée ne pourraient être améliorés qu'avec l'usage réfléchi du semoir en ligne.

IV.2.4 Facteurs limitants: Contraintes

IV.2.4.1 Facteurs climatiques

Les conditions climatiques, en particulier pluviométriques de la région, font d'elle une zone favorable à la céréaliculture (zone B: plaines telliennes intérieures (HAMIDOUCHE, 1990).

IV.2.4.2 Contraintes techniques

Au niveau de la zone d'étude, les contraintes de la mécanisation se posent souvent en terme de disponibilité du matériel, ce qui engendre des retards dans la réalisation des travaux du sol et du semis, par rapport à la date d'arrivée des pluies. D'autre part, nous avons aussi remarqué au niveau de certains sites de notre échantillon (ex: station

expérimentale de l'INES Agronomique de Mascara) que le problème de la mécanisation se pose inversement, c'est-à-dire que l'équipement dont dispose la station ne se pose pas en terme d'outils isolés, mais il se pose en tant qu'ensemble de moyens de travail adaptés aux systèmes de cultures.

Ceci permettrait de décider du choix de l'outil et surtout du moment des interventions.

IV.3 La maîtrise des techniques culturales: une nécessité

Il ressort de l'analyse des pratiques des agriculteurs de la région sur les modalités d'installation des Céréales, en général, que ces derniers ignorent totalement les relations: techniques culturales - Etats du sol et interaction avec le climat. D'où la nécessité d'élaborer des références en matière de travail du sol pour l'implantation du blé; car, le bon démarrage de la plante et un enracinement correct dépendent en grande partie de la préparation du sol. Celles-ci doivent viser principalement:

- la formation des mottes en surface en vue d'emmagasiner l'eau des pluies dans le sol, ce qui implique des travaux précoces. De cette façon, on crée dans le sol une bonne perméabilité superficielle et profonde.
- l'amélioration de la coïncidence du cycle végétatif avec la période pluvieuse, et cela, en avançant les dates de semis par rapport à ce qu'elles sont maintenant.
- la réussite de l'implantation de la culture par l'obtention de lits de semences adéquats (utilisation du semoir en ligne, contact graine-terre).

Pour atteindre ces objectifs, et en tenant compte des contraintes climatiques (pluviométrie d'automne), le recours à la mécanisation raisonnée reste nécessaire car comme le souligne JOUVE (1980), seule la mécanisation peut permettre de réduire sensiblement l'étalement des semis, et d'implanter juste après les premières pluies automnales. Le même auteur précise que pour assurer un démarrage rapide de la culture après l'arrivée des pluies, il est nécessaire de limiter le nombre de façons à effectuer entre ces pluies et le semis, à la fois pour gagner du temps et éviter que la multiplication des travaux ne dessèche le sol.

En conséquence, si la traction mécanique est nécessaire pour la réalisation des travaux du sol, notamment en conditions sèches, il n'en demeure pas moins que le choix des

outils est particulièrement déterminant, du fait des modifications que subit le profil cultural sous leurs actions.

Aussi, la maîtrise de ces techniques culturales est une nécessité puisqu'en interaction avec le climat, elles conditionnent le comportement du sol. L'évolution de ce dernier sous l'effet d'une suite raisonnée et cohérente de techniques doit permettre l'obtention d'un état au semis favorable à l'implantation de la culture. D'où, aussi, l'importance que revêtent les critères de choix des méthodes de travail du sol dans notre étude.

IV.3.1 Critères de choix des méthodes de travail du sol

Outre les caractéristiques des profils culturaux au semis, les critères de jugement retenus pour différencier nos itinéraires techniques de travail du sol, émanent aussi de la pratique des agriculteurs.

IV.3.1.1 Conservation de l'eau dans le sol

On ne le répétera jamais assez que l'une des contraintes qui constitue un sérieux handicap pour l'augmentation de la productivité céréalière en Algérie est sans nul doute l'aléa climatique. Néanmoins, celui-ci peut être contrôlé en intervenant précocement.

V ACTIONS DES OUTILS DE TRAVAIL DU SOL SUR L'ETAT DU PROFIL

Les outils de travail du sol ont des buts bien précis. On cherche tout le temps à augmenter la porosité structurale (pour accélérer l'absorption d'eau, d'éléments minéraux et de faciliter le développement), à pulvériser les débris végétaux, à enfouir la matière organique... (DUNGLAS, 1973).

Aussi, nous remarquons que les effets recherchés sont multiples et varient suivant la culture à installer, le type de matériel disponible, les conditions de climat et du sol.

L'un des aspects de notre étude tourne autour des variables essentielles qui sont: la porosité structurale, la perméabilité qui en découle immédiatement, ainsi que la teneur de l'eau du sol.

V.1 Principe d'action des charrues à soc et versoir

L'action des charrues à soc sur le sol, nous amène à l'étude du labour sans entrer dans les détails. Disons que l'action des charrues à soc et versoir se résume à trois problèmes de:

- Décohésionnement du sol ;
- Coupe de la bande de terre ;
- Cinématique et dynamique: trajectoire des particules et déformation du sol.

DUNGLAS (1973), notait que les trois phénomènes étaient d'ailleurs étroitement liés; ainsi, le décohésionnement, par exemple, est la conséquence directe de la coupe et de la déformation du sol, par conséquent, on aboutit à une augmentation de la porosité structurale. La coupe de la bande de terre par le coutre et/ou le soc apparaît comme une action simultanée de compression et de cisaillement (figures 11 et 12).

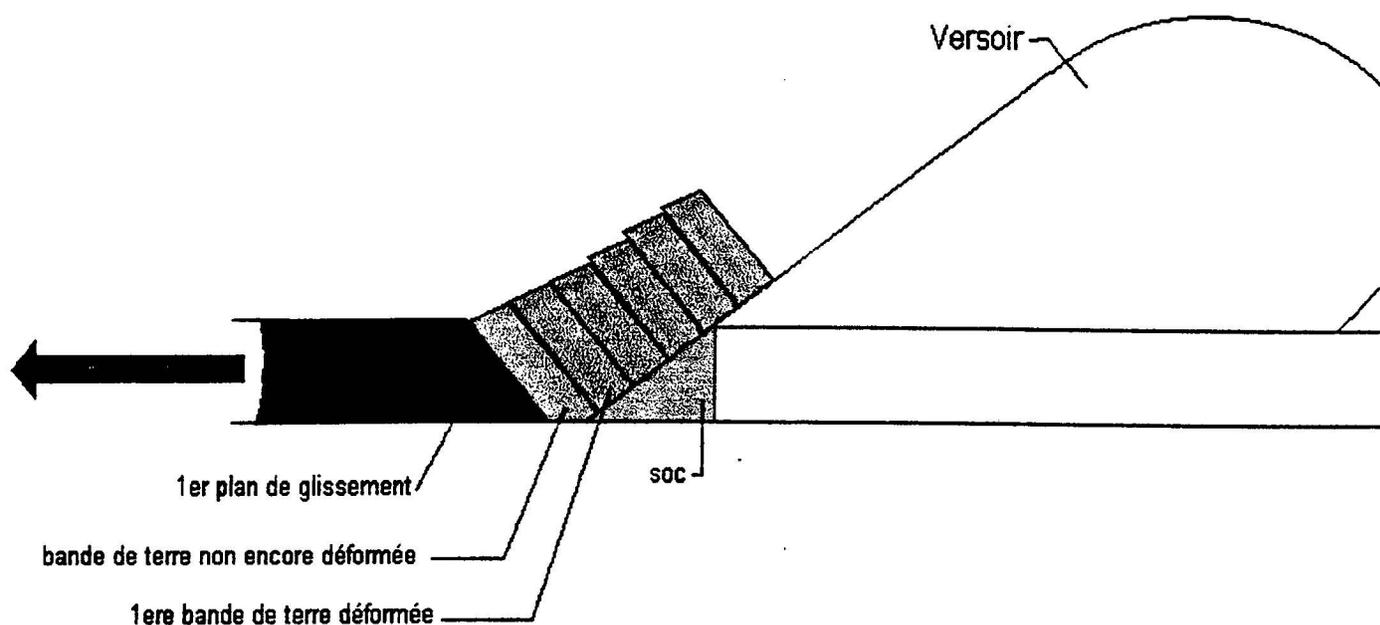


Figure 11 : Schématisation de l'action du soc

Donc, et comme on vient de le voir, le labour a pour but essentiel de retourner le sol, en laissant sous de grosses mottes en surface, et des creux importants en profondeur. Cet état physique ne convient ni à la graine ni au système racinaire. Il faut dans ces conditions reprendre ce labour à l'aide d'outils à finit superficielle, qui ne réalise pas un retournement systématique de la zone travaillée (BENFREHA, 198

V.2 Principe d'action du cover-crop

Les instruments à disque dont le *cover-crop*, figurent parmi ceux qui sont encore les plus utilisés par les agriculteurs. Ils sont particulièrement appréciés par :

- Leur grande facilité d'emploi ;
- Leur très grande résistance à l'usure ;
- Leur vitesse de travail élevée ;
- Leur entretien facile et peu onéreux.

Ils répondent parfaitement aux reprises de labour et préparation des lits de semences en des temps très courts.

En effet, le disque présente l'angle caractéristique de travail qui est l'angle d'attaque ou de coupe formé par le plan du disque avec la direction d'avancement, variable de 5 en 5 degrés de 35 à 45° (figure 14).

Plus celui-ci est important, plus large est la bande de terre travaillée. En effet, sous l'action simultanée de la vitesse d'avancement et du frottement de la terre sur le disque, celui-ci tourne et produit sur les particules de terre une force centrifuge qui, conjuguée au propre poids de la terre et à son adhérence sur le métal, provoque

l'extraction du sol en place, l'émiettement puis la disposition sous forme d'une masse disloquée, ameublie et aérée, tandis que le fond du sillon présente une forme concave, sans semelle apparente de passage.

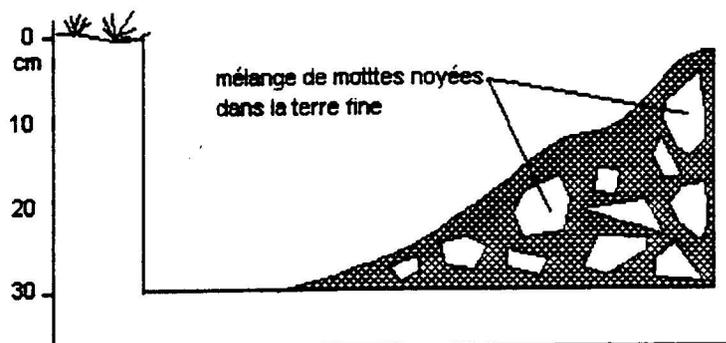


Figure 12 : Etat du sol après le passage de la charrue à soc

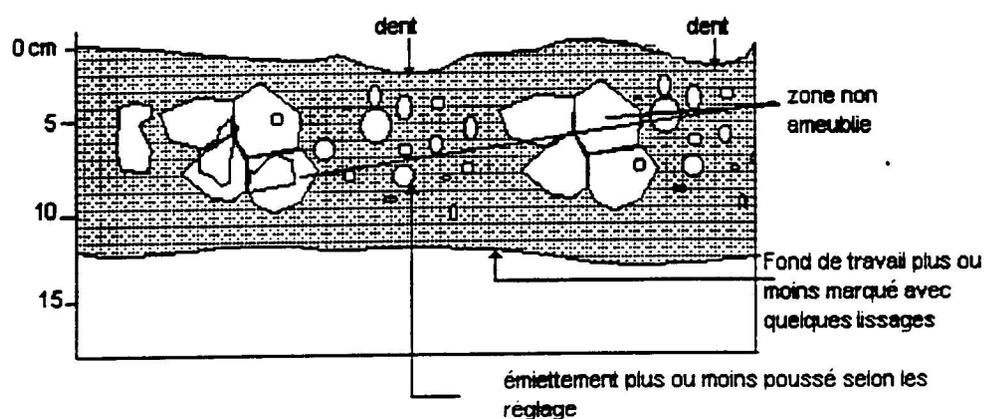


Figure 13 : Etat du sol après le passage du cultivateur

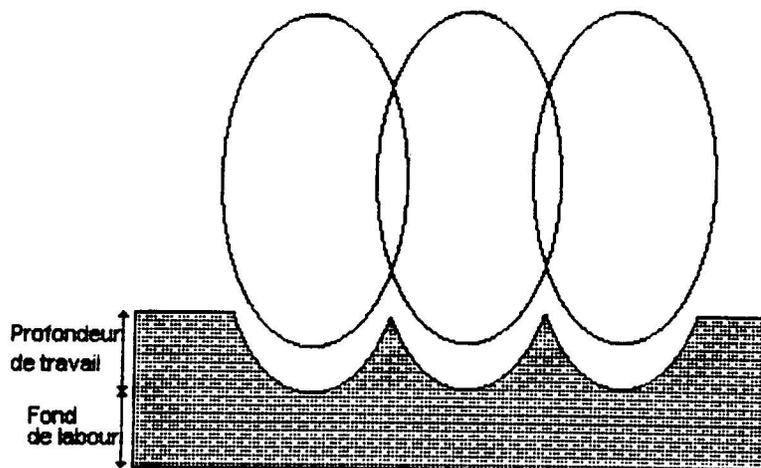


Figure 14 : Les disques travaillent le sol en laissant un fond de labour ondulé

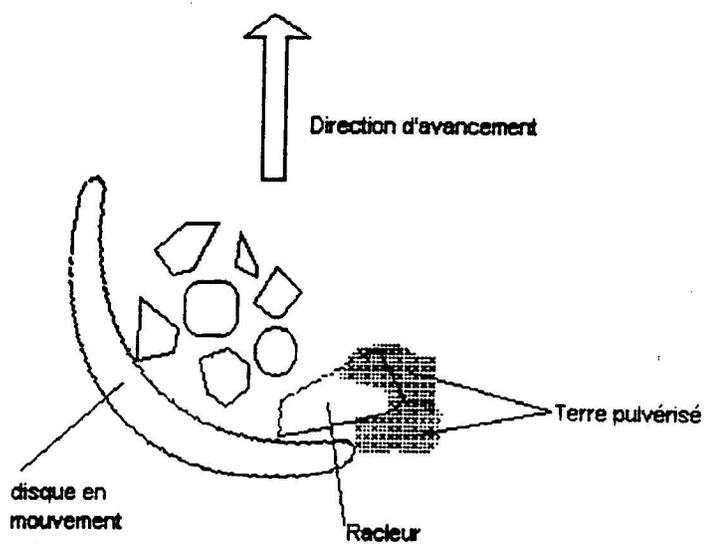


Figure 15 : Action des disques en terre sèche et peu cohérente

V.3 Principe d'action du chisel

La pièce maîtresse est la dent, elle supporte les pointes ou des socs. L'ensemble sert à découper le sol tout en provoquant son éclatement puis le foisonnement suivis d'un retournement partiel.

La dent agit ainsi comme un coutre dont la forme cintrée impose à la terre une trajectoire avec retombées vers l'avant (figure 13).

DALLEINE (1984), notait que les chisels sont mieux adaptés que les charrues de travail en sol sec. Aussi, les mottes obtenus sont de plus petites dimensions que celles des labours, d'où l'équilibre entre mottes et terre fine. Néanmoins, il est nécessaire de disposer d'un tracteur d'une puissance maximale de 15 chevaux par dent. Cette puissance est d'autant plus élevée que le sol est sec.

V.4 Principe d'action du rouleau lisse

Le rouleau, sous sa forme primitive est utilisé depuis longtemps pour tasser le sol et dissocier partiellement les mottes.

Du fait de la prolifération du matériel agricole, leur rôle s'est considérablement accru. Plusieurs modes d'action peuvent être distingués selon l'état de surface souhaitée et leurs répercussions en profondeur:

- Ecrasement, résultant de la pression exercée par le rouleau sur le sol ;
- Effritement qui provient d'un laminage des mottes entre les éléments des outils ;
- Eclatement par effet de choc des parties agressives du rouleau sur les mottes.

Pour ce qui est des rouleaux lisses, leur action détermine uniquement l'état de surface qu'il provoque.

On obtient ainsi un tassement structural en surface, entraînant une diminution de la porosité structurale (macroporosité), ce qui entraînerait une variation du stock d'eau du sol.

VI DISPOSITIF EXPERIMENTAL

VI.1 Introduction

Ce travail a démarré dans la station expérimentale (parcelles 19-20) appartenant au centre universitaire de Mascara. Il fera partie d'un essai de longue durée, entrant dans le cadre d'un programme intégré de recherche du Laboratoire d'Analyse du Système Biologique et de Géomatique (LASBG) sous la direction de M. MEDERBEL K.

Les parcelles (19-20) sont conduites en monoculture de céréales depuis plus de 10 ans, avec un travail superficiel de 12-14 cm, et un labour de 28 cm maximum tous les trois à quatre ans.

Notre dispositif expérimental comprend quatre traitements expérimentaux définis chacun par un type d'état structural, et sachant que le but final de notre travail étant de déboucher sur les premières formulations de conseils aux agriculteurs, il était impératif, qu'au moins un des 4 états physiques placés dans l'expérimentation appartient à la gamme des états couramment observés. Pour cette raison, nous avons choisi d'étudier également les états structuraux résultants de pratiques comportant le *cover-crop* en raison de la généralisation quasi-totale de ce mode de travail du sol.

D'autre part, ce choix est justifié par le fait qu'une très large gamme d'états structuraux peut résulter de ces 4 itinéraires techniques choisis.

VI.2 Définition et obtention des états structuraux recherchés

La définition et l'obtention des états structuraux souhaités résultent d'une démarche à trois phases élaborées par TARDIEU (1984):

1. Choix des horizons du profil cultural que nous souhaitons différencier d'un horizon à un autre; ainsi que le choix des états à conférer à ces horizons ;
2. L'élaboration d'une série d'itinéraires techniques (ITK) (Sebillotte, 1978). Pour le cas des séquences de travail du sol qui, au sein des ITK, ont des effets multiples sur l'état de la parcelle cette démarche permet d'obtenir les états structuraux souhaités, en appliquant ces itinéraires aux parcelles expérimentales.
3. La caractérisation des états structuraux tant sur la partie du profil à différencier que dans les autres horizons.

VI.2.1 ITK appliqués aux parcelles expérimentales

Les itinéraires techniques de travail du sol choisis et appliqués aux parcelles expérimentales se différencient par l'existence ou l'absence de tassement après les

travaux de reprise à l'aide de *cover-crop* et du semis, dans le cas des labours. D'autre part, de l'existence de tassement après les travaux à l'aide d'un cultivateur

Nous avons cherché à obtenir 4 traitements expérimentaux d'états structuraux différents; pour cela, nous avons appliqué aux parcelles expérimentales les itinéraires techniques suivants (tableau 4):

Tableau 4 : Itinéraires techniques appliqués aux parcelles expérimentales

Traitements (it)	Combinaisons d'outils: itinéraires techniques	Précédent cultural	Etats structuraux visés	Observations
IT 1	charrue bisoc réversible + <i>cover-crop</i> 10/20+ semis en ligne + rouleau lisse	Blé dur	« A »	labour d'été, tassement après semis
IT 2	charrue bisoc + <i>cover-crop</i> 10/20 + semis en ligne	„	« O »	
IT 3	<i>cover-crop</i> x <i>cover-crop</i> + semis en ligne	„	« O »	
IT 4	chisel + semis en ligne + rouleau lisse	„	« A »	tassement après semis

VI.2.2 Choix des états structuraux souhaités

Comme il a été souligné précédemment, il est important que les états physiques inclus dans notre expérimentation appartiennent à la gamme des états observés en parcelles cultivées (MANICHON, 1982 et 1986 ; TARDIEU *et al.*, 1987).

Il s'agit, en priorité,

a) de l'état structural noté "O": c'est un état meuble, fragmentaire formé de terre fine et de petites mottes (maximum 3 cm de diamètre).

b) de l'état structural noté "A": c'est un état formé de blocs tassés (10 à 20 cm de côté) séparés par des cavités; le tassement peut atteindre la base de la couche labourée et la fragmentation n'est pas intense.

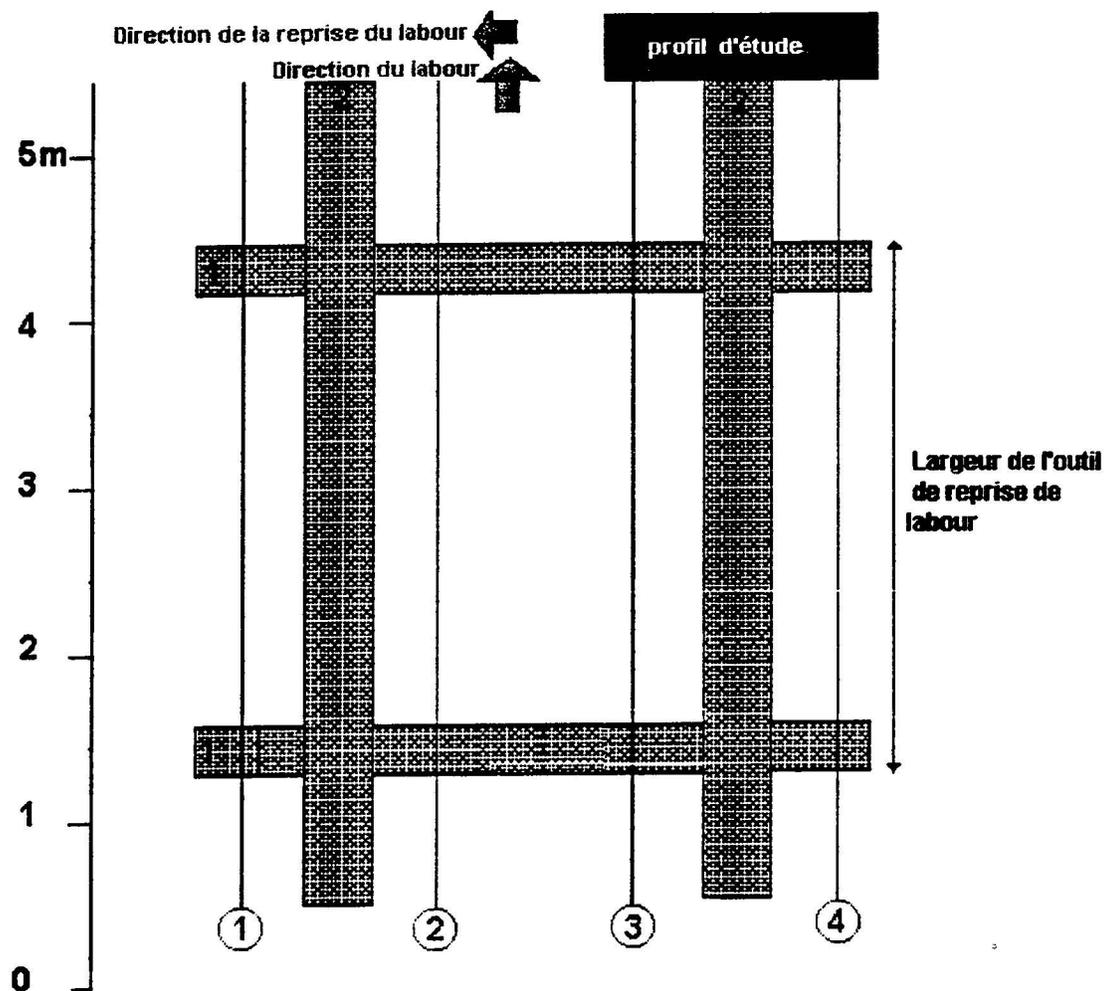


Figure 16 : Positionnement du profil d'étude et traces des roues de tracteur

1. Trace de roues de tracteur effectuant le travail superficiel
 2. Trace de roues de tracteur effectuant le semis
- ①, ②, ③ et ④ rangs de semis.

Ces deux états sont définis par l'arrangement des mottes; ils peuvent donc être obtenus par différents états internes de celles-ci. MANICHON (1982), a défini deux modalités principales pour l'état interne d'une motte.

- celui-ci est continu, la porosité intra-mottière est alors proche de la porosité texturale: l'état de la motte est noté "Δ" ;
- il existe une porosité structurale entre les agrégats qui forment les mottes. Son état est alors noté "T".

Le travail superficiel a été réalisé le 14 décembre 1998 à l'aide d'un *cover-crop* traîné (10/20); ce qui a permis d'affiner l'horizon H1 dans les premiers traitements (IT1, IT2 et IT3), tandis que le traitement 4 (IT4), il n'a pas subi de passage du *cover-crop* car son état structural a été jugé satisfaisant comme lit de semences.

Afin que les roues du tracteur ne perturbent pas les états "O" et "A", nous avons effectué le travail de reprise des labours dans la direction perpendiculaire à celle du labour, en repérant avec précision la position des traces de roues. Le semis a été effectué parallèlement aux bandes de labour (figure 16).

Chacun des itinéraires techniques a été appliqué sur trois parcelles expérimentales de 20 m x 10 m (figure 17).

VI.2.3 Caractéristiques des états structuraux obtenus

Les deux états structuraux objectifs que nous nous sommes fixés étant discontinus et anisotropes (MANICHON, 1986), cette méthode est conçue par l'auteur pour rendre compte de la variabilité spatiale de l'état structural à l'intérieur des horizons anthropiques en relation avec l'action des outils utilisés.

La caractérisation des états structuraux créés a démarré dès les travaux de reprise et de semis du blé tendre (15 décembre 1998) par l'utilisation de deux méthodes complémentaires:

- méthode cartographique des états structuraux ;
- mesure des masses volumiques du sol.

a) *Méthode de la cartographie structurale*: Cette méthode donne une première vision synthétique du sol, autrement dit et comme l'a souligné MANICHON (1986), elle permet la description de la variabilité spatiale de l'état obtenu, à l'intérieur des horizons anthropiques.

Elle consiste à délimiter sur la face verticale d'une fosse, les différents horizons, puis à effectuer une partition verticale et latérale. L'observation concerne un demi train de semoir (soit 1,50 m) par profil cultural, 0,80 m de large et jusqu'à la profondeur maximale d'enracinement (figure 16). Au préalable, la face d'observation est délicatement écaillée au couteau puis dépoussiérée à l'aide d'une brosse.

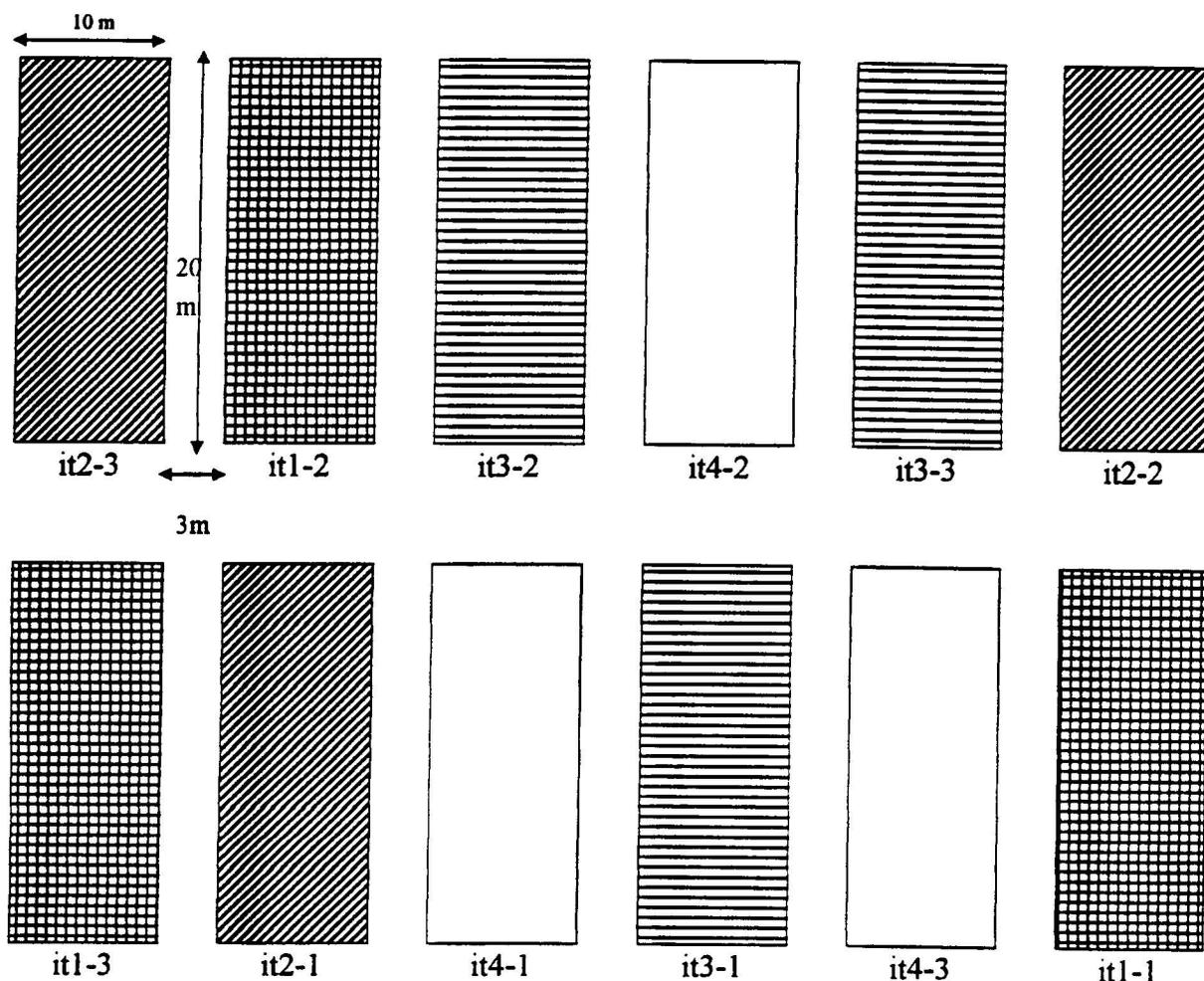


Figure 17 : Dispositif expérimental

IT1: charrue bisoc réversible + *cover crop* + semis en ligne + rouleau lisse ;

IT2: charrue bisoc + *cover-crop* + semis en ligne ;

IT3: *cover-crop* + *cover-crop* + semis en ligne ;

IT4: chisel + semis en ligne + rouleau lisse ;

D'autre part, les profils morphologiques visent à définir l'incidence des outils sur la morphologie du sol. La direction du travail du sol est longitudinale. Les faces sont donc perpendiculaires à cette direction afin de saisir l'hétérogénéité latérale maximale créée. Quatre cartes morphologiques et structurales sont ainsi obtenues.

b) *Mesure des masses volumiques du sol (densité apparente)*: compte tenu des moyens métriques disponibles, les masses volumiques du sol a été mesurée dans chaque traitement, à la fois dans le lit de semences (H1), dans l'horizon H5 et dans les couches de sol non travaillées en utilisant la technique des anneaux (figure 18)

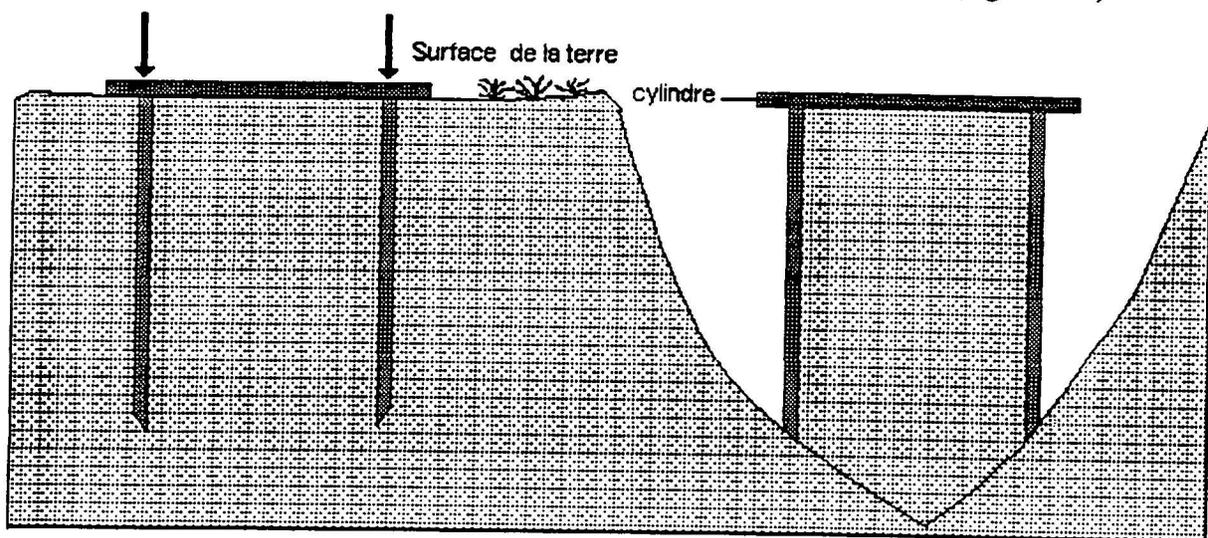


Figure 18 : Mesure de la densité apparente (technique des anneaux)

Elle consiste à prélever un échantillon de sol de volume fixe, dont on détermine la masse volumique, puis la masse sèche, donc la densité. Concrètement, on enfonce, avec précaution, dans le sol un cylindre à bord biseauté à l'extérieur jusqu'à ce qu'il soit entièrement rempli de terre. Puis, on l'extrait avec un couteau et l'arase soigneusement aux extrémités.

MONNIER et STENGEL (1982), notaient les limites de cette technique qui sont liées:

- au risque de tassement ou au contraire de foisonnement, lors de l'enfoncement de l'anneau ;
- à l'impossibilité d'opérer lorsque le sol n'est pas suffisamment cohérent (sol fraîchement travaillé, fissures de grandes dimensions) ou lorsqu'il l'est trop (sol compact et sec) ;

- au nombre nécessairement limité de répétitions possibles (durée de l'opération, volumes importants à manipuler...).

VI.2.4 Méthode d'étude de la dynamique de l'eau dans le sol

Des mesures d'humidité pondérale ont été faites aux mêmes profondeurs que les mesures des masses volumiques, sur les échantillons de terre prélevés à la tarière.

Ainsi, la dynamique de l'eau a été étudiée dans les différents traitements par le suivi des variations des états hydriques du sol, dans la période allant de la levée jusqu'au stade de floraison du blé. Ce suivi aurait pu s'étendre dans le temps pour étudier d'autres paramètres telle que la disposition spatiale des systèmes racinaires en vue de tester son influence sur la cinétique de dessèchement du profil. Cependant, les données climatiques de l'année en cours nous ont limités.

Ainsi, les états hydriques du sol (teneur en eau) ont été observés dans les couches travaillées et non travaillées, grâce à des mesures répétées, afin de comparer les variations de stocks d'eau entre traitements et d'étudier la variabilité verticale du dessèchement du profil cultural.

a) Mesures de l'humidité pondérale: méthode gravimétrique

Elle consiste à prélever des échantillons de sol à la tarière suivant différents strates du profil. Ces échantillons étaient enracinés et non enracinés de caractéristiques différentes (mottes d'état interne Δ ou Γ). La mesure des poids humides et secs (séchage à l'étuve pendant 48 heures) détermine l'humidité pondérale des échantillons: celle-ci a été convertie en humidité volumique.

Cette méthode est destructive, les transports et pesées répétées entraînent inévitablement des erreurs systématiques. De plus, la conversion de l'humidité pondéral en humidité volumique a nécessité la détermination de la densité apparente du sol, opération entachée, elle aussi, de nouvelles erreurs. Pour ces raisons, HILLEL (1984), a noté que cette méthode standard de séchage est arbitraire.

La fréquence des mesures est d'abord celle fixée par les stades de développement de la culture; une série de 15 prélèvements et de mesures a ainsi caractérisé le statut hydrique du sol.

VI.2.5 Suivi des états hydriques

Si le comportement hydrique du végétal est la résultante de la disponibilité en eau du sol et la demande climatique du milieu, la comparaison entre traitements devra aboutir

à la mise en évidence des effets traitements sur la disponibilité de l'humidité dans le sol.

D'où l'attention accordée dans notre étude à l'effet des itinéraires techniques sur la dynamique de l'eau. Nous devons rechercher les préparations du sol visant à faciliter la pénétration de l'eau en vue d'augmenter les réserves hydriques du sol.

VI.2.6 Climat de la campagne 1998-1999

Les facteurs climatiques observés lors de cette étude sont les précipitations et les températures.

Cependant, la campagne agricole 1998-1999 est à considérer comme une année de sécheresse. En effet, les premières pluies ne sont arrivées qu'à partir de la deuxième décennie du mois d'octobre. De plus, la répartition de ces pluies a été des plus mauvaises:

- 31,9 mm
- 143,9 mm
- Total: 175,8 mm

Par ailleurs, alors que le blé était au stade du début de floraison, un changement de température a sévi, ce qui a entraîné l'échaudage de la plupart des céréales semés tardivement (fin novembre et tout le mois d'octobre).

La figure ci dessous, en fonction de la pluviométrie et de la température moyenne, précise la durée et l'intensité de la période sèche au sens de BAGNOULS et GAUSSEN.

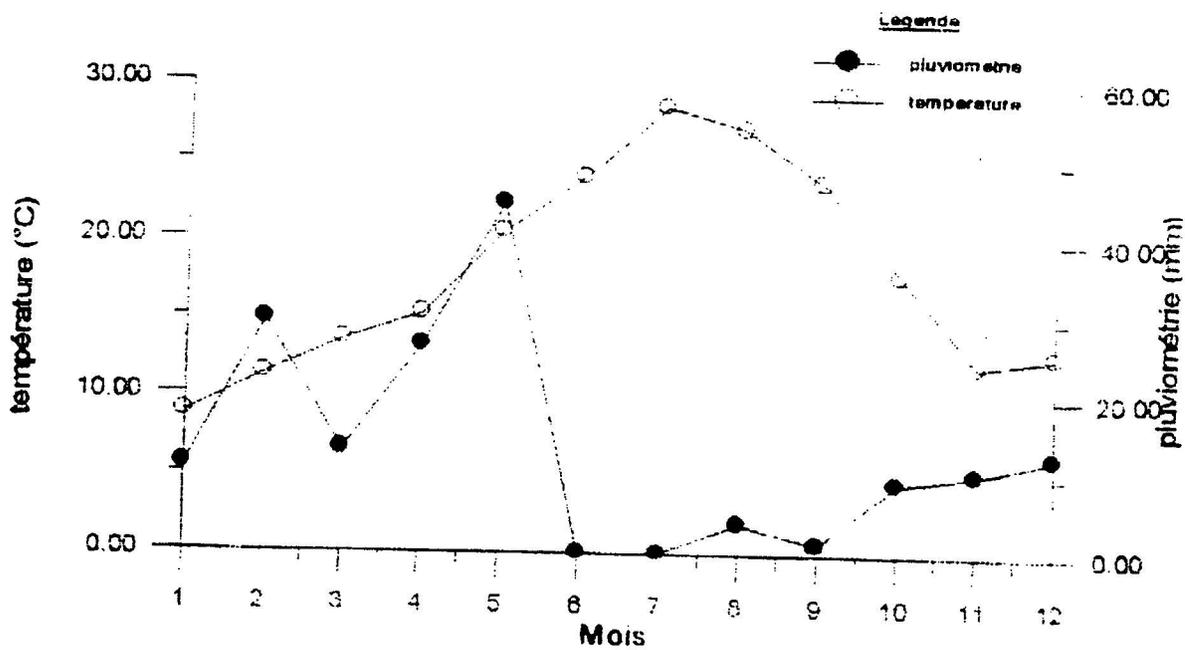


Figure 19 : Courbe ombrothermique pour les données mensuelles de température et de pluviométrie pour l'année agricole 1998-1999 (station ITAF - Mascara)

PARTIE III

RESULTATS ET DISCUSSIONS

PARTIE III

RESULTATS ET DISCUSSION

VII ETATS STRUCTURAUX OBTENUS - CARACTERISATION

Après l'application des itinéraires techniques décrits précédemment, nous avons choisi quatre stations d'étude. Chaque état structural obtenu est maintenu comme un traitement de notre expérimentation.

Nous avons donc caractérisé l'état physique des couches travaillées dans les quatre situations étudiées. La première approche de l'état structural est celle mise au point par HENIN *et al.* (1969), à savoir le profil cultural. Désormais classique, elle donne une première vision synthétique de l'état structural du sol. La deuxième approche de description morphologique nous permet de saisir l'action des outils sur l'état du sol créé.

VII.1 Les profils culturaux

Plusieurs fosses, observées durant le mois de Février, sur l'ensemble des quatre traitements. Cette période était humide. Les résultats d'observations illustrent parfaitement les propos ultérieurs. La largeur d'observation est d'environ 0,70 m, tandis que le bas des quatre profils approche la profondeur maximale d'enracinement à cette date.

Aussi, la position de ces profils culturaux présentés en figures 20, 21, 22 et 23 est choisie d'une manière aléatoire de telle sorte qu'ils reflètent un état moyen de chaque parcelle expérimentale.

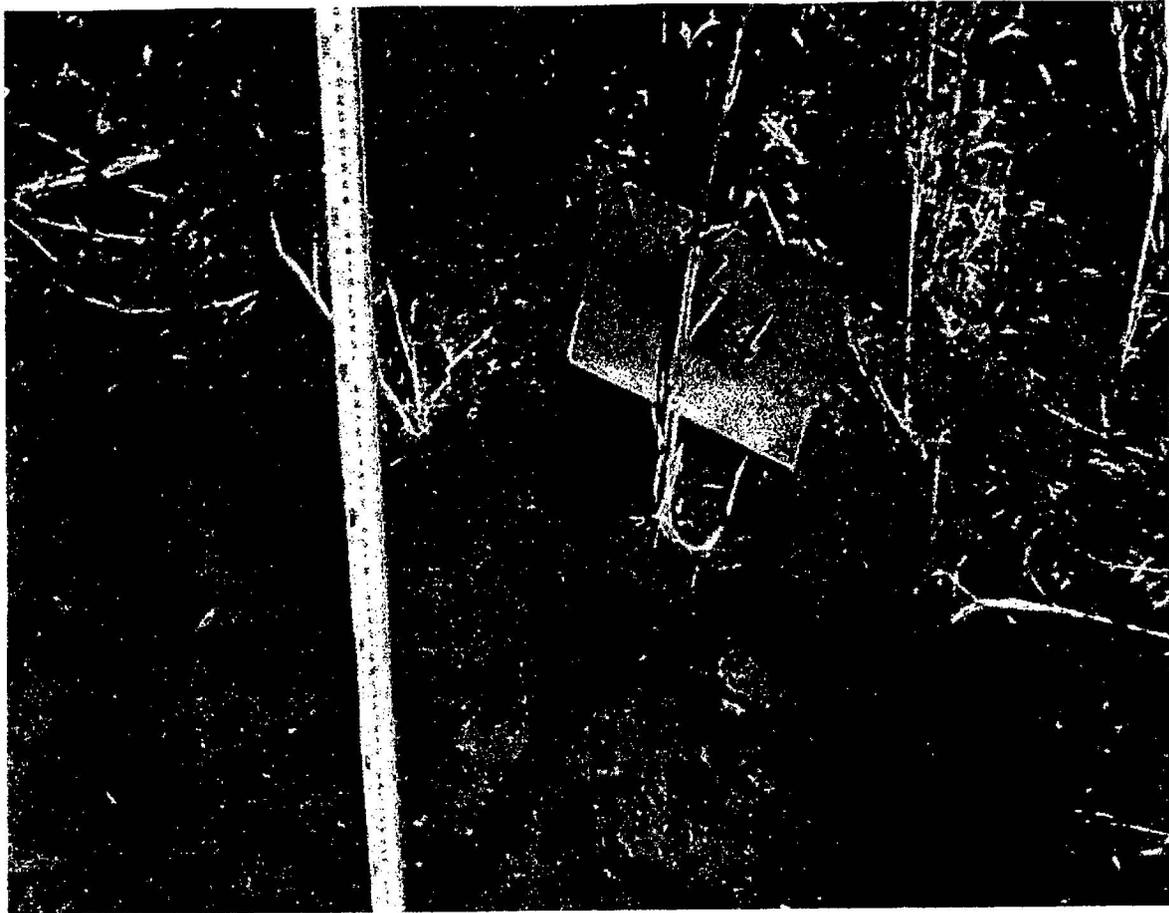


Figure 20 : Observation du profil cultural: itinéraire technique N° 1

Commentaires :

1. Structure fragmentaire, fine, pas d'éléments grossiers en surface : lit de semence H1 (4 à 5 cm)
2. Structure grumeleuse, colonisation légère par les racines, présence d'unités morphologiques très tassées : horizon labouré H5, obstacles à la progression des racines
3. Zones tassées, semelle de labour lissée par les outils (charrue à soc).

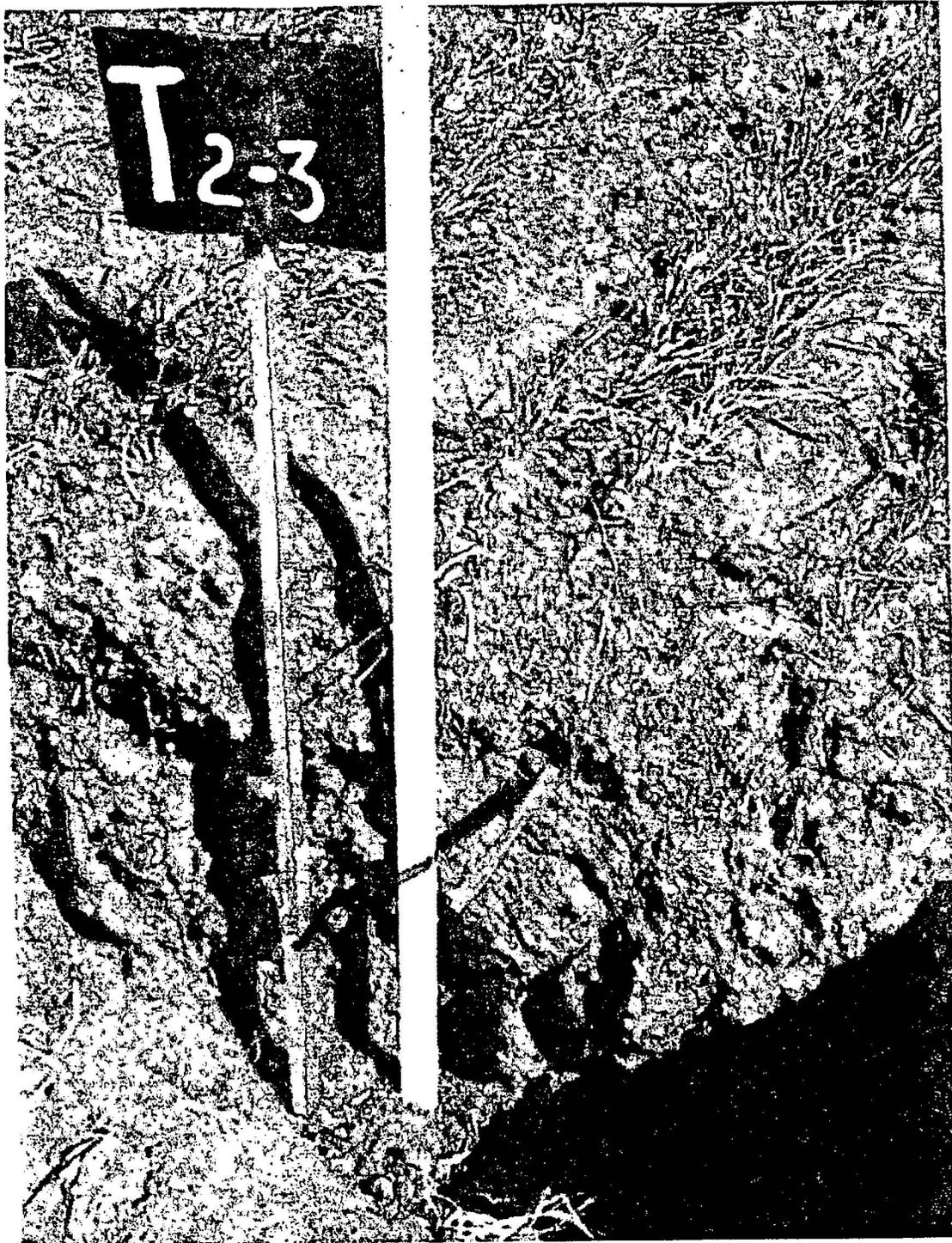


Figure 21 : Observation du profil culturel: itinéraire technique N° 2

Commentaires :

4. Structure fragmentaire, fine, pas d'éléments grossiers en surface
5. Horizon labourée, structure grumeleuse, colonisation légère par les racines, couleur ocre.
6. Zone tassée, formation d'unités morphologiques tassées également.



Figure 22 : Observation du profil culturel: itinéraire technique N°3

Commentaires :

7. Structure fragmentaire, présence de petites mottes, fissures verticales et horizontales. Zone superficielle colonisée par les racines ; ces dernières sont coudées à ce niveau, d'où des difficultés pour leur passage verticalement.
8. Semelle de labour, lissage prononcé du au passage du *cover crop*.
9. Structure massive, porosité structurale nulle, présence de fentes obliques.



Figure 23: Observation du profil cultural: itinéraire technique N° 4

Commentaires :

1. Structure fragmentaire, fine pas d'éléments grossiers en surface (passage du rouleau lisse). Horizon colonisé par les racines qui ont les mêmes réactions que le profil N° 3. Couleur ocre, présence de débris végétaux, présence également de fissures obliques.
2. Zone massive, présence de fentes obliques.

VII.1.1 Partition du sol expérimental

Il n'y a pas, à vrai dire, de caractéristiques propres à chaque type de profil d'observation. Comme il a été signalé auparavant, notre sol est occupé par des monocultures de céréales; il s'agit d'un sol de limon profond avec un horizon cultivé assez bien structuré.

D'autre part et directement sous l'horizon cultivé, on découvre une zone qui se distingue par de forts tassements locaux et quasi-généralisés.

VII.1.2 Caractéristiques communes

La texture est globalement celle définissant les sols limoneux (tableau 5). L'autre élément commun est d'ordre humain et technique. En effet, sur toute la parcelle expérimentale, on découvre une semelle de labour très prononcée d'une trentaine de centimètres d'épaisseur !... Elle est due principalement à une profondeur de travail du sol progressivement diminuée (utilisation abusive et quasi-généralisée du *cover-crop* dont la profondeur de travail maximale n'excède pas les 10 centimètres).

Cette semelle de labour est de structure massive. Sa face supérieure lissée entraîne inévitablement une forte réaction des racines, horizontales, coudées à ce niveau et ayant de grandes difficultés de passage.

En tenant compte des principes élaborés par MANICHON (1982 et 1986), pour caractériser l'anisotropie du profil cultural, aussi bien dans le sens vertical (horizons) qu'au sein d'un horizon donné, font état d'une double partition, verticale puis latérale.

Tableau 5 : Caractéristiques culturales et texturales des parcelles d'essai (19-20)

Succession de cultures depuis 10 ans	Parcelles 19-20
Granulométrie (H_1 et H_5)	Monoculture de céréales
Ag (<2 mm)	6.81
LF (2-20 mm)	26.25
LG (20-50 mm)	33.75
Sable (50-200 mm)	26.58

VII.1.3 Autres approches de description

Afin de saisir l'action des outils, nous avons adopté la méthode de diagnostic créée par MANICHON (1986), et qui permet de:

- distinguer l'action des agents naturels sur l'état physique du sol de celle des outils ;
- saisir les états antérieurs et leurs liaisons.

En effet, les outils interviennent sur l'état structural du sol, aussi la caractérisation morphologique de l'état physique créé du sol est une méthode pertinente d'analyse.

L'ensemble des profils furent réalisés au début de la montaison en prenant soin que ces derniers concernent chacun un demi-train du semoir soit 150 cm de large.

a) partition des profils

L'objectif des partitions latérales et verticales est de permettre à l'analyse de réduire l'hétérogénéité rencontrée en créant des sous-ensembles structuraux homogènes appelés aussi unité morphologique (figures 24, 25, 26 et 27).

Bord du semoir

Milieu du semoir

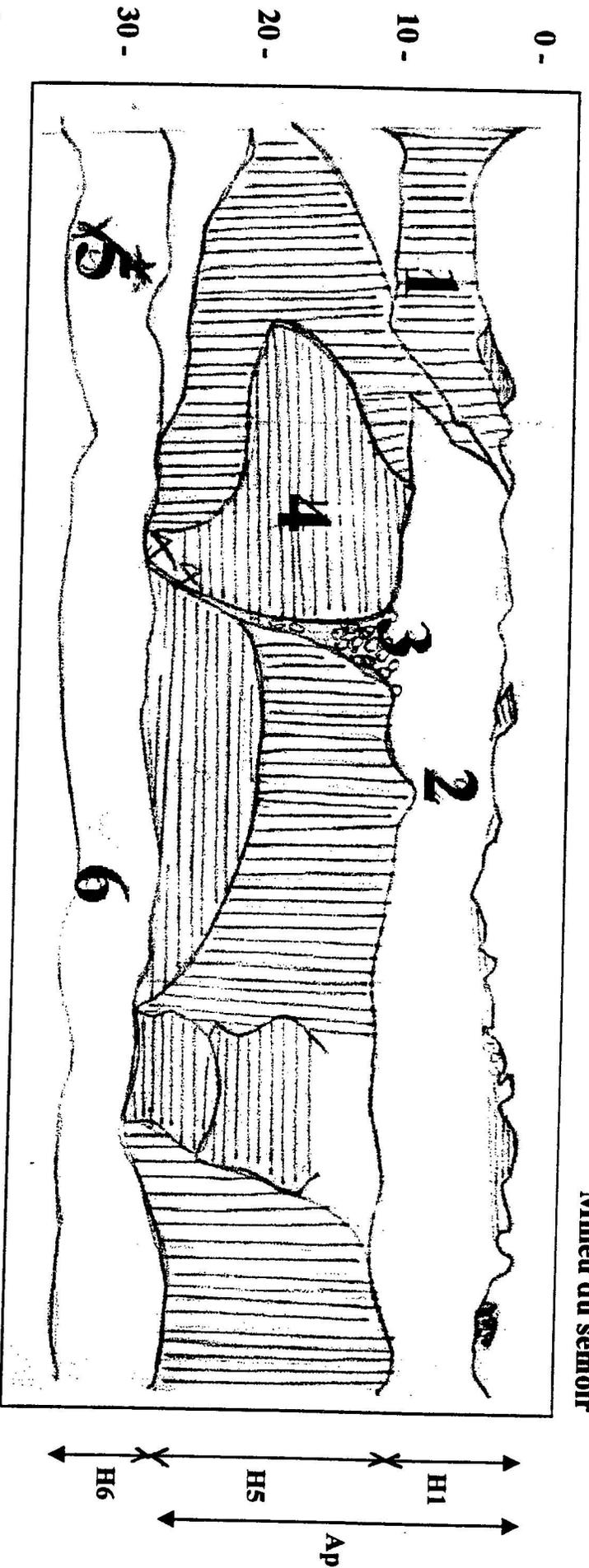


Figure 25: Cartographie structurale du traitement N°2

Légende : Unités morphologiques

- 1 Zone massive d'état interne MT
- 2 Zone fragmentaire d'état interne Γ, FT
- 3 Zone fragmentaire
- 4 Zone massive d'état interne MA
- 5 inclusion matière organique, racines
- 6 Zone fragmentaire à massive

Bord du semoir

Milieu du semoir

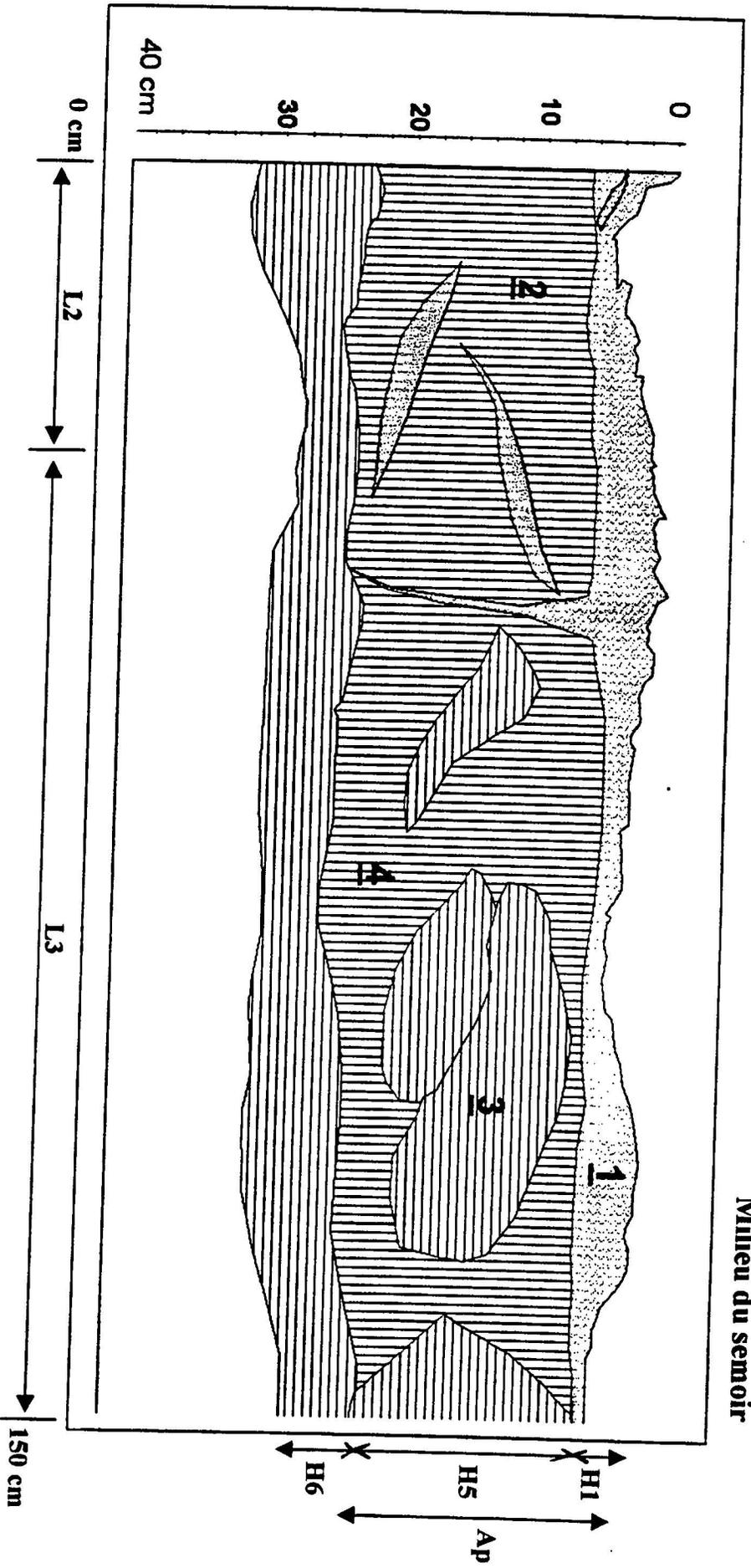


Figure 26: Cartographie structurale du traitement N°3

Légende : Unités morphologiques

- 1** Etat fragmentaire avec excusivement de la terre fine (F, f)
- 2 & 3** Etat massif et compact
- 4** inclusions matière organique

Bord du semoir

Milieu du semoir

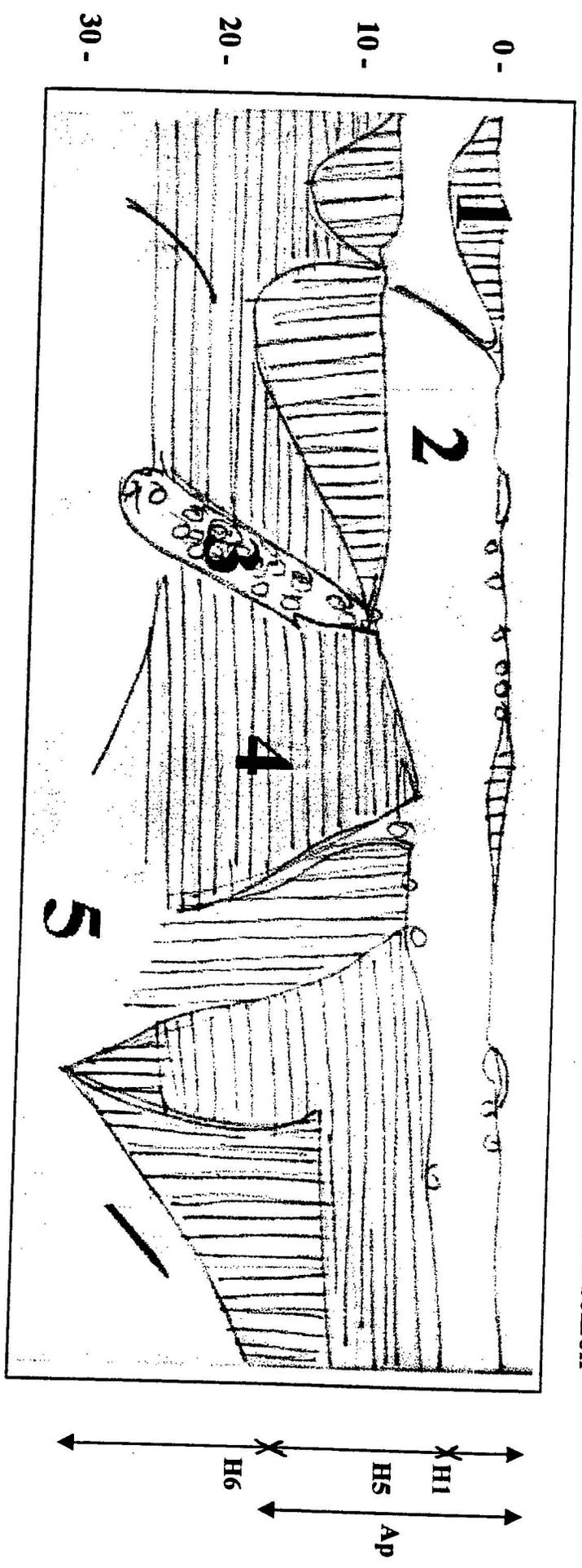


Figure 27: Cartographie structurale du traitement N°4

Légende : Unités morphologiques

- 1 Zone massive d'état interne MT
- 2 Zone fragmentaire d'état interne T, FT
- 3 Zone fragmentaire
- 4 Zone massive d'état interne MA
- 5 Zone fragmentaire à massive

- **Délimitation d'horizons:** en ce qui concerne les traitements 1 et 2, trois horizons sont distingués (tableau 6):
 - H1:** zone superficielle, reprise après labour, c'est le lit de semences d'ordre structural (diminution du taux en éléments fins) ;
 - H5:** zone de labour non reprise ultérieurement, discontinuité brutale (lissage par les outils de travail du sol) ;
 - H6:** horizon de structure continue, intervalle entre le fond du labour antérieur le plus profond et celui du labour le plus récent.

Tableau 6 : Limites moyennes entre horizons

Limites moyennes	Monoculture de blé	
	IT1	IT2
Limite H ₁ -H ₅	6.2	5.7
Limite H ₅ -H ₆	28.2	27.7
Limite H ₆ sous sol	24.1	29.7

Les profondeurs moyennes de l'horizon H1 des deux traitements IT1 et IT2 labourés présente en revanche des variations assez importantes et constantes. Quant aux traitements IT3 et IT4, les fonds de l'horizon H1 sont sensiblement égaux surtout pour le traitement it3 où la profondeur moyenne n'excède pas les 6 cm; quant au traitement IT4, le fond travaillé présente des irrégularités importantes dues à l'état cohérent du sol.

- **Partition latérale**

Elle prend en considération les passages des roues localisés. Dans les quatre traitements, une position L1 est définie par le passage des roues du tracteur ayant effectué l'opération de semis (figure ci-dessous).

Tableau 7 : Caractéristiques globales des couches travaillées des 4 traitements

	Horizon H ₁		Horizon H ₅		
	Epaisseur	Etat	Epaisseur	Etat interne dominant des mottes	Densité apparente >
IT1	0 à 4 cm	Terre fine + petites mottes	18 à 20 cm	$\Delta, \Delta/\Gamma$	1.28
IT2	0 à 4 cm	Terre fine + petites et grosses mottes	18 à 20 cm	$\Delta, \Delta/\Gamma$	1.49
IT3	0 à 5 cm	Terre fine + petites mottes	20 à 24 cm	$\Delta, \Delta/\Gamma$	1.66
IT4	0 à 8 cm	Terre fine + petites et grosses mottes	24 à 26 cm	$\Delta, \Delta/\Gamma$	1.63

◆ Horizon H₅

Ce qui caractérise les états obtenus est la prédominance des états fragmentaires très affaiblis (F, f) en IT3, présence des états massifs (M) en IT1 et IT4.

Ces observations sont confirmées par les résultats des mesures de la densité apparente du sol. La mesure de la densité a été déterminée sur chaque traitement par la technique des anneaux.

Elle consiste à prélever un échantillon de sol de volume connu, dont on détermine la masse humide, puis la masse sèche, donc la densité.

Concrètement, on enfonce lentement dans le sol un cylindre à bord tranchant jusqu'à ce qu'il soit entièrement rempli de terre. Puis, on l'extrait avec son contenu et on l'arase soigneusement aux extrémités.

VII.2 Porosité moyenne du sol

Celle-ci est évaluée par la mesure de la densité apparente sèche, comme noté précédemment.

Les résultats concordent (tableau 8). Cependant, cette méthode destructive ne préserve pas tellement le sol des contraintes physiques préjudiciables lors des manipulations

(tassements) d'où les valeurs moins précises par rapport à l'estimation de la densité grâce à la sonde gamma-neutronique.

Notons que ces densités moyennes sont mesurées à des dates où les sols sont correctement ressuyés (7 et 20 Avril 1999).

La densité réelle, quant à elle, elle est déterminée selon la méthode du pycnomètre.

Tableau 8 : Porosité moyenne du sol selon les ITK choisis

Horizons (cm)	Densité apparente (g/cm ³)	Densité réelle (g/cm ³)	Porosité (%)
0 - 7	1.37	2.54	46
7 - 28	1.48	2.54	41
28 - 35	1.46	2.54	42

It1 (a)

Horizons (cm)	Densité apparente (g/cm ³)	Densité réelle (g/cm ³)	Porosité (%)
0 - 8	1.31	2.52	48
8 - 28	1.52	2.52	39.6
28 - 35	1.47	2.52	41

it2 (b)

Horizons (cm)	Densité apparente (g/cm ³)	Densité réelle (g/cm ³)	Porosité (%)
0 - 7	1.40	2.52	44
7 - 26	1.44	2.52	42
26 - 35	1.68	2.52	33

it3 (c)

Horizons (cm)	Densité apparente (g/cm ³)	Densité réelle (g/cm ³)	Porosité (%)
0 - 7	1.66	2.52	34
7 - 25	1.73	2.52	31
25 - 35	1.38	2.52	45

it4 (d)

VII.3 Profils hydriques

La dynamique de l'eau a été suivie dans les différents traitements par le contrôle des variations des états hydriques du sol (teneur en eau).

Les états hydriques du sol ont été observés dans les couches anthropiques à l'aide de mesures répétées, afin de comparer les variations du stock d'eau entre traitements.

VII.3.1 Mode de dessèchement des profils obtenus

a) Bilan hydrique

Le bilan hydrique est la méthode qui permet d'étudier les modalités de dessèchement des profils culturaux.

Pour cela, nous avons cherché à mesurer l'humidité du sol d'une manière qui permettra de mettre en correspondance la morphologie des états structuraux obtenus.

Aussi, et avant d'aborder les résultats obtenus relatifs au bilan hydrique, il est utile de préciser que, outre la mauvaise répartition des pluies qui caractérise le climat de notre région d'étude, la violence parfois de celle-ci se traduit par un ruissellement important. Ceci est d'autant plus valable que les terrains sont en pente: entraînement de particules de terre et de semence.

Par ailleurs, l'enquête réalisée nous a permis de constater l'engorgement temporaire en eau de certaines parcelles ensemencées: ceci prouve que l'infiltration de cette eau y était lente et son évacuation défectueuse. Ce qui se traduit inévitablement par la pourriture des semences.

D'où l'intérêt particulier accordé à l'effet des itinéraires techniques étudiés sur la dynamique de l'eau. Nous devons rechercher des préparations visant à faciliter la pénétration de l'eau, de façon à limiter le ruissellement tout en augmentant les réserves hydriques du sol.

b) Plan d'échantillonnage

Nous ne disposons pas de l'appareillage nécessaire pour mener une étude plus fine de l'humidité du sol qui prenne en compte les stratifications que nous avons établies.

Aussi, dans les couches anthropiques, nous avons mesuré l'humidité pondérale d'échantillon de terre dont la localisation a été repérée:

- par l'appartenance à un horizon (H_1 , H_5);
- par la côte verticale de l'échantillon dans l'horizon considéré (Tableau 9).

Tableau 9 : Localisation, méthode et effectifs des mesures de l'humidité

Localisation			Méthode	Observations
Horizon	Profil	Etat structural		
H_1 (0-7)	0 - 3	F	Pondérale	6 échantillons/traitement 3 échantillons/traitement
	3 - 7	F		
H_5 (7-28)	7 - 15	F	Pondérale	6 échantillons/traitement 3 échantillons/traitement
		M		
	15 - 28	F		

c) Profils hydriques

Les profils hydriques ont été établis à partir de prélèvements sur les 12 parcelles du dispositif expérimental.

La présence quasi générale d'une couche massive et compactée a limité la prise d'échantillons à l'aide de tarière qui devait atteindre 5 profondeurs (0-35 cm).

Nos prélèvements ont été établis à 5 dates différentes (tableau 9):

-22/01/1999,

-05/02/1999,

-11/02/1999,

-14/03/1999,

-22/03/1999.

Les échantillons ont été séchés à l'étuve (105°C) pendant 48 h.

Les données (tableau 10) que nous présentons concernent une étape cruciale dans le développement de la plante (22/01/1999 au 11/02/1999) soit trois semaines après la date de semis (le 28/12/199) et après les 70 mm de pluies cumulés.

Les deux dernières dates choisies, à savoir le 14/03/1999 et le 22/03/1999 représentent la période pendant laquelle seulement 70 mm d'eau ont été enregistrés, et c'est une phase très sensible pour notre plante (montée et épiaison).

L'examen des 5 profils hydriques sur 35 cm (soit 4 horizons) fait apparaître que:

- Compte tenu de la pluviométrie enregistrée avant chaque prélèvement, ce sont les itinéraires techniques IT1 et IT2 soit respectivement avec labour et charrues à soc suivi du passage du rouleau lisse après l'opération de semis et avec charrue à soc seulement qui permet le meilleur stockage de l'eau (figure 28, 29, 30, 31 et 32).

Tableau 10 : Humidité pondérale (%) selon les itinéraires techniques choisis et selon les dates

Profils (cm)	Itinéraires techniques choisis (ITK)			
	IT1	IT2	IT3	IT4
0 – 7	21.12	19.15	18.42	22.72
7 – 18	21.49	21.22	21.66	24.84
18 – 25	20.91	20.85	21.76	24.83
25 – 35	21.17	19.86	21.45	22.98

Humidité pondérale en date du 22/01/1999

Profils (cm)	Itinéraires techniques choisis (ITK)			
	IT1	IT2	IT3	IT4
0 – 7	30.05	28.01	28.00	28.29
7 – 18	29.92	27.72	29.11	29.30
18 – 25	29.27	26.50	27.40	19.92
25 – 35	28.58	26.20	26.40	19.40

Humidité pondérale en date du 05/02/1999

Profils (cm)	Itinéraires techniques choisis (ITK)			
	IT1	IT2	IT3	IT4
0 – 7	16.97	18.25	20.67	17.74
7 – 18	23.95	25.58	22.50	20.71
18 – 25	21.89	22.50	20.34	17.86
25 – 35	23.13	26.20	20.11	17.86

Humidité pondérale en date du 11/02/1999

Profils (cm)	Itinéraires techniques choisis (ITK)			
	IT1	IT2	IT3	IT4
0 – 7	20.70	21.10	20.58	21.31
7 – 18	23.68	22.05	23.02	21.28
18 – 25	18.02	22.67	23.44	20.63
25 – 35	23.70	20.92	22.23	18.76

Humidité pondérale en date du 14/03/1999

Profils (cm)	Itinéraires techniques choisis (ITK)			
	IT1	IT2	IT3	IT4
0 – 7	22.41	20.78	19.94	20
7 – 18	24.62	21.28	19.72	24.94
18 – 25	24.50	22.01	20.57	23.85
25 – 35	21.79	21.07	18.70	20.10

Humidité pondérale en date du 22/03/1999

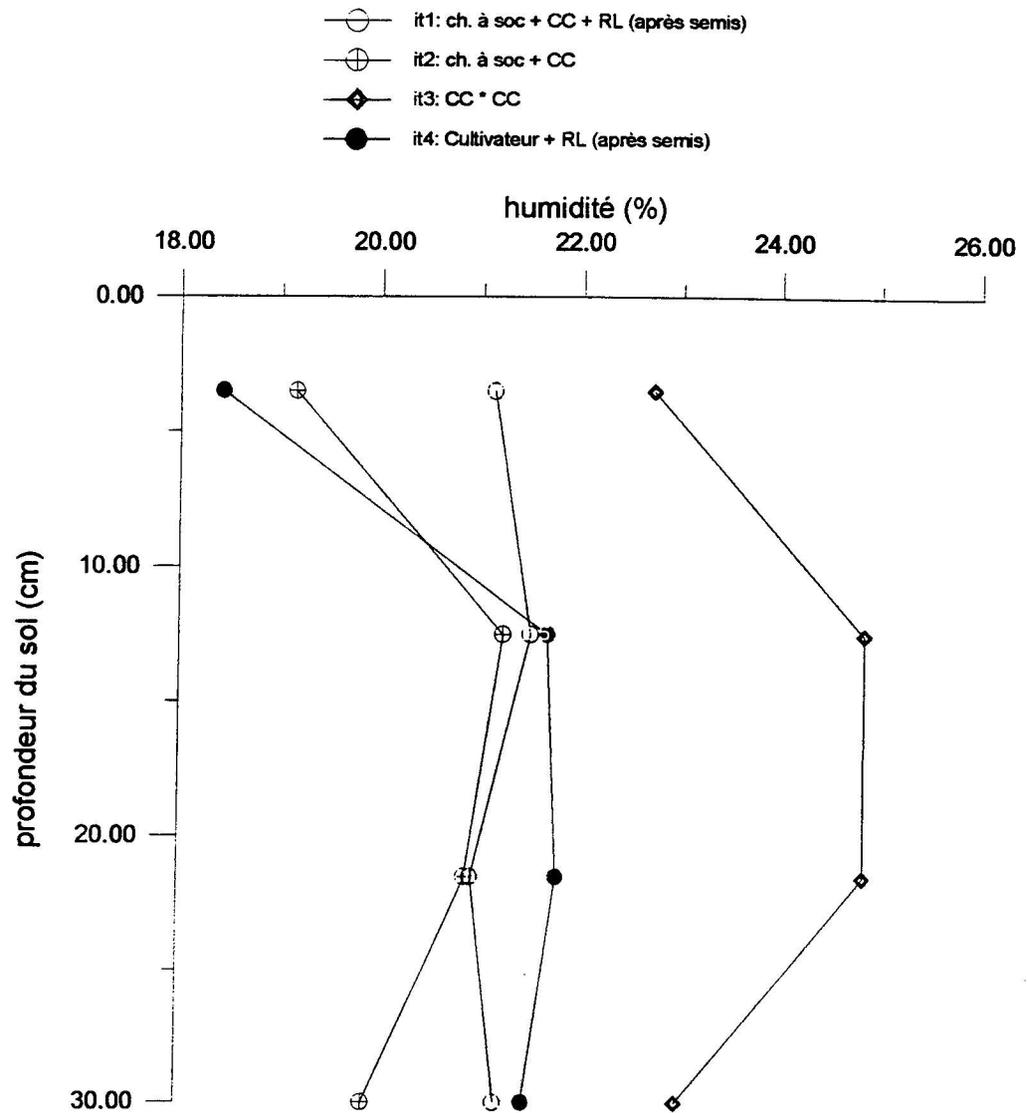


Figure 24 : Profil de dessèchement du sol en fonction des itinéraire technique (22 janvier 1999)

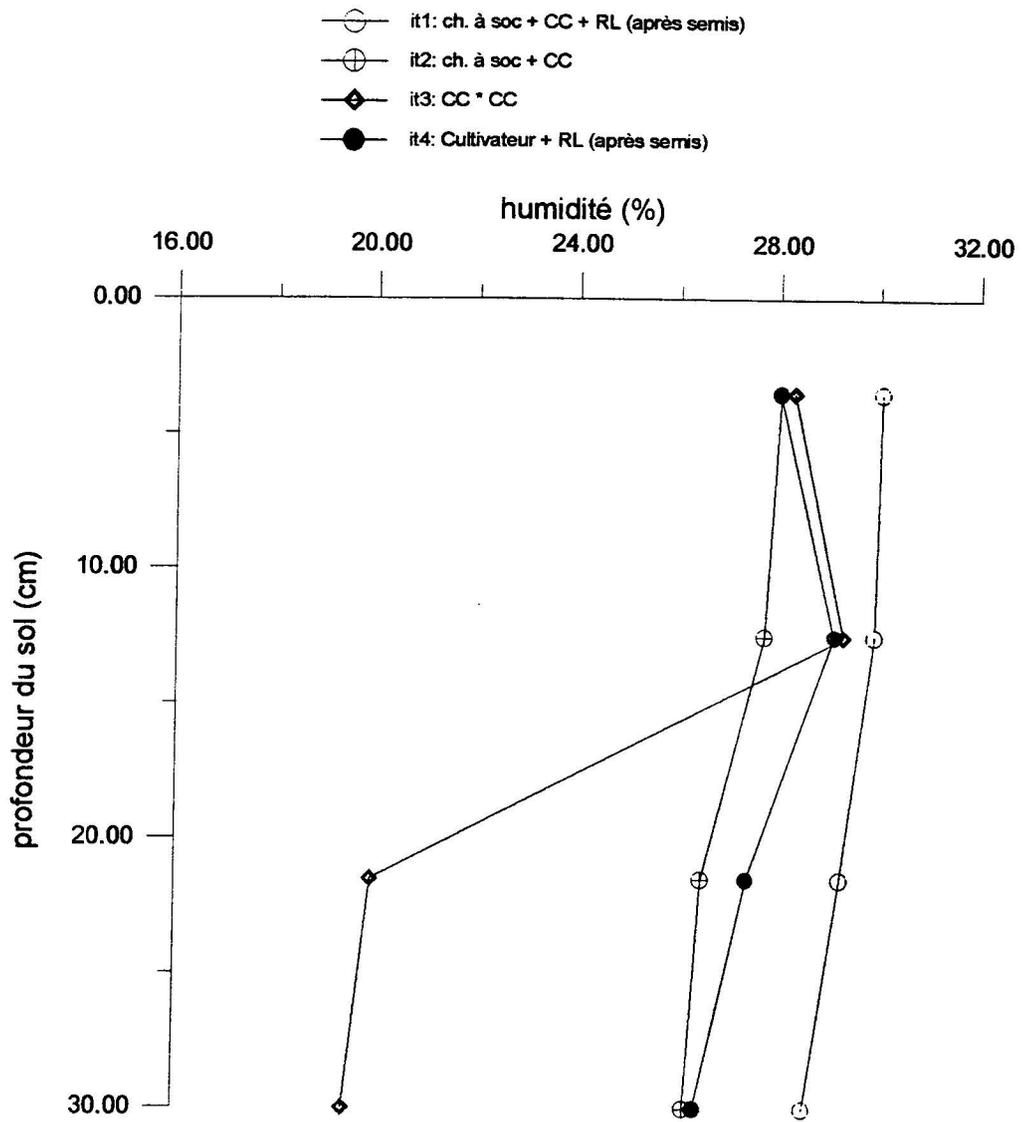


Figure 25 : Profil de dessèchement du sol en fonction des itinéraires techniques (05 février 1999)

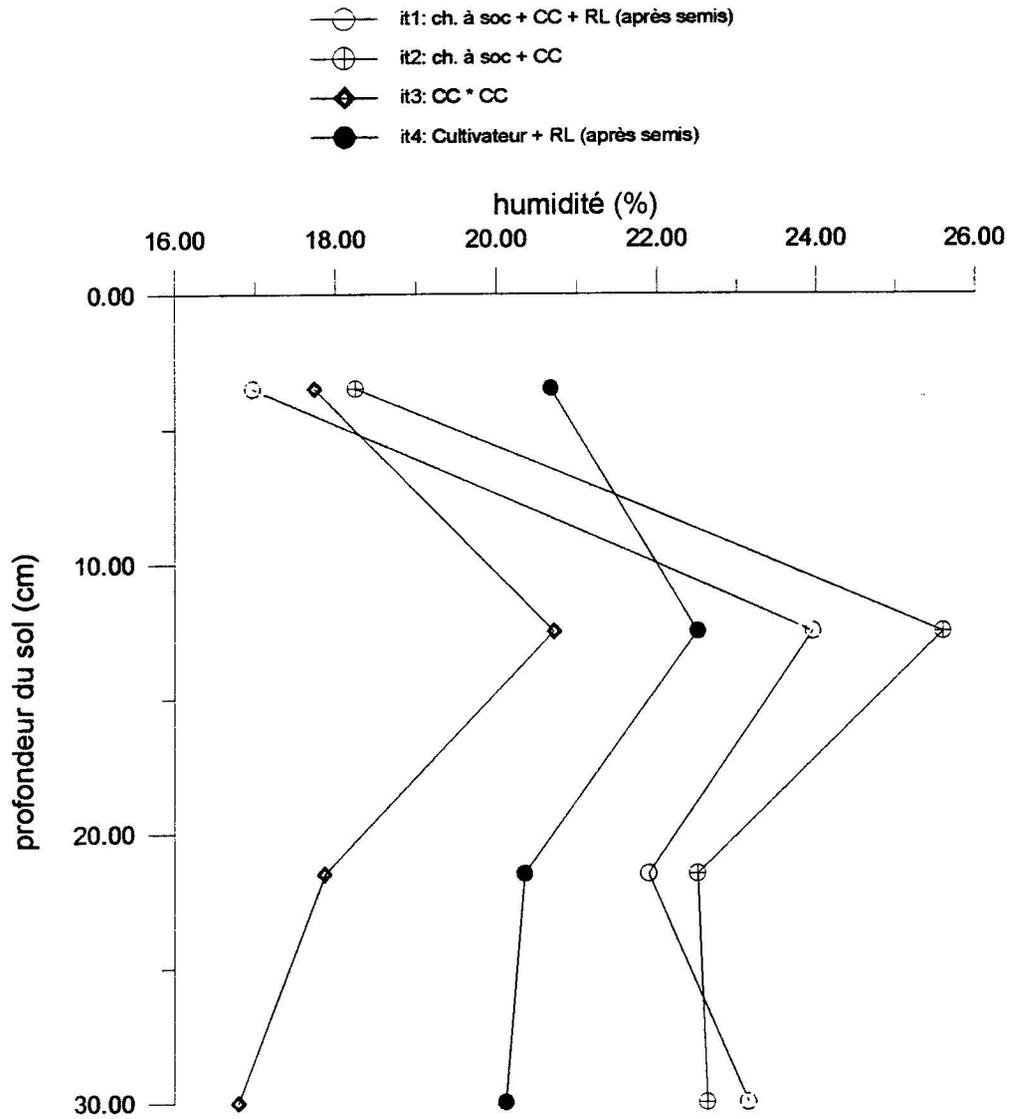


Figure 26 : Profil de dessèchement du sol en fonction des itinéraires techniques (11 février 1999)

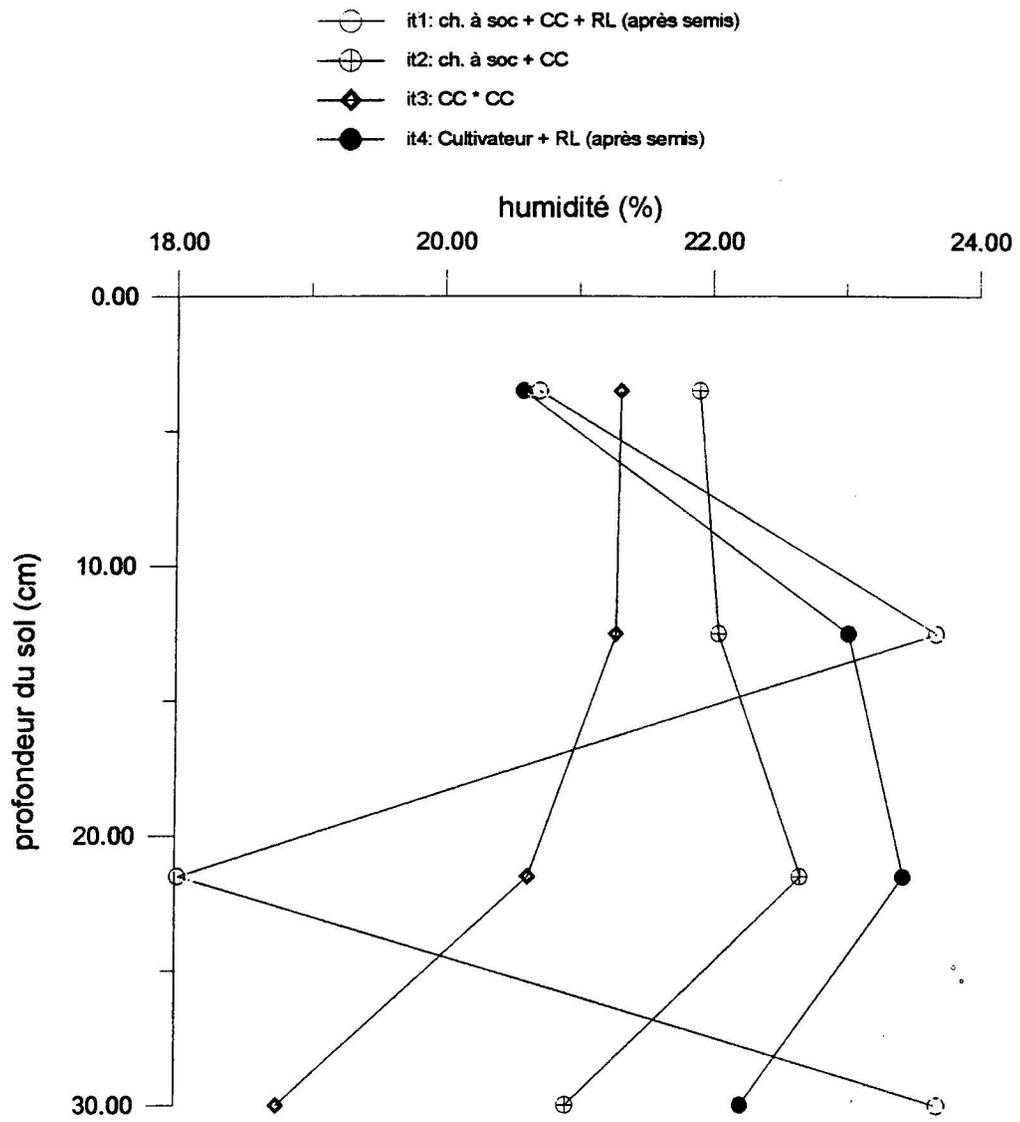


Figure 27 : Profil de dessèchement du sol en fonction des itinéraires techniques (14 mars 1999)

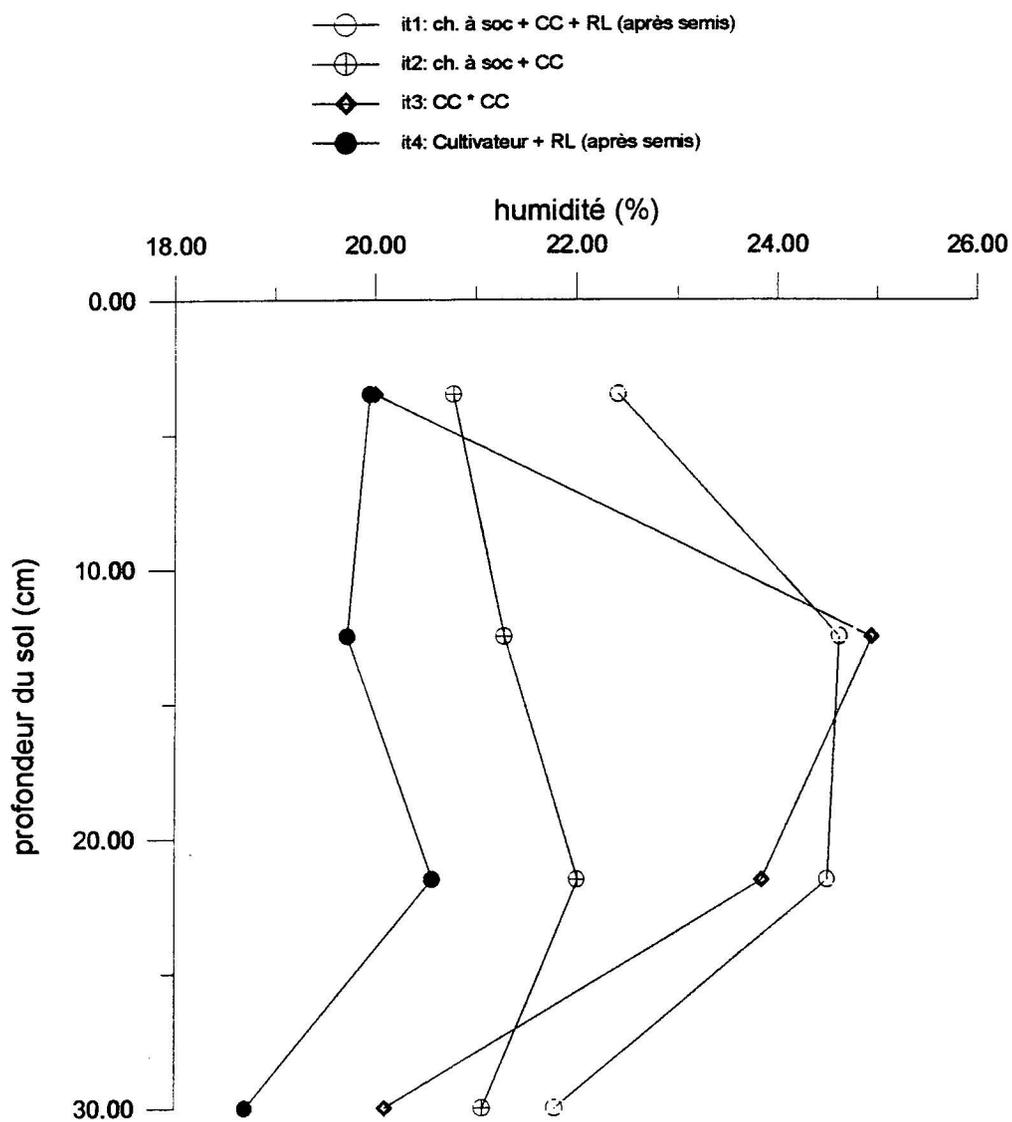


Figure 28 : Profil de dessèchement du sol en fonction des itinéraires techniques (23 mars 1999)

- Par rapport à l'itinéraire IT3 soit le travail croisé au *cover-crop*, les différences de réserve en eau pour les 5 dates sont assez significatives ;
- En définitive, le labour suivi du rouleau lisse après le semis, et le labour seul permettent le stockage de l'eau et ce, en raison de l'ameublement du sol qu'ils engendrent (35 cm).

L'infiltration de l'eau dans les itinéraires IT1 et IT2 est très nette. On assiste même à une certaine redistribution de l'humidité au delà de l'horizon 25-35 cm (figure 27 et 28).

Par contre, si le travail au *cover-crop* (IT3) permet d'emmagasiner l'eau surtout au niveau de l'horizon 0-7 cm, avec des humidités pondérales équivalentes sinon supérieures à celles des autres itinéraires, il n'en demeure pas moins que dans tous les cas, il y a diminution croissante de l'humidité au fur et à mesure que la profondeur augmente (tableau 9).

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Le travail que nous avons entrepris a pour but de permettre, à long terme, une modélisation de l'effet de l'état structural des couches anthropiques sur le fonctionnement des peuplements végétaux, notamment le fonctionnement hydrique.

Ce mémoire en présente la première partie qui consiste à vérifier l'hypothèse selon laquelle l'état structural de la couche travaillée (anthropique) influe sur l'alimentation hydrique et par voie de conséquence la croissance des végétaux à travers la répartition spatiale des systèmes racinaires.

Deux étapes préliminaires ont été nécessaires afin d'aborder cette question:

a) Maîtrise de la création d'états structuraux objectifs du profil structural:

- les états structuraux objectifs constituent les traitements de notre expérimentation,
- le choix des itinéraires techniques de travail du sol, le mode d'obtention et la caractérisation des états structuraux obtenus ont fait l'objet de la deuxième partie de ce mémoire.

b) Elaboration d'une méthode de caractérisation des profils culturaux obtenus qui soit cohérente avec nos objectifs, et pour cela, nous nous sommes basés sur des résultats bibliographiques abordant plus directement la question par des approches morphologiques.

Ainsi, la méthode que nous avons élaborée est de « cartographier » les profils culturaux obtenus afin de mener une description des horizons anthropiques, selon les critères de description qui soient en relation avec les facteurs majeurs de structuration et qui sont ainsi à l'origine des différenciations des structures à savoir:

- les compactages dont l'effet est de réduire la porosité et de créer des unités morphologiques plus ou moins continues à partir d'états fragmentaires,
- les fragmentations dont l'effet est de réduire le calibre des volumes continus et de modifier l'importance des vides structuraux.

On voulait, par là, compléter les diagnostics basés sur les analyses de terre, par des observations de données liées aux effets des systèmes de culture.

Ainsi, nous avons pu mettre en évidence des accidents structuraux et leurs origines.

Il s'agit maintenant de pouvoir concevoir des systèmes de culture répondant à certaines règles, en tenant compte des conséquences de climat, et de la disponibilité en matériel agricole adapté. Ceci, dans le but évident, de faire coïncider, au maximum, la période de croissance avec des périodes où le déficit en eau est réduit.

Pour le blé, dans la zone de notre étude, le schéma général préconisé est le suivant:

- déchaumage après les moissons pour favoriser la pénétration des premières pluies automnales,
- préparation du sol et semis précoces,
- utilisation de variétés de type hiver à cycle court dont les phases les plus sensibles (montée, épiaison) pourront s'accomplir avant la grande sécheresse.

Pour ces raisons, notamment, bilan hydrique déficitaire, états structuraux défectueux et vu les progrès météorologiques et conceptuels aux cours des dernières années et qui ont permis de fournir des bases plus objectives à l'appréciation des états structuraux, ceci ouvre de nouvelles perspectives de recherche dans le domaine de la gestion de l'état physique du sol et plus particulièrement du travail du sol:

- sous la forme, d'une part, de reprise d'expérimentations plus analytiques, en tenant compte des remarques et notes de l'enquête culturale et qui a eu le mérite de mettre en évidence les grands facteurs responsables de la variabilité et des anomalies des états structuraux rencontrés dans la région de Mascara,
- au moyen, d'autre part, de modélisations, celles-ci permettraient de prévoir les évolutions liées à la pratique répétée d'un système de culture, et de concevoir de nouveaux systèmes de culture par l'établissement de relations état initial du sol-état transformé par les machines en intégrant de façon explicite les équipements choisis et leurs réglages.

Ce travail doit nous permettre d'approfondir les connaissances sur les conséquences des états structuraux du sol obtenus sur les transferts d'eau et sur la réaction des végétaux.

Ceci débouchant sur une définition plus précise des états structuraux souhaités en tenant compte des conditions climatiques et pédologiques de chaque région.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ACHOUCH A., (1988)** - Etude comparative de quelques chaînes de matériel de préparation du sol: Leur influence sur le labour en grandes cultures. Thèse de Magister, INA d'Alger, 120 p.
- AUBINEAU M., (1988)** - Travail du sol - Instruments animés par prise de force. *in* Techniques Agricoles, n°5043, 15 p.
- AUBINEAU M., (1988)** - Travail du sol - Associations d'outils. *in* Techniques Agricoles, n°5044, 11 p.
- ADJROUDI R., (1982)** - Influence des itinéraires techniques sur le peuplement pied des racines et infiltration d'eau de pluie. Section Machinisme Agricole. Département du Génie Rural. INA, Alger
- BEGG J.E., TURNER N.C., (1976)** - Crop water deficits. *Advances in Agronomy*, N°28, 7p.
- BENFREHA M., (1980)** - Etude de l'influence du *cover-crop* 14/28, fabriqué par la SONACOME de Sidi Bel-Abbès, sur les propriétés physiques et mécaniques d'un sol. Thèse d'Ingénieur d'Etat; INA, Alger, 42 p.
- BILLOT J.F., (1982)** - Les applications agronomiques de la pénétrométrie à l'étude de la structure des sols travaillés. *Sci. Sols*, 3, pp. 187-202.
- BILLOTTE N., (1986)** - Conditions d'alimentation hydrique et azotée du blé tendre d'hiver et rotations culturales. Mémoire de fin d'études. D.D.A - ENSA de Rennes.
- BOIFFIN J., GUERIF P. et STENGEL P., (1990)** - Les processus d'évolution de l'état structural du sol: quelques exemples d'étude expérimentale récentes *in* Colloques de l'INRA, n°53, 34 p.
- BOISGONTIER D., BARTHELEMY P. et LAJOUX P., (1998)** - Préparation du sol *in* Perspectives Agricoles, ITCF - Supplément au N°118, 23 p.
- BRAUNACK M.V., (1986)** - Changes in physical proprieties of two dry soils during tracked vehicle passage *in* *Journal of Terramechanics*, Vol. N°23, n°3, pp. 141-151.
- COULOMB I., MANICHON H. et ROGER-ESTRADE J., (1990)** - Evolution de l'état structural sous l'action des systèmes de culture *in* Colloques de l'INRA, n°53, 20 p.

- CURMI P., (1987)** - Comportement physiques intrinsèques de mottes à macroporosités différentes *in* soil compaction and regeneration, MONNIER G. et GOSS M.G. Ed. pp. 53-58. Balkema, Rotterdam/Boston.
- DALLEINE E., (1984)** - Préparation du sol: créer les conditions permettant l'expression du potentiel des semences *in* Motorisation et Technique Agricole, N°22, 282 p.
- DAUDET F.A., VAGAUD G., (1977)** - La mesure neutronique de stock d'eau et de ses variations. Application à la détermination du bilan hydrique. *Ann. Agron.*, 28 (5), pp. 503-519.
- DUNGLAS L., (1973)** - Aspects mécaniques de l'interaction sol-machine *in* B.T.I, n°278, pp. 237-248.
- FREDE H.G., (1987)** - The importance of pore volume and pore geometry to soil aeration *In* soil compaction and regeneration, MONNIER G. et GOSS M.G. Ed. pp. 53-58. Balkema, Rotterdam/Boston.
- GAUTRONNEAU Y., MANICHON H., (1987)** - Guide méthodique du profil cultural. GEARA/CEREF, Lyon
- GUERIF J., (1990)** - Conséquences de l'état structural sur les propriétés et les comportements physiques et mécaniques *in* Colloques de l'INRA, n°53, 19 p.
- HALLAIRE N., DAUDET F., VALANCOGNE Ch., (1984)** - Contribution des réserves profondes du sol au bilan hydrique des cultures. Détermination et importance. *Agronomie*, 4, pp. 779-787.
- HILLEL D., (1984)** - L'eau et le sol. Principes et processus physiques. Ed. Cabay; Louvain-La-Neuve, 280 p.
- HENIN S., GRAS R., MONNIER G., (1969)** - Le profil cultural. 2ème édition. Masson Ed., Paris, 332 p.
- KATERDJI N., DAUDET F., VALACOGNE Ch., (1984)** - Contribution des réserves profondes du sol au bilan hydrique des cultures. Détermination et importance. *Agronomie*, 4, pp. 779-787.
- LATRECHE D., (1992)** - Détermination de la texture des sols de la ferme expérimentale de l'Institut d'Agronomie du Centre Universitaire de Mascara en vue d'une cartographie. Mémoire d'Ingénieur d'Etat, Institut d'Agronomie, Centre Universitaire de Mascara, 39 p.

- MAERTENS C., BLANCHET R., PUECH J., (1974)** - Influence de différents régimes hydriques sur l'absorption de l'eau et les éléments minéraux par les cultures. I- Régimes hydriques, systèmes racinaires et modalités d'alimentation en eau. *Ann. Agron.*, 25, pp. 275-586.
- MANICHON H., (1985)** - Le profil cultural: moyen de connaissance des sols pour un diagnostic agronomique *in* *Cultivar* n°184 – numéro spécial sols et sous-sols.
- MANICHON H., ROGER-ESTRADE J., (1989)** - Diagnostic sur l'état du profil cultural et le nivellement de la surface du sol en maraîchage sous abri. Etude réalisée avec les étudiants du D.A.A, INA Paris Grignon, Paris.
- MANICHON H., ROGER-ESTRADE J., (1989)** - Caractérisation de l'état structural et étude de son évolution à court et moyen terme sous l'action des systèmes de culture *in* Colloque du Département d'Agronomie 'Système de Culture', Colloques de l'INRA, Paris.
- MONNIER G., (1990)** - Observations sur les orientations des recherches sur la structure des sols et ses conséquences *in* Colloques de l'INRA, 53, 7 p.
- MONNIER G. et STENGEL P., (1976)** - Rôle des propriétés d'origine texturale dans le processus d'organisation structurale des sols. *Sciences des Sols*, 2.
- MONNIER G. et STENGEL P., (1982)** - Structure et état physique du sol *in* *Techniques Agricoles*, fascicule 1140, 66 p., INRA, Sc. Sols, Avignon.
- PAPY F., (1986)** - La conduite des états physiques d'un sol cultivé (Analyse des effets de l'état initial) *in* *B.T.I.*, pp. 412-413.
- RICHARD G. et BOIFFIN J., (1990)** - Effet de l'état structural du lit de semences sur la germination et la levée des cultures *in* colloques de l'INRA, n°53, 26 p.
- ROGER-ESTRADE J., (1990)** - Analyse du phénomène de compactage dans les sols cultivés. Conséquences agronomiques *in* Journées d'étude sur tassement du sol décompactage, SITMA; n°10, 30 p.
- SEBILLOTTE M., (1979)** - Itinéraires techniques et évolution de la pensée agronomique. *C.R. Acad. Agric. Fr.*, 64 (11), pp. 906-914.
- SENE M., (1987)** - Etude au champ des effets de la géométrie des enracinements sur la disponibilité des réserves hydriques du sol. Mémoire D.A.A., INA Paris Grignon, Paris.

- SOANE B.D. et al., (1971)** - Hand held gamma-ray transmission equipment for the measurement of bulk density of held soils. *J. Agric. Eng. Res.*, 16, pp. 145-156.
- STENGEL P., (1990)** - Caractérisation de l'état structural du sol. Objectifs et méthodes *in* Colloques de l'INRA, n°53, 22 p.
- 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 D.I., INA Paris Grignon, Paris.
- TARDIEU F., (1987)** - Etat structural et alimentation hydrique du Maïs, III. Disponibilité des réserves en eau du sol *in* *Agronomie* 7(4).
- TARDIEU F. et MANICHON H., (1987)** - Etat structural, enracinement et alimentation hydrique du Maïs *in* *Agronomie* 7(2) et 7(3).
- TARDIEU F., (1988)** - Système racinaire et alimentation en eau. INRA, Laboratoire d'Agronomie, Thiverval Grignon.
- TARDIEU F., (1990)** - Effets de l'état structural du sol sur l'enracinement. Que prendre en compte pour la modélisation ? *in* Colloques de l'INRA, Paris, 19 p.

RESUME

Ce travail visait à mettre en évidence l'influence des conditions de milieu sur la mise en place et la croissance du blé dans la région de Mascara.

Nous nous sommes intéressés particulièrement aux paramètres descriptifs liés à la croissance de la plante à savoir les états structuraux des sols obtenus.

Nous avons mesuré et comparé les variations d'humidité du sol dans quatre traitements d'états structuraux contrastés (itinéraires techniques) dans le but de permettre à long terme une modélisation de l'effet de l'état structural des couches anthropiques obtenues sur les fonctionnements hydriques.

La mise en correspondance des variations de teneur en eau du sol et la cartographie des profils culturaux montrent que ces différences entre traitements et la disponibilité en eau du sol sont dues aux choix réfléchis de l'itinéraire technique et aux dates d'intervention.

Mots clés : itinéraire technique - travail du sol - profil cultural - structure du sol - humidité du sol - bilan hydrique.

ABSTRACT

This work aimed to put in evidence influences some conditions of middle on the setting up and the growth of wheat in the region of Mascara.

We are us interested particularly to the descriptive parameters linked to the growth of the plant to know the states [structuraux] of the obtained soils.

We measured and compared the variations of humidity of soil in four treatments of states contrasted [structuraux] (technical itineraries) in the goal of permitting long term a [modélisation] of the effect of the state [structural] of the diapers [anthropiques] gotten on the workings [hydriques].

The bets in correspondence of the variation of content in water of soil and the cartography of the profiles [culturaux] shows that these differences between treatments and the availability and u water soil is to the choices thought of the technical itinerary and to the dates of intervening.

Keywords : technical itinerary - soil work - crop profile - soil structural - soil moisture - moisture budget.