

Etude de l'effet de différentes techniques culturales utilisées en grandes cultures sur la rétention du sol en eau dans les conditions du semi-aride, région du Haut Cheliff, cas du blé.

Présenté par:

KELKOULI Mokhtar

Directeur de recherche : **Dr. AMARA Mahfoud**, Maître de Conférences, I.N.A.

02-07-2008

Devant le jury composé de : *Président* : **Dr. HARTANI Tarek**, Professeur. *Examineurs* : **Dr. ABDELGUERFI Aissa**, Professeur. **Dr. KACI Ferhat**, Maître de conférence. **Dr. REGUIEG Lies**, Maître de conférence.

Table des matières

Remerciements . .	6
Dédicace . .	7
Résumé . .	8
Summary . .	9
ص خ لم . .	10
Introduction générale . .	11
ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE . .	14
Chapitre 1 : Généralités sur la céréaliculture . .	14
1.1. Importance et principales caractéristiques du blé . .	14
1.2. La préparation du sol . .	18
Chapitre 2 : Paramètres affectant le travail du sol . .	22
2.1. Paramètres climatiques . .	22
2.2. Facteurs liés à la pédologie . .	23
Chapitre 3 : Relation humidité du sol avec la culture . .	23
3.1. Impact des faiblesses de précipitations sur la culture . .	24
3.2. <i>Relation sol - eau - plante</i> . .	27
Chapitre 4 : Technique de conservation de l'eau dans le sol . .	28
Introduction . .	28
4.1. Situation de l'humidité dans le sol . .	28
4.2. Méthodes d'amélioration de l'absorption de l'eau dans le sol . .	28
4.3. <i>Techniques de réduction des pertes d'humidité du sol</i> . .	29
4.4 <i>Effet du travail du sol sur la conservation de l'humidité du sol</i> . .	29
4.4.2. Propriétés du sol et leurs effets sur le développement de la plante . .	30
4.5. <i>La conservation de l'eau dans les rotations du blé sous différents systèmes de gestion du labour dans les régions semi-arides</i> . .	31
Conclusion bibliographique . .	35
ETUDE EXPERIMENTALE . .	37
Introduction et objectif de l'étude expérimentale . .	37
Chapitre 5 : Localisation et conditions expérimentales . .	37
5.1. Présentation du milieu d'étude . .	37
Chapitre 6 : Matériel et méthodes . .	42
6.1. Protocole expérimental . .	42
6.2. Matériel d'étude . .	44
6.3. Conduite et suivi de l'étude expérimentale . .	47
6.4. Techniques et méthodes de mesure . .	49
Chapitre 7 : RESULTATS ET DISCUSSIONS . .	53
Présentation et analyses des résultats . .	54
7.1. Etat d'humidité volumétrique du sol pour les trois chaînes d'outil, à différentes profondeurs sous irrigations et en pluvial . .	54
7.2. Evolution de l'humidité du sol dans le temps pour les trois chaînes et par traitement . .	63

7.3 Evolution de l'humidité du sol dans le temps, pour les trois chaînes du deuxième traitement . .	66
7.4. Evolution de l'humidité du sol dans le temps, pour les trois chaînes séparées du troisième traitement . .	67
7.5. Evolution de l'humidité du sol en fonction du temps, pour les trois chaînes du quatrième traitement . .	70
Chapitre 8: Incidence des trois chaînes d'outils sur le rendement et ses composantes sous différents régimes d'irrigation . .	72
Introduction . .	72
8.1. incidence de la première chaîne d'outil sur le rendement et ses composantes sous différents régimes d'irrigation . .	73
8.2. incidence de la deuxième chaîne d'outil sur le rendement et ses composantes sous différents régimes d'irrigation. . .	77
8.3. Incidence de la troisième chaîne d'outil sur le rendement et ses composantes sous différents régimes d'irrigation . .	82
8.4. Incidences des trois chaînes d'outil sur le rendement et ses composantes sous différents régimes d'irrigation . .	87
<u>Conclusion générale</u> . .	94
<u>Références bibliographiques</u> . .	97
Annexes . .	101
Annexe 1: . .	101
Annexe 2 : . .	101
<i>Annexe 3 : Date de prélèvements des échantillons et des irrigations et stades de culture correspondants: . .</i>	102
Annexe 4 : . .	103
Annexe 5 : . .	103
<i>Annexe 6 : Date de prélèvements des échantillons et des irrigations et stades de culture correspondants: . .</i>	104
Annexe 7 : . .	105
Annexe 8: . .	105
<i>Annexe 9 : Date de prélèvements des échantillons et des irrigations et stades de culture correspondants: . .</i>	106
Annexe 10: . .	107
Annexe 11 : . .	107
Annexe 12 : . .	107
Annexe 13 : . .	108
Annexe 14 : . .	108
Annexe 15 : . .	108
Annexe 16 : . .	109
Annexe 17 : . .	109
Annexe 18 : . .	110
Annexe 19 : . .	110
Annexe 20 : . .	110
Annexe 21 : . .	111
Annexe 22 : . .	111
Annexe 23 : . .	112

Annexe 24 : . .	112
Annexe 25 : . .	112
Annexe 26: . .	113
Annexe 27: . .	113
Annexe 28: . .	114
Annexe 29 : . .	115
Annexe 30 : . .	116
Annexe 31: . .	117
Annexe 32 : . .	118
Annexe 33 : . .	119
Annexe 34 : . .	120
Annexe 35 : . .	121
Annexe 36 : . .	122
Annexe 37 : . .	123
Annexe 38 : . .	124
<i>Annexe 39 : Mesure de la variation du stock d'eau dans le sol . .</i>	125

Remerciements

Je tiens tout d'abord à exprimer toute ma gratitude à mon Directeur de Thèse, Docteur **Mahfoud AMARA** pour son aide, son soutien et ses conseils pour mener à bien ce travail et surtout pour sa confiance à mon égard, ainsi que pour toute la peine consentie pour l'encadrement de ce travail de recherche.

Au Professeur **Tarek HARTANI** pour l'honneur qu'il me fait de présider le jury, ainsi qu'au Docteur **KACI Ferhat**, au Docteur **Lies REGUIEG** et au Professeur **Aissa ABDELGUERFI** d'avoir accepté de faire partie du jury.

Mes plus vifs remerciements également sur les orientations et conseils si précieux et pour l'ensemble des informations qui m'ont été communiquées à :

- A Monsieur **A. AIDOU** chef du centre de calcul de l'INA.
- Au personnel de la bibliothèque du Génie Rural, particulièrement Mme **AIDOU** et Mr. **A.BENSALIA** ainsi que **S.SAIDI** de poste graduation.
- A mes collègues de l'Institut Technique des Grandes Cultures, particulièrement Melle **Z. ABDELAOUI**, Madame **F. BELLAH**, **R. TAIBI** et **M. LEDRAA**.
- A mes collègues et amis de la station ITGC de Khemis Miliana, notamment Mrs. **M. DJANE-HAMED**, **Y. BATEL**, Mme **S. KARDJIDJ** et **M. EL HACHEMI** cadres au sein de cette institution.
- A mes amis du Centre Universitaire de K. Miliana, notamment Mrs **D. LAKHDAR EZZINE**, **A. MEROUCHE**, **T. KARAHACENE** et **N. BENMOKADEM**.
- A mes proches, en particulier ma chère mère, mon épouse, mes enfants, mon frère et ma sœur et leurs enfants ainsi qu'à l'ami **Omar** qui m'ont encouragé à aller jusqu'au bout.

Et enfin, à Monsieur **M. DJANE HAMED** pour avoir accepté d'assurer la partie présentation de mon travail.

Dédicace

Dédicaces Je dédie ce travail : A ma chère mère qui m'a tout donné, A la mémoire de mon père, A mon épouse et mes enfants, A mon frère, ma sœur et leurs enfants, A toute la famille Kelkouli, Benramdane et Bengherbia, A tous mes amis avec qui je partage cette consécration et toute la sensation qui s'en suit. A tous ceux qui aiment le bon Dieu, notre prophète Mohamed, le bien, la paix et l'union. Mokhtar

Résumé

L'objectif global des techniques culturales est de maintenir une humidité suffisante dans le sol pour satisfaire les besoins de la plante durant tout son cycle évolutif. Cependant, notre objectif pour cette étude est de rechercher la meilleure manière de conserver l'humidité du sol avec les outils que la majorité des agriculteurs dispose (cover-crop, charrue à disques ou charrue à socs, herse et/ou rouleau lisse ou croskill). Pour cela, nous avons utilisé différentes chaînes d'outil (utilisés par les agriculteurs) du travail du sol, afin de déterminer la plus commode pour cette région du semi-aride. Nous avons travaillé sous irrigation de complément, en partant du fait que désormais, l'irrigation de complément dans le Haut Cheliff est devenue une des conditions indispensables pour garantir une production satisfaisante des céréales.

Parmi les trois chaînes d'outil étudiées dans ce travail, en se basant sur le suivi de l'humidité du sol, c'est la troisième chaîne (charrue à disque suivi du cultivateur ensuite herse et rouleau) qui a donné les meilleurs résultats. Les mêmes résultats ont été trouvés quant à l'incidence de ces chaînes sur le rendement et ces composantes du blé. Donc c'est le cultivateur précédé de la charrue à disque qui a laissé un sol poreux et très favorable à la conservation de l'eau du sol.

Mots clés : Techniques culturales, chaînes d'outil, conservation de l'eau, blé et rendement

Summary

The global objective of the farming techniques is to maintain moisture sufficient in the soil to satisfy the needs for the plant during all its evolutionary cycle. However, our objective for this study is to seek the best manner to preserve the soil moisture with the tools than the majority of the farmers lays out (disc harrow, disk plough or share plough, harrow and/or smooth-wheeled roller or toothed roller). For that, we used various chains of tool (used by the farmers) for soil work, in order to determine most convenient in semi-arid area. We worked under supplemental irrigation, on the basis of the fact that from now on, the supplemental irrigation in High Cheliff became one of the essential conditions to guarantee a satisfactory cereals production.

Among the three chains of tool studied in this work, while being based on the follow-up of the moisture of the ground, it is the third chain (disk plough followed by the farmer then harrow and roller) which gave the best results. The same results were found as for the incidence of these chains on the wheat yield and these components. Thus it is the farmer preceded by the disk plough which left a soil porous and very favorable to the soil water conservation.

ص خ لم

#####. ##### ## ## ##### ## ##### ## #####
(##### ## #
#####). ##### ##### ##### ## #####
(##### ## ## #####) ##### ##### ## ## ##### ##### ##### #
#####. ## ## ##### ##### ##### ## ##
#####.

#####. ## ##### ## ##### #####
#####. ##### ## ## ##### ## ##### ## ## ##
#####.

Introduction générale

L'aridité caractérise de plus en plus le climat algérien et la majorité des zones de cultures sont localisées là où l'eau est peu fréquente, voir rare et chère à la fois.

La sous utilisation des eaux de pluie constitue un problème majeur en Algérie, seuls 20 à 25% des eaux reçues annuellement sont retenues, le reste est soit perdu par évaporation ou tout simplement déversé à la mer.

Par ailleurs, la sécheresse qui a sévit ces dernières décennies a mis en évidence l'effet déterminant de l'eau sur la production. Les meilleures productions céréalières sont atteintes (un peu plus de 30 millions de quintaux) lorsque la pluie annuelle a dépassé les 450 mm avec une bonne répartition.

Le déficit pluviométrique (particulièrement en hiver) a entraîné le dessèchement de nombreux Oueds et la diminution des potentialités des réserves souterraines, on note également la tendance à la hausse très nette qui apparaît aussi bien sur les températures minimales que sur les maximales moyennes (Hassani, 2001), occasionnant ainsi un besoin en eau plus important pour la plante.

Les changements climatiques deviennent au fil du temps des contraintes pour le développement et la croissance des plantes dans leur milieu, notamment dans les zones semi-arides et arides.

L'ensemble de ces facteurs associés à la pratique des techniques culturales inappropriées provoquent une profonde dégradation du milieu correspondant à un appauvrissement excessif des sols et une baisse continue des revenus agricoles.

Nous ne traiterons pas des mécanismes et des principes de base des facteurs d'utilisation efficiente de l'eau ni de l'érosion, mais plutôt du rôle de la chaîne d'outil, comme moyen permettant à l'agriculteur de conserver de l'eau du sol dans les régions semi-arides. La conservation de l'eau est cruciale pour les cultures pluviales car les précipitations annuelles ne fournissent pas d'eau excédentaire. Il existe une relation étroite entre l'humidité disponible du sol, les techniques de conservation de l'eau du sol et les rendements des cultures. Le travail du sol peut influencer sur le bilan hydrique de manières différentes: le labour peut être utilisé pour améliorer la capacité d'infiltration, il suffit de travailler la surface du sol ouverte avec des mottes par un labour ou défoncement. L'autre option est de réaliser un labour grossier, afin de créer une importante capacité de stockage pour l'eau à la surface (entre 20 et 25 cm de profondeur) du sol.

Il est possible également d'effectuer un travail du sol superficiel qui servira à créer une couche sèche, isolée en surface, en brisant les capillaires.

Les chaînes d'outils habituelles (labour, pulvérisation par disques, outils à dents et rouleaux) pour la préparation du sol - enfouissent les résidus végétaux et laissent une couche superficielle à particules très fines. La stabilité structurelle des agrégats peut également être réduite, provoquant un ameublissement et une formation de croûtes. La capacité d'infiltration du sol diminue et le ruissellement démarre plus rapidement. La capacité d'infiltration peut aussi être réduite à cause de la formation de couches moins perméables dans le profil du sol due à la circulation ou à certaines opérations de travail du

sol. Une fine semelle de labour peut se former à cause des socs de charrue émoussés et le poids des roues de tracteur dans le fond ou des instruments lourds à disques peuvent produire une épaisse zone compactée. Alors, la couche supérieure à cette zone sera rapidement saturée en cas de pluies intenses et deviendra boueuse et sera facilement érodée.

Le travail du sol, comme d'autres techniques d'intensification (engrais, désherbants etc.), améliore donc le potentiel de production, comme il peut augmenter le risque de compromettre cette même production en cas de sécheresse au stade critique (épiaison, formation de grain). Les orientations pratiques et le choix raisonné d'une politique de travail du sol qui en découlent ne peuvent donc, justement, concerner que les milieux spécifiques et représentatifs des terrains d'études (Nicou *et al*, 1993).

Dans le cas des zones semi-arides d'Algérie, nous accusons un retard flagrant dans le domaine de la préparation du sol, les raisons sont multiples et différentes d'une région à l'autre.

Les résultats d'enquêtes menés par l'ITGC dans la région du Haut Cheliff, ont montré que plusieurs agriculteurs ne veulent pas trop investir pour les cultures des céréales, ces dernières sont menées d'une manière très archaïques (par tradition ou par méconnaissances), d'autres ne donnent pas d'importance au travail du sol ou ne dispose pas de matériel adéquat.

Une minorité d'agriculteurs compte sur le précédent cultural pour la conservation en eau du sol, tel que la pomme de terre ou la jachère travaillée, mais aucun d'entre ceux qui ont été sondés n'a évoqué l'outil ou la manière du travail du sol pour la conservation de l'humidité.

La déchaumeuse, comme d'autres outils de travail profond du sol, sont inexistants et méconnues, les sols sont travaillés tellement en surface que dès qu'il y a arrêt de la pluie en fin de l'hiver et début de printemps, de grandes fissures apparaissent dont la profondeur peut aller jusqu'à 40 cm

La question que nous nous sommes posée avant d'entamer cette étude, est quelle sera la meilleure manière de conserver l'humidité du sol avec les outils que la majorité des agriculteurs dispose. Ainsi, nous savons que la quasi-totalité des agriculteurs dispose dans leurs exploitations d'un cover-crop, d'une charrue à disques ou d'une charrue à socs et parfois d'une herse et/ou d'un rouleau lisse ou croskill.

Donc, l'objectif recherché était l'utilisation de différentes chaînes d'outil (utilisés par les agriculteurs) du travail du sol, afin de déterminer la plus commode pour cette région du semi-aride.

Nous avons travaillé sous irrigation de complément, en partant du fait que désormais, l'irrigation de complément dans le Haut Cheliff est devenue une des conditions indispensables pour garantir une production satisfaisante des céréales.

Ainsi, notre contribution dans ce domaine consiste à revoir les techniques culturales, (afin de choisir des itinéraires techniques adéquats qui tiennent compte des paramètres climatiques, édaphiques et économiques et qui freinent en même temps la dégradation du milieu naturel notamment le sol.

Le présent travail est donc mené dans le principal objectif, d'améliorer les techniques de conservation de l'eau dans le sol en zones semi-arides, qui selon (Bouzza, in Karrou, 2001) est l'un des facteurs clé pour l'amélioration de la production. Ainsi, donc, le but est de minimiser les pertes d'eau par les phénomènes de ruissellement, d'évaporation, de

drainage, d'érosion et donc maximiser la conservation de l'eau et sa disponibilité pour la plante.

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre 1 : Généralités sur la céréaliculture

1.1. Importance et principales caractéristiques du blé

1.1.1. Importance agronomique et socioéconomique

Le blé est une culture importante pour plusieurs raisons, parmi lesquelles :

La surface réservée à ce type de cultures est de 743 millions d'hectares (FAO, 2000), plus grande que la surface de toutes les autres cultures réunies. (Haldore, 1982).

Le blé apporte plus de calories (Borlaug, 1982) et plus de protéine dans l'alimentation humaine mondiale, que n'importe qu'elle autre culture alimentaire.

Le commerce mondial dans le blé dépasse le commerce de tous les autres grains combinés.

Les plantes constituent 93 % de l'alimentation mondiale. Les céréales contribuent au deux tiers de toute la nourriture, et parmi les céréales, le blé est la plus grande culture. Les produits animaux qui composent le reste 7% de l'alimentation du monde viennent bien sûr indirectement de plantes de céréales et fourrages.

De la production de protéine totale, trois quarts viennent des végétaux. Le blé lui seul contribue à la même quantité de protéine d'origine animale (Borlaug, 1982), comme viande, lait, et oeufs.

Selon les régions, les différents types de blé sont sélectionnés pour leur adaptation à la zone ou au climat et pour leur rendement.

Selon la FAO, 2004, actuellement, seules les variétés de blé tendre et blé dur ont une importance commerciale internationale, car elles sont adaptées à leur milieu et fournissent l'essentiel des programmes de cultures céréalières.

Le blé dur est principalement cultivé par les pays situés autour du bassin méditerranéen, sur le continent américain (Amérique du Sud et Etats Unies) ainsi que l'Inde et la Chine.

En Algérie, les principales régions de production sont situées au Nord du pays entre l'isoète 600 mm et 300 mm, les régions des plaines intérieures du centre, les Hauts plateaux de l'Est, les Hauts plateaux de l'Ouest d'Algérie et récemment dans le sud en irrigué sous pivot.

1.1.2. Situation des blés d'hiver en Algérie

Le blé constitue une importante source d'alimentation dans les hauts plateaux et les plaines intérieures des régions semi-arides (pacage après récolte, sous forme de foin et de son), parfois pour combler le vide fourrager durant les périodes creuses.

Il occupe aussi une place prépondérante dans le système assolement rotation. Les céréales représentent une bonne part de l'alimentation humaine et animale, une source

d'emploi et aussi occupent et rentre en force dans les habitudes alimentaires de la population.

D'après les statistiques agricoles du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (2003), la céréaliculture en Algérie occupe à elle seule 60% de la SAU, qui représente 68% de la SAT. Le blé dur occupe la première place dans la production céréalière avec 67% en moyenne annuelle, son importance réside aussi dans la quantité consommée en moyenne de l'ordre de 220 kg/an/personne.

Jusqu'à ce jour, l'Algérie n'est pas en mesure d'assurer sa sécurité alimentaire et compte sur l'importation pour combler les besoins d'une population qui ne cesse de croître au fil des années. En effet, le coût moyen des importations s'élève annuellement à plus de 2 milliards de dollars, dont les céréales représentent 30%, soit 600 millions de dollars (Selmi, in Zeghouane, 2000).

La faiblesse de la production est due à plusieurs facteurs, parmi lesquels :

- Le changement climatique notamment, la sécheresse et les accidents climatiques ;
- L'approvisionnement et l'endettement des agriculteurs suite aux effets de sécheresse ;
- La faible utilisation des intrants pour leur cherté, rareté ou parfois, par peur des effets négatifs durant les périodes sèches ;
- Le non respect de l'itinéraire technique, notamment les techniques culturales, particulièrement la préparation du sol qui sont négligées ou méconnues, faute de sensibilisation ou par manque de matériel adéquat ;
- Ajoutant à cela, le manque de maîtrise de technique de production.

A titre d'exemple, nous avons deux différentes situations : durant les campagnes 1993/1994 et 1996/97 (années sèches), la production n'a point dépassé les 10 millions de quintaux, alors qu'en 1995/1996 (année humide), la production a largement dépassé les 46 millions de quintaux.

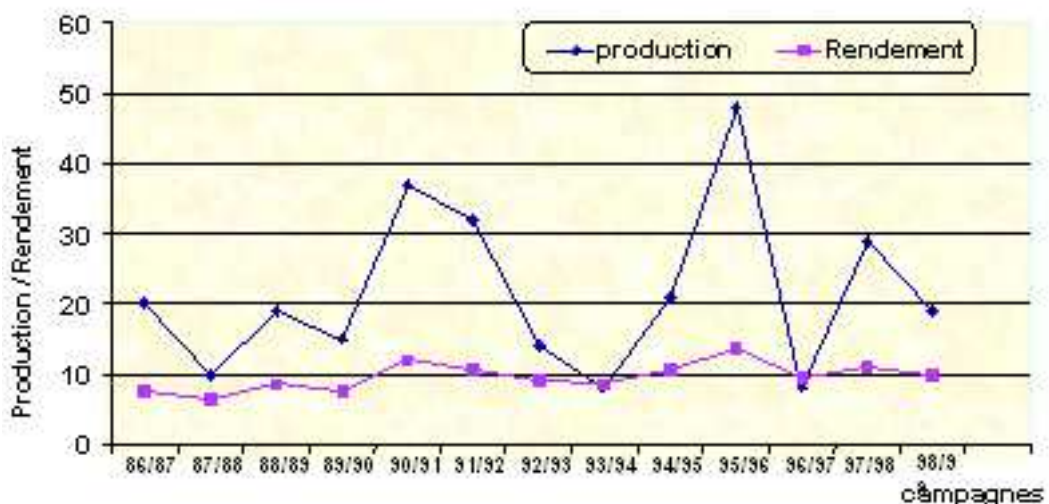


Figure 1 : Evolution des productions en million de quintaux et des rendements en qx/ha à l'échelle nationale de 87 à 99

(Source: ITGC, 2000)

La mobilisation de nouvelles ressources étant très lente et coûteuse pour l'Etat et la collectivité, la solution évidente, économique et rapide consiste en l'application des

techniques agricoles de travail du sol susceptible d'améliorer et de conserver le maximum d'humidité du sol, parallèlement à la réalisation d'infrastructures hydrauliques importantes.

1.1.3. Exigences des blés d'hiver

Les exigences climatiques

En ce qui concerne la température, d'après J.Prats, 1971, les besoins du blé pour ce facteur sont différents selon les stades de culture : au début la température est de 0° c pour la germination, puis une somme de température de 150°c entre le semi et la levée, 500°c entre la levée et le tallage, 850°c entre la montaison et la floraison ensuite 850°c entre la floraison et la maturité ce qui donne une somme totale de tout le cycle de 2350°c.

Dans la région du semi-aride, les fortes températures sont fréquentes et défavorables à la croissance du blé, surtout entre la floraison et le remplissage du grain, ces fortes températures peuvent provoquer l'échaudage (Baldy, 1972) quand elles dépassent les 30°c.

Pour la lumière, celle-ci est nécessaire pour favoriser la morphogenèse, selon Soltner, 1990, elle dépend de la durée journalière (photopériodisme), l'intensité lumineuse influe directement sur la photosynthèse.

Les exigences en eau

L'eau constitue le véhicule des éléments nutritifs et avec lequel s'effectuent les différentes réactions métaboliques, ce qui le rend par conséquent indispensable pour le développement et la croissance de la plante.

Pour avoir un bon rendement, le blé a besoin d'une quantité d'eau comprise entre 500mm à 650mm d'eau selon le climat et la longueur du cycle végétatif (Halet, 1980), au dessous de 500mm, la plante subira un effet de stress dont l'importance dépend de la répartition de cette eau (Boyeldie, 1980). L'alimentation hydrique des céréales comporte une période critique qui s'étend sur quatre à six semaines, du stade épiaison au stade grain laiteux pâteux (Mekliche, 1976).

Cette période correspond aux phases de reproduction (durant lesquelles la culture entre en pleine croissance, en même temps commence le développement de ces inflorescences) et aux premiers stades de formation du grain. Un manque d'eau durant cette période entraîne une chute de rendement considérable.

En effet, du semis jusqu'au tallage, la quantité d'eau disponible dans le sol satisfait généralement ces phases même si le tallage exige une quantité plus importante que celle du semis.

Toutefois, ces phases de croissance sont conditionnées par les techniques culturales appropriées, notamment la préparation du lit de semence de manière à créer une structure favorable à la germination et la levée de la culture, de conserver l'humidité disponible et permettre une bonne infiltration des eaux de pluies.

Par contre, durant la phase montaison un manque d'eau dans le sol cause un arrêt de croissance des tiges et entraîne parfois la mort d'un grand nombre de talle, qui a son tour influe sur le nombre d'épi/m² (Monteny,1970 in Halet, 1977). De même que pour la phase floraison où le déficit hydrique est à craindre, car il peut inhiber la migration des réserves, donc, arrêt du grossissement des grains de blé, par la suite l'échaudage (Carls, 1959 in Day *et al* 1970).

Toutefois, la contrainte climatique ne doit pas être perçue comme une fatalité, l'un des moyens les plus appropriés assurant l'utilisation efficiente des eaux de pluie et d'irrigation est la conservation en eau du sol par les techniques adéquates du travail du sol, le choix du précédent cultural et le respect de l'itinéraire technique recommandée et plus particulièrement les techniques de préparation du sol qui pourraient contribuer au maintien de l'eau dans le sol.

Les exigences en sol

Pour la nature du sol, le blé préfère les terres argilo-calcaire ou limoneuse à limoneuse argileuse et profondes à structure stable et coagulée (Clement, 1970).

Selon Soltner, 1983, une bonne terre à blé est celle qui présente les caractéristiques suivantes :

- Une texture fine assurant aux racines une grande surface de contact ;
- Une structure stable et non dégradée ;
- Une bonne profondeur, permettant aux racines d'utiliser l'eau profonde ;
- Couvreur, 1981 estime qu'un bon enracinement du blé constitue également une assurance contre les risques de sécheresse ultérieure, d'où l'intérêt d'une bonne préparation du sol. C'est à ce niveau qu'intervient l'intérêt des techniques de préparation du sol qui ont un rôle important sur l'émiettement du sol et sur la profondeur de travail.

1.1.4. Conduite culturale

La mise en place

Les conditions de semis et en particulier la date de semis joueront un rôle déterminant sur le nombre d'épis. Dans le cas du semis tardif, il faudra donc augmenter la densité de semis pour obtenir le même nombre d'épis (Couvreur, 1981). C'est ainsi qu'un semis précoce réduit la phase levée de 10 jours, et permet une levée sans pertes et homogène. Les semis doivent être réalisés à l'aide de semoirs en ligne pour avoir une levée régulière et homogène, avec un écartement de 20 à 25 cm et de 2 à 4 cm de profondeur et une densité de 300 à 350 grains/m² selon la faculté germinative, le poids de mille grains, la pureté variétale, une bonne préparation du sol et les conditions pédoclimatiques de la région (fiche technique ITGC, 1995).

Place du blé dans la rotation

Les meilleurs précédents du blé varient selon la région et ces conditions climatiques, cependant, si on peut les classer par ordre de mérite, on commence par ceux qui laissent le sol humide, propre, profond et riche en éléments minéraux. Dans les régions semi-arides, ces dernières années, on a constaté que la pomme de terre, la jachère travaillée et les légumineuses alimentaires en irriguées sont les meilleurs précédents (ITGC, 1987/1995).

Concernant la fertilisation azotée, les besoins du blé sont de l'ordre de 2.5 à 4 kg par quintal de grain (Remy, 1981, in Benzohra, 1996), sous forme d'ammonitrate de préférence ou de solution azotée (urée ou sulfate d'ammonium) et fractionnée en deux ou trois apports : soit en début tallage, début montaison et parfois même à l'épiaison, selon les résultats des travaux de l'ITGC à Khemis-Miliana, 1994.

Pour le phosphore, les besoins sont compris entre 1.3 à 1.6 kg de P₂O₅ par quintal de grain, d'habitude ce fertilisant fait partie des engrais de fonds et peut être épandu avant les semis et enfouie durant les labours. Tandis que la potasse, les besoins sont situés entre 1.5 à 4 kg de K₂O₅ par quintal de grain, cet engrais doit être épandu avant les semis, en même temps que le phosphore.

Après avoir passé en revue les exigences et la conduite culturale des blés d'hiver, nous allons entamer dans ce qui suit, les différents paramètres relatifs à l'installation de la culture, de la préparation du sol aux matériels nécessaires pour la réalisation de ses opérations.

1.2. La préparation du sol

1.2.1. Itinéraire technique

La préparation du sol est l'une des principales techniques culturales responsables du bon développement des cultures et garantissant en grande partie le haut rendement. L'ensemble des opérations de préparation du sol comporte généralement : le déchaumage, le labour, le pseudo labour et les façons superficielles. Pour réaliser ces opérations l'agriculteur utilise plusieurs outils qui agissent mécaniquement, afin d'amener le sol à l'état physique souhaité, parmi les principaux objectifs, on peut citer :

- La rétention et le stockage des eaux de pluie et la conservation de l'humidité du sol ;
- La régénérescence de la structure du sol pour un développement racinaire sans difficulté, par l'augmentation de la porosité ;
- L'émiettement adéquat pour faciliter les opérations du semis ;
- L'assainissement du sol en détruisant les adventices et un grand nombre de parasites ;

Le maintien et l'accroissement de la fertilité du sol en y incorporant des débris végétaux ou des amendements organiques, ainsi que des engrais minéraux ou parfois des pesticides. Le travail du sol amélioré agit donc sur la structure et la fertilité du sol par une meilleure aération, porosité et perméabilité, ce qui se traduit par une bonne rétention en eau et une valorisation efficiente des eaux de pluie par la plante.

Le labour a été pendant des siècles, la principale opération de travail du sol, en raison de l'efficacité qu'avait le retournement de la terre (fig. 2) dans la lutte contre les mauvaises herbes.

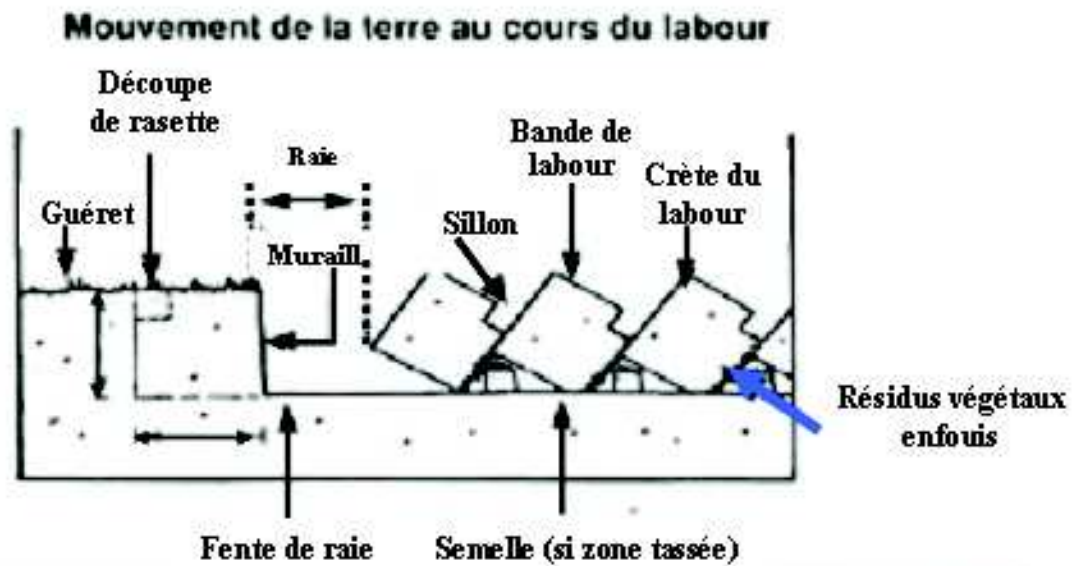


Figure 2 : Mouvement de la terre au cours du labour

Source : (Barthelemy . et al, 1992)

Il y a aussi les pseudo labours qui se distinguent des labours dont la profondeur moyenne varie de 20 à 30 cm, du fait que les outils utilisés ne réalisent pas un retournement de la bande de terre attaquée, mais provoquent essentiellement sa division et son brassage, donc, ce sont des opérations de nivellement, d'ameublissements et de nettoyage à des profondeurs moyennes allant de 10 à 15 cm.

Enfin, il y a les façons superficielles qui réalisent des travaux à faibles profondeurs dont le rôle essentiel est d'émietter, de briser les mottes et de préparer un lit de semence apte à recevoir les graines.

1.2.2. Les opérations culturales et matériels utilisés

Le décompactage

C'est un travail profond de 25 à 40 cm qui doit être réalisé tout les 2 à 4 ans dans le but de faire la destruction de la profondeur de travail pour les différentes opérations, éclater la zone compacte ainsi que les semelles de labour. Ce sont des outils à dents qui réalisent deux principaux types de travaux : le labour profond et le défoncement très fréquent en Algérie, réalisée avec la charrue balance (Hamadache, 2001), cependant celle-ci laisse de grosses mottes difficiles à émietter.

Le déchaumage

Le déchaumage est destiné à effectuer des labours superficiels, de 5 à 10 cm, parfois même 15 cm de profondeur, favorisant ainsi le sectionnement des résidus végétaux (paille) et le contact des chaumes et débris de récolte avec la terre de façon à accélérer leur décomposition, il permet également la levée des adventices avant leur destruction dans les zones humides, ou après une récolte de printemps, pour préparer une levée des adventices.

En zones sèches, le déchaumage est utilisé souvent pour éviter la perte d'humidité, spécialement en sols lourds (vertisols : à fissurations). Pour cette opération, les outils utilisés

sont le cover-crop lourd, les déchaumeuses à disques, le cultivateur rotatif à axe horizontal, ou même les cultivateurs lourds à dents combinées avec des bûches roulants ou des disques (ITCF, 1985).

Le labour

C'est une opération qui a pour objectif d'enfouir et d'incorporer au sol les résidus de récolte, les engrais et les produits chimiques, de conserver l'humidité du sol en permettant l'infiltration de l'eau pour constituer la réserve, de lutter contre l'érosion et de détruire les mauvaises herbes.

La charrue à socs

La charrue à socs découpe la terre horizontalement (fig. 3) par le soc et verticalement par le coutre, puis retournée au cours de l'avancement par le versoir.

Le choix de la charrue doit tenir compte du type de sol, de la rotation pratiquée et de la puissance de traction disponible, on distingue deux types de charrue :

1.2.2.3.1. La charrue à socs

La charrue à socs découpe la terre horizontalement (fig. 3) par le soc et verticalement par le coutre, puis retournée au cours de l'avancement par le versoir.

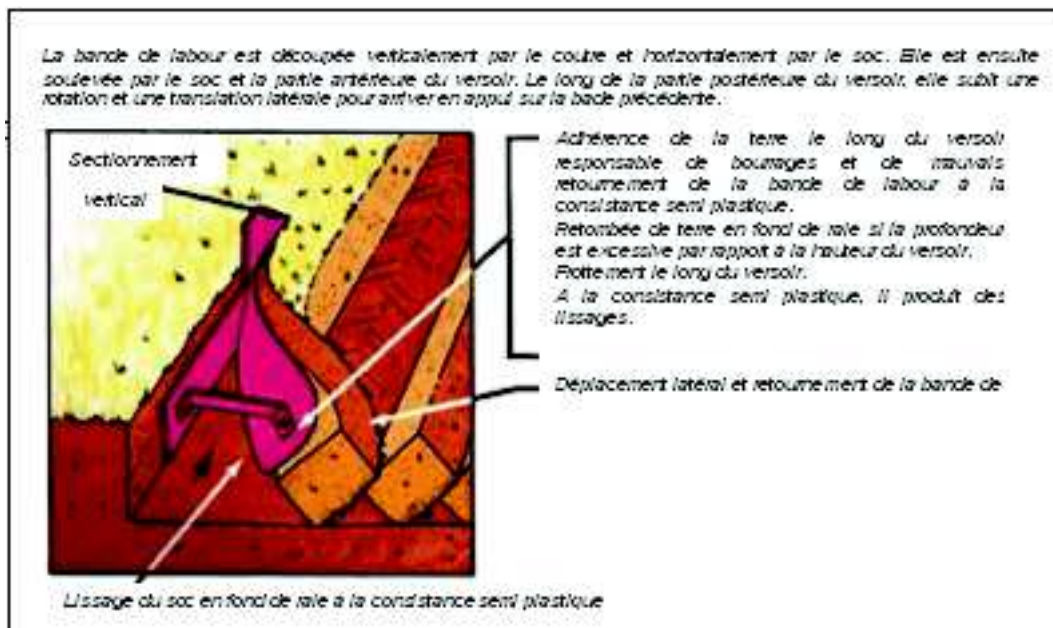


Figure 3 : Mode d'action de la charrue à socs, sectionnement vertical

(Barthlemy. et al, 1992)

Ainsi, le coutre assure le fendillement vertical (Billot et Dalleine, 1979), en sol plastique, le coutre améliore le retournement de la bande de terre (fig. 3).

La rasette découpe et enfouit dans la masse labourée une bande de terre de surface, les mauvaises herbes et les débris végétaux se trouvant en surface. Celle-ci peut être remplacée par le déflecteur, toutefois, son utilisation est déconseillée en sol argileux humide.

Les versoirs sont de forme très variée : les versoirs cylindriques sont conseillés pour les labours profonds (Dalleine, 1979) et les sols argileux, mais ils laissent une surface

motteuse, toutefois ses types de versoirs émiettent mieux que les autres versoirs. Les versoirs hélicoïdaux, conviennent bien aux labours peu profonds, lents mais, ils laissent peu de terre fine. Les versoirs universels, intermédiaires entre les deux autres, permettent, en raison de leur forme mixte, d'émietter plus ou moins le sol.

Dans des conditions de faible humidité, sur un des sols limoneux ou limoneux argileux (faible taux d'argile), la vitesse permet d'obtenir, des bandes de terre superposées (fig. 3). Horizontalement et bien émiettées, mais l'indice de foisonnement (Dalleine, 1974), diminue.

La charrue à disques

Les charrues à disques donnent des labours plus accentués, plus fin ou plus motteux selon les conditions (Billot et Dalleine, 1979) du sol, que la charrue à versoirs cylindriques.

Elle est généralement utilisée dans les sols caillouteux ou usants, elle est de plus en plus remplacée par les charrues à sécurité non-stop. Leurs angles plus accusés lui permettent une meilleure pénétration dans le sol sec mais enfouit mal les débris végétaux. Elles roulent sur l'obstacle, découpent la terre par le bord d'attaque du disque pour la déplacer latéralement par l'action de rotation du disque. Ce type de charrue convient mieux dans les sols caillouteux, s'ils sont durs, friables ou semi plastiques, donc c'est des charrues des conditions de sols secs.

L'efficacité d'émiettement et de retournement du sol (Candillon, 1978 in Benzohra, 1996) travaillé par la charrue à disques dépend de la structure et de l'humidité du sol.

En recherchant l'intérêt agronomique du labour à la charrue à disques, Duthil en 1973 constate une mauvaise circulation d'eau dans le sol à travers ce type de travaux, du fait qu'il n'y a jamais de cavité régulièrement disposées, ni de bandes continues. On général, on obtient beaucoup de terre fine, durant les labours d'automne, mais aussi des fissurations durant les années sèches à la sortie d'hiver et au printemps. Le poids important (Barthelemy *et al.*, 1992) de ces charrues entraîne une semelle de labour non désirée par les agriculteurs.

Les pseudo labours

Ce sont des travaux qui sont généralement réalisés par des pulvérisateurs qui peuvent être employés pour les préparations du lit de semence sans labour ou, souvent en reprise de labours motteux et secs pour sectionner les mottes dures.

Ces opérations se distinguent des labours du fait que les outils utilisés, ne réalisent pas un retournement de la bande de terre attaquée, mais, provoquent essentiellement sa division et son brassage (Amara, 1983).

Les appareils de pseudo labour ou de reprise de labour, sont utilisés généralement dans les terres labourées, cahoteuses pour effectuer des travaux de nivellement, d'ameublissement et de nettoyage (Kelkouli, 1984). Outre les instruments à disques que l'on peut classer en deux catégories : les déchaumeuses et les pulvérisateurs à disques, on dispose d'instruments à dents et à pointes.

En ce qui concerne ces outils (à disques), comme tous les autres outils, le mode d'action dépend essentiellement du réglage. La profondeur de travail, par exemple, est liée au poids, au diamètre, au nombre de disques par mètre et à la consistance du sol, elle varie de 5 à 15 cm.

Par ailleurs, le passage de cover-crop peut provoquer le tassement à la base du labour, qui parfois est recherché par certains agriculteurs, pour réduire la porosité du sol (Kessraoui, 1985 in Benzohra, 1996), surtout en sol creux et sablonneux.

Les façons superficielles

Les herses

Ce sont des travaux à faibles profondeurs de 8 à 10 cm, pour reprise superficielle, ils permettent d'ameublir, d'émietter et de préparer un lit de semence apte à recevoir les graines. Ces opérations sont généralement réalisées par les herses de plusieurs types, les plus importants sont : les herses animées presque inexistantes et/ou méconnues en Algérie et les herses classiques parfois à cage roulante les plus utilisées dans notre pays.

Ces dernières sont des outils très simples bien adaptés pour le nivellement (Barthelemy *et al.*, 1992), mais inefficaces pour émietter les sols durs ou semi plastiques, qu'ils soient battants ou sableux, argileux ou intermédiaires, par contre, elles sont très conseillées dans les sols friables, quelque soit la texture, cela dépend de la teneur en eau du sol au moment du travail.

Les rouleaux

C'est des outils utilisés généralement pour le tassement du sol après semis, il existe plusieurs types, les rouleaux lisses, ondulés, cultitasseurs, croskills, squelette spirales et à disques ou en étoile, cependant les plus fréquents en Algérie c'est les rouleaux lisses et les rouleaux croskills.

Les principaux objectifs de roulage sont :

- Favoriser le contact sol graine après semis pour faciliter la germination ;
- Augmenter l'émiettement pour une levée homogène ;
- Réduire la porosité du sol ;
- Améliorer le contact sol racine en cas de sol creux
- Créer une couche au dessous du lit de semence où l'eau nécessaire à la germination circule librement.

En général, les techniques culturales et les outils appropriés pour les différentes opérations de travail du sol, dépendent de divers facteurs, et sont spécifiques aux régions, climats, sols et cultures pratiquées. Dans le chapitre qui suit, nous allons essayer d'évoquer quelques paramètres qui affectent le travail du sol.

Chapitre 2 : Paramètres affectant le travail du sol

2.1. Paramètres climatiques

2.1.1. Les précipitations

Dans les régions du semi-arides, le choix du système de travail du sol préférable est de veiller à favoriser la conservation des eaux, afin de retenir dans le sol le maximum d'humidité

pour la culture. Ainsi, Unger, 1989, pense qu'il est opportun d'adopter des systèmes qui facilitent l'infiltration des eaux de pluie, retiennent la neige et ralentissent l'évaporation. Il est possible d'accroître la capacité d'infiltration en réduisant le ruissellement, en maintenant la couche superficielle du sol dans un état favorable à l'infiltration rapide et en retournant ou en brisant les couches du profil qui font obstacle à la pénétration de l'eau, d'où l'importance des techniques de préparation du sol.

2.1.2 Les températures et le rayonnement

Les façons culturales permettent parfois de modifier la température du sol et d'avancer la date du semis, donc allonger la période de végétation.

Les façons culturales influencent le bilan du rayonnement d'un sol (absorption, stockage et renvoi du rayonnement) en raison de leur effet sur sa couleur et sur son taux d'humidité (Wilsie, 1962 in Unger, 1989), de l'exposition de la pente au soleil et de la présence de résidus de récolte en surface (Radke et al, 1982 in Unger, 1989). Une surface humide et rugueuse récemment travaillée absorbe plus de rayonnement qu'un sol lisse et sec, elle permet de refléter les rayons lumineux (phénomène d'albédo).

2.1.3. Le vent

La vitesse et parfois la direction du vent ont un effet prépondérant sur le choix des façons culturales qui conviennent le mieux à une zone climatique donnée, en raison surtout des possibilités de défense qu'elles offrent contre l'érosion éolienne.

2.2. Facteurs liés à la pédologie

Parmi les facteurs pédologiques qui jouent un rôle relativement important dans le choix des façons culturales, on peut citer la pente, la texture, la profondeur, la densité, la salinité et le drainage du sol. Nous nous limiterons dans ce qui suit à la texture du sol, en raison de sa relation directe avec le travail du sol et la conservation de l'humidité. La texture du sol a une influence déterminante sur les phénomènes d'érosion, les façons culturales appropriées peuvent être en générale d'un grand secours pour lutter contre ces érosions qu'elles soient éolienne ou hydriques (Harrold et al 1972, in Unger, 1989) et pour assurer la conservation des eaux.

Certains résultats des travaux, selon (Finnelle, 1944 in Unger, 1989), ont montré que le labour effectué sur sol chaumé avec un cultivateur à soc plat et une charrue à disques suivant les courbes de niveau avant de semer le blé d'hiver n'a pas plus d'effet sur la conservation des eaux et sur le rendement que s'il avait été effectué sans tenir compte de la pente, ces méthodes de travail assurent apparemment une rugosité et une porosité similaire, quelle que soit la pente.

De nombreuses études ont montré que la variation de la production des cultures est dues généralement aux différentes méthodes culturales. Selon Eck et Taylor, 1969 in Unger, 1989, la réponse des cultures céréalières à racines fibreuses telle que les blés était liée à la quantité d'eau dans le sol.

Chapitre 3 : Relation humidité du sol avec la culture

3.1. Impact des faiblesses de précipitations sur la culture

Les grandes surfaces céréalières en Algérie se situent généralement dans les zones de précipitation annuelles entre 200 et 500 mm, avec une dominance des régions semi arides où les précipitations annuelles dépassent rarement les 300 mm. D'après les statistiques agricoles la production nationale des céréales est étroitement liée avec la nature de la zone, selon qu'elle soit peu, moyennement ou bien arrosée. La figure 4 montre clairement la distribution des zones et les moyennes annuelles des pluies.



Figure 4 : Carte de distribution de la moyenne annuelle des précipitations dans l'Algérie du Nord.

(Maatougui, 1996)

Caractéristiques climatiques des zones de culture

D'une manière générale le climat du Nord de l'Algérie est de type méditerranéen à l'Est et marqué par une continentalité à l'Ouest (Legoupil, 1972), se caractérisant par des automnes et printemps très écourtés, de manière qu'on passe des basses températures hivernales aux hautes températures estivales.

L'hiver présente des températures douces dans les régions du littoral et sub-littoral et très basses dans les hauts plateaux d'où les fréquentes gelées compromettant souvent la production.

La saison estivale est relativement plus longue que l'hiver, sèche avec des températures très élevées au point où même la photosynthèse est parfois bloquée.

La variation territoriale est inter annuel est tellement importante (fig. 5) qu'il soit impossible de prévoir et choisir le matériel adapté pour ces zones.

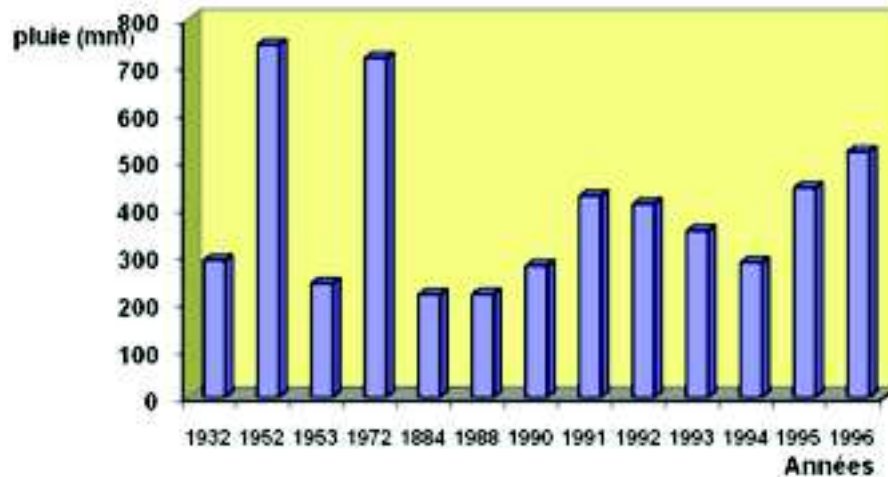


Figure 5 : Variation des pluies totales interannuelles de quatre grandes régions d'Algérie

(ITGC, 1997)

Ainsi l'été étant sec, c'est l'hiver qui est susceptible d'apporter l'humidité nécessaire à la culture et couvre partiellement les besoins de la plante puisque environ les trois quarts des pluies reçues annuellement sont enregistrés en hiver.

La plupart du temps la moyenne pluviométrique mensuelle durant le printemps est négative par rapport à la normale, ceci influe négativement sur la production même pour un total pluviométrique annuel dépassant les besoins de la culture. Ce qui explique le fait d'avoir de faibles productions durant les années où le total de pluie dépasse la normale, car toute la quantité a été reçue en hiver. Ajoutant à cela la régression de la moyenne pluviométrique (tableau n°1) enregistrée sur presque toutes les régions d'Algérie.

Tableau 1 : Moyenne pluviométrique annuelle de 1950 à 1994 de quatre grandes régions d'Algérie

Années	Moyenne pluie annuelle
De 1950 à 1966	471 mm
De 1967 à 1979	515 mm
De 1980 à 1989	385 mm
De 1989 à 1994	340 mm

(ITGC, 1997)

C'est les faibles précipitations et leurs mauvaises répartitions dans le temps et dans l'espace qui nous incitent à chercher de nouvelles alternatives, permettant l'utilisation efficace de cette eau, d'où l'intérêt de déterminer les techniques culturales appropriées pour la conservation de l'eau du sol. Actuellement, la production nationale, aussi bonne quelle soit (plus de 30 millions de quintaux) ne peut satisfaire les besoins nationaux qu'à un taux de 25 à 30%.

(Khaldoune et al, ITGC, 1997)

Les raisons essentielles de la faible production est due aux faibles rendements obtenu à l'échelle national (Tableau 2), qui à son tour est due à l'absence et/ou la mauvaise gestion des périmètres irrigués et les techniques d'irrigation adaptées à la zone donnée.

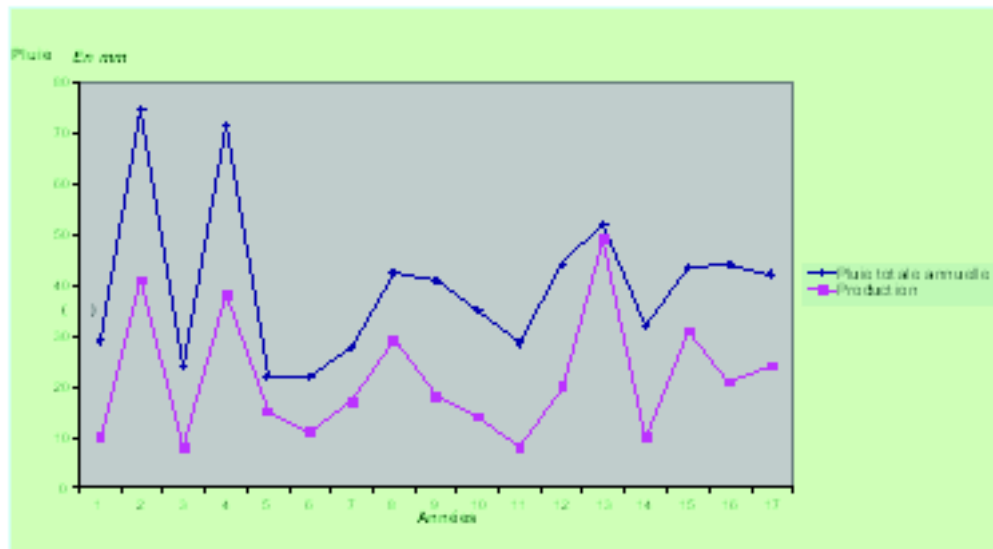


Figure 6 : Relation entre la production annuelle en million de quintaux et la pluviométrie totale annuelle en millimètre.

(ITGC 2000)

La figure 6, montre clairement que la production nationale est tributaire de la pluviométrie annuelle, plus celle-ci est importante plus le rendement est meilleur, ce qui montre que l'agriculture algérienne est dépendante et limitée par la pluie, surtout de mars et avril.

Avant d'évoquer la réserve hydrique du sol, nous donnons un bref aperçu sur ces propriétés chimiques et physiques : ainsi, habituellement, on parle souvent dans le milieu agricole des sols lourds et des sols légers, des sols fertiles et sols dégradés. En fait, c'est les propriétés chimiques et physiques d'un sol et les différents labours et travaux du sol qui font que ces derniers sont différents les uns des autres.

Pour ce qui est des propriétés chimiques, dont on ne peut trop nous étaler, elles sont déterminées par la teneur en azote (N), le phosphore (P_2O_5), la potasse (K_2O) et la chaux ($CaCO_3$).

En plus de ces éléments de base, on a les oligo-éléments (bore, fer, manganèse, zinc etc.). Tous ces éléments sont dissous dans l'eau du sol sous forme d'ions et utilisés par la plante dans le métabolisme.

En ce qui concerne les propriétés physiques, elles sont déterminées par la granulométrie qui donne la texture selon une classification internationale « de l'argile, limon, sable et gravier...), la porosité définie par l'espace séparant les divers éléments solides où l'eau forme une mince pellicule autour de ces éléments solides. C'est ainsi qu'on trouve divers types d'eau :

L'eau gravitaire, c'est celle qui se trouve autour des éléments solides grossiers, après une forte pluie, elle percole en profondeur par gravité.

L'eau capillaire, c'est l'eau qui vient entourer les éléments solides moyens à fins (limons, humus etc.), le mode de déplacement dans ce cas est par capillarité.

L'eau hygroscopique, c'est l'eau entourant les éléments les plus fins du sol (argile, colloïdes), elle est fortement liée aux particules de terre.

La connaissance des divers types d'eau dans le sol et les relations entre le sol, l'eau et la plante, nous permet de suivre et de comprendre, l'effet des différentes chaînes d'outils sur l'humidité du sol et leurs incidences sur la production de la culture.

3.2. Relation sol - eau - plante

3.2.1. Relation eau - plante

Pour accomplir son cycle, la plante a besoin de pomper de l'eau qui est fortement liée aux particules de terre. Pour le faire, la plante doit fournir un effort proportionnel à la liaison eau-particule qui s'appelle « force de succion » ou déficit de pression de diffusion (Luisier, 1972 in Annemiche, 1994). L'eau contenue dans le sol traverse la membrane des cellules des poils absorbants selon le principe d'osmose, la force développée (force de succion) est exprimée en atmosphère (unité de mesure de pression).

Ainsi, l'eau du sol dissout les minéraux (engrais etc.), en les ionisant. Ce mélange ou solution est ensuite absorbé par les cellules des poils absorbants et constitue la sève brute, l'eau dans la plante se répartira en eau de constitution, eau utilisée pour la fonction chlorophyllienne et l'élaboration de la sève élaborée, le reste de l'eau ne fait que traverser la plante pour ressortir sous forme d'évaporation (appelée eau de végétation), elle représente la transpiration, si on ajoute celle qui s'évapore du sol, on obtient l'évapotranspiration de la culture.

3.2.2. Relation sol - eau

Le sol est considéré comme support de la plante et réservoir pour l'eau, chaque type de sol se caractérise par certaines propriétés telles que la granulométrie, la densité, la perméabilité et la capacité de rétention.

La connaissance de ces différentes caractéristiques est essentielle pour déterminer les réserves en eau que contient un sol, les quantités qu'il pourra recevoir et emmagasiner ainsi que les techniques culturales utilisées pour améliorer la conservation de cette eau.

3.2.3. Les réserves d'eau dans le sol

La variation de la réserve d'eau dans le sol est tributaire de multiples paramètres, certains dépendent du type de sol, tel que la texture, structure et profondeur, d'autres sont liés à la conduite culturale, le climat et la région. De toutes manières, les techniques culturales influencent considérablement cette réserve qui à son tour peut être définie comme suit :

La capacité de rétention, c'est la quantité d'eau retenue par un sol après ressuyage. Elle varie en fonction de la taille de constituants granulaires, plus ces derniers sont petits et fins plus l'humidité équivalente est grande.

La capacité au champ, c'est le point de saturation, quand le sol reçoit une grande quantité d'eau, celle-ci remplit toute la porosité et les interstices en chassant l'air et l'humidité atteindra le maximum, alors, on dit que le sol est au point de saturation ou à sa capacité au champ.

Le point de flétrissement, celui-ci correspond à la situation de l'eau capillaire non absorbable par la plante, à ce stade, la plante commence à se faner. Certains chercheurs pensent qu'il est fonction du type de sol et peut être à 55% de la capacité de rétention.

Chapitre 4 : Technique de conservation de l'eau dans le sol

Introduction

D'après plusieurs études menées par la FAO, entre 1960 et 1970, il semble que dans les régions semi-arides, les outils de travail du sol travaillant à faibles profondeurs sont plus intéressants que d'autres types d'outils pour la conservation de l'eau. Les principaux avantages du travail du sol à faibles profondeurs sont : Former une surface motteuse et cahoteuse dans le but d'améliorer l'absorption de l'humidité et de réduire le ruissellement et l'érosion par l'eau et par le vent.

Produire un tassement de sol sous-jacent pour maintenir son humidité en surface.

Détruire les mauvaises herbes et faciliter les façons superficielles pour la préparation du lit de semence et les semis. Dalleine, 1973, pense que dans les conditions de semi-arides, la préparation du sol pour conserver l'humidité, exige certains paramètres tels que :

- Arriver à stabiliser le sol de manière à empêcher l'eau et le vent de déplacer les particules.
- Choisir les techniques culturales qui limitent le ruissellement et minimiser l'érosion.
- Rendre la surface du sol apte à absorber le maximum d'eau de pluie et éviter la formation de battance ou de fissuration.

4.1. Situation de l'humidité dans le sol

La plante ne peut utiliser toute l'eau se trouvant dans le sol. C'est pour cela qu'il faut connaître la partie de l'eau utile à la plante. Si l'humidité équivalente d'un sol est 100% et le point de flétrissement est à 55%, la réserve utile (RU), sera 45%. Toutefois, la plante aura beaucoup de difficulté à utiliser l'eau avec la diminution de l'humidité (Nonguierma et Dautrebande, 1994) et à mesure qu'on s'approche du point de flétrissement.

On estime que la réserve facilement utilisable (RFU) est au 2/3 de la RU, soit $45 \times \frac{2}{3}$, donc, environ 30% de la capacité de rétention. Du moment que le sol est formé de plusieurs horizons différents les uns des autres, leurs RFU est aussi différentes, alors, il faudrait mesurer ces RFU de chaque horizon et faire la somme pour une profondeur d'enracinement des plantes.

Ceci pour estimer les besoins de la culture et déterminer à quel moment on doit intervenir par l'irrigation, avant d'arriver au point de flétrissement. La mesure de l'humidité est possible, soit directement par une lecture directe à l'aide de l'humidimètre portable ou la sonde à neutrons ou alors, par prélèvement d'échantillons de terre par tarière et mesure du poids humide puis poids sec après passage à l'étuve.

Connaissant l'humidité dans le sol à différents niveaux et la partie de cette eau aisément utilisée par la plante, il reste à savoir la technique de conservation de celle-ci, dans le but de déterminer la meilleure façon de travail du sol, permettant la répartition de cette eau dans le sol en agissant sur sa porosité.

4.2. Méthodes d'amélioration de l'absorption de l'eau dans le sol

Les régions semi-arides, sont caractérisées par la faible pluviosité, l'absence de couverture végétale et le tassement causé par le piétinement excessif du sol par les troupeaux, tout ceci réduit automatiquement l'absorption de l'eau par le sol.

Donc, les méthodes indiquées précédemment s'avèrent nécessaires, toutefois, il existe aussi d'autres méthodes qui ne sont pas à négliger et qui consiste par exemple à laisser des résidus organiques sur la surface du sol, suivant la pratique du paillage.

Ces résidus freinent l'écoulement de l'eau suivant la pente et favorisent sa pénétration dans certains cas, il se peut qu'il y ait des couches en profondeurs qui empêchent l'infiltration de l'eau. Pour cela, il est conseillé d'utiliser un sous-solage profond, mais à faible fréquence.

Par ailleurs, en plus des ces techniques de maintien de l'humidité du sol, il est intéressant de travailler le sol suivant les courbes de niveau pour empêcher l'écoulement de l'eau vers le bas.

4.3. Techniques de réduction des pertes d'humidité du sol

Il est clair que, le premier objectif des techniques culturales après celui de donner à la plante les meilleures conditions de développement racinaire, est de travailler le sol de façon à ce que l'eau de pluie ou d'irrigation soit absorbée au maximum.

Pour atteindre cet objectif, certaines actions doivent être prises en considération telle que :

Limiter ou minimiser les pertes d'humidité qui se produisent soit par évaporation à la surface du sol, soit par transpiration de la plante, ou encore, par percolation en profondeurs, au-delà de la zone racinaire.

Selon Boiffin, 1990, le meilleur moyen de réduire les pertes par percolation en profondeur est de maintenir une culture sur le sol. Seulement, dans les zones semi-arides, le problème se pose autrement, les pertes sont plutôt par évaporation et transpiration. Une des méthodes permettant de limiter cette évaporation, consiste à préparer une mince couche de sol, pour produire un écran en surface bien émietté qui inhibe la montée par capillarité de l'eau vers la surface.

Selon des travaux FAO, 1972, le travail du sol sur 12 à 15 cm de profondeur favorise les pertes par évaporation. Donc, les sols très meubles et aérés sont exposés à une forte évaporation. D'autres mesures sont recommandées pour maintenir l'humidité dans le sol : entre autre, détruire ou empêcher les mauvaises herbes de pousser, que ce soit, entre les cultures ou dans les cultures sur pied. Ainsi, ce désherbage mécanique souvent réalisé par des façons aratoires représente un des buts recherchés de la préparation du sol. Cette méthode peut être réalisée par l'utilisation de la jachère travaillée pour emmagasiner le maximum d'eau.

4.4 Effet du travail du sol sur la conservation de l'humidité du sol

4.4.1. Introduction

Tel que ça été mentionné précédemment, le travail du sol vise à améliorer la structure du sol, en utilisant les outils appropriés aux bons moments. Ceci, s'opère en modifiant la taille des mottes et leur cohésion sur des profondeurs données.

Généralement, on cherche par le travail du sol à changer l'état de la structure initiale du sol compacte et imperméable à une structure poreuse, grumeleuse profonde (Soltner, 1977), permettant une meilleure circulation de l'eau et l'air, faciliter la germination et le développement racinaire de la plante.

Dans les régions semi-arides, le choix des outils de travail du sol est beaucoup plus complexe, il s'agit en fait, de rechercher non seulement, les outils qui favorisent l'infiltration et la conservation de l'eau, mais également, avoir une structure telle que les racines puissent explorer durant les périodes sèches de l'année.

Selon Barthelmy, 1987, le choix des outils du travail du sol est fonction ou dépend du degré d'humidité du sol au moment de l'intervention. En effet, l'humidité indique l'aptitude du sol à être travaillé et la qualité du travail recherché. L'état hydrique d'un sol avant l'utilisation des outils est déterminant dans la mesure où il est par exemple difficile d'obtenir un émiettement en condition d'humidité excessive, par contre, le contraire est vrai dans des conditions de sols secs.

L'humidité excessive est à éviter (Dalleine, 1997), lors de la préparation du sol en raison du risque de provoquer la formation des mottes et laissée des cavités.

Par ailleurs, dans des conditions de sécheresse, les racines sont appelées à chercher de l'eau en profondeur, mais l'excès d'eau en surface, peut aussi inhiber la croissance des racines. Cet état de faits, nous conduit à étudier les propriétés du sol et leurs incidences sur le développement de la plante.

4.4.2. Propriétés du sol et leurs effets sur le développement de la plante

Le travail du sol doit être réalisé de façon à permettre au sol d'être mieux aéré pour le développement des racines et la plante. Il permet ainsi d'établir une surface de terre fine laissant pénétrer l'eau de pluie et favorable à la réception des graines et leur germination. Actuellement, dans plusieurs régions du monde, les agriculteurs pratiquent un labour minimum et peu profond pour conserver leur terre. Les matières végétales qui restent après récolte sont ainsi enfouies moins profondément, ce qui permet de mieux conserver l'humidité de surface et de protéger le sol contre l'érosion. L'accès à l'eau doit être continu et aisé, sa variation est obtenue par action principalement sur la porosité et la densité ainsi que sur les dimensions des agrégats du sol.

La densité apparente

C'est une des propriétés physiques du sol qui permet de nous donner une idée sur les conditions de développement racinaire selon sa texture ainsi que sur le tassement et sur la porosité. Ce qui explique clairement que certain outil après leur passage laissent une meilleure structure du sol permettant un bon développement des racines et d'autres tassent et empêchent la bonne circulation de l'eau dans le sol, par conséquent, les rendements des cultures sont compromis.

La compaction

Pour réduire les grandes ouvertures des sols laissées par les labours profonds, certains agriculteurs recherchent le tassement, mais pour une certaine zone et non excessif. (Duthil, 1973), cela permet de refermer et émietter la surface des sols, en présence de mottes et

faciliter au dessous de la zone où les graines sont enfouies, la formation d'une structure continue où circule mieux l'eau nécessaire à la germination (Dalleine, 1974 in Benzohra, 1996).

Le tassement est aussi recherché pour faciliter parfois l'adhésion et le contact grain sol et permettre une germination et levée homogène, cependant, un tassement excessif peut compromettre la croissance racinaire et diminue l'aération et la circulation de l'eau, donc, avoir des conséquences négatives sur la production agricoles.

La porosité

L'eau est retenue par les particules du sol sous forme d'adsorption mais surtout par la tension superficielle qui s'exerce à l'intérieure des pores dont les dimensions varient avec la nature du sol. Les sols constitués de particule relativement grosses (sables, par exemple) présentent des pores peu nombreuses mais relativement grand (Macroporosité) où l'eau retenue par tension superficielle est moins importante par un volume de sol donné, que dans le cas d'un sol à particules plus fines (sols limoneux ou argileux) et donc à pores plus petites (Microporosité) et plus nombreux.

La porosité d'un sol est l'une des conditions majeure de stockage et circulation de l'air et l'eau dans le sol (Monier, 1985). Selon Dalleine, 1978, le chisel laisse le sol plus creux, même avec passage de rouleaux croskill ou rouleau lisse pour retasser. Toutefois le passage de la charrue laisse une porosité suffisante, mais le passage des outils de préparation superficielle provoque sa réduction. Les meilleurs rendements sont atteints lorsque la porosité est optimale, car ce paramètre est étroitement lié à la structure du sol et de l'humidité disponible dans ce dernier.

En effet, la porosité du sol détermine la concentration de l'oxygène dans un sol donné qui diminue avec la profondeur et change avec les stades phénologiques et passe par un maximum en été.

4.5. La conservation de l'eau dans les rotations du blé sous différents systèmes de gestion du labour dans les régions semi-arides

4.5.1. Introduction

Dans les zones où la pluviométrie moyenne est comprise entre 240 mm et 300 mm, le blé après jachère utilise l'eau d'une manière plus efficace que le blé sur blé, particulièrement, la jachère travaillée au printemps, elle permet d'enfouir les mauvaises herbes, de couper la capillarité et de conserver l'eau des pluies d'hiver. Le non labour est le non trouble du sol dans la période sèche après la récolte fût une exigence pour une bonne jachère.

Dans les régions du semi-aride, l'amélioration de la conservation de l'eau est le premier objectif d'amélioration du rendement. Les méthodes permettant d'atteindre cet objectif sont spécifiques à l'environnement ; les modèles du climat, sols et cultures sont interdépendants dans un système particulier. Le labour est probablement le plus vieux moyen utilisé pour l'emmagasinement de l'eau dans le sol et les pseudo labours permettent sa conservation.

Le contrôle de la mauvaise herbe pendant jachère est obligatoire pour conserver l'humidité dans le sol (Wies et Staniforth, 1973); Fenster 1977). Pour une longue période ce contrôle fut accompli par labour avec une gamme d'outils. Aujourd'hui, celui-ci est réalisé

Etude de l'effet de différentes techniques culturales utilisées en grandes cultures sur la rétention du sol en eau dans les conditions du semi-aride, région du Haut Cheliff, cas du blé.

chimiquement; le résultat : plus de stockage de l'eau (Fenster et Paterson, 1979; Smika et Unger 1986).

Tableau 3 : progrès des systèmes jachère concernant le stockage de l'eau et les rendements du blé.

Années	Jachère labourée (*)	Stockage de l'eau en jachère		Rendements Kg/ha
		Quantité (mm)	Ratio précipitation	
1916 1930	Labour normal Labour, herse (broyage de la paille)	102	19	1070
1931 1945	Labour conventionnel; peu profond, disque, extirpateur	118	24	1160
1945 1960	Labour conventionnel amélioré Paillage de chaume a commencé en 1957	137	27	1730
1961 1975	Paillage de chaume, le labour minimum avec les herbicides a commencé en 1969	157	33	2160
1976 1983	Projet évaluation du labour minimum, Le non labour n'a commencé qu'en 1983	183	40	2690

(*) basé sur une jachère de 14 mois, de la mi juillet à la deuxième mi septembre.

(Bouzza, 1991)

Le couvert végétal durant la période de jachère et les stades de développement des plantes sont aussi un facteur important pour la conservation de l'eau; souvent plus que le labour (Unger, 1978). Bien que le non-labour à montrer son efficacité pour la conservation de l'eau, l'adoption de ce système n'était pas répandue durant cette même époque.

L'USDA (le Département d'Agriculture des Etats Unies d'Amérique) a estimé en 1978, que pour l'année 2000, 65% du blé seront produits sous le système du non labour (Smika, 1981).

4.5.2. Cas de la jachère

Selon Bouzza, 1991, dans les Grandes plaines centrales des Etats-Unis une efficacité maximale de la jachère de 45 à 50% a été accomplie avec le non labour et le contrôle chimique des mauvaises herbes, alors que dans le Pacifique Nord-ouest qui a un climat plus proche aux régions sèches de l'Algérie et du Maroc les labours peuvent être exigés. Jachère chimique à Pendleton, l'Oregon a conservé moins d'eau et a donné moins de grain parce que la jachère non travaillée à provoquer un dessèchement à telle profondeur que le blé ne pourrait pas être semé, à cette humidité au moment du semis.

Les semis ont été réalisés en retard, parce qu'il fallait attendre les pluies et les rendements étaient compromis (Thill et al., 1978).

Stimulé par les travaux américains du minimum labour, les Australiens ont étudié la jachère conventionnelle, minimum labour et control chimique dans un climat typique méditerranéen. Les résultats incompatibles ont été rapportés. Greenwood et al. , 1970 ont obtenu des résultats pauvres quand le déchaumage a été remplacé par le désherbage chimique. Schultz, 1972 a aussi obtenu de faibles résultats avec le control chimique de la jachère, particulièrement dans les zones sèches. D'autres chercheurs ont reporté que la jachère conventionnelle et le control chimique de la jachère peuvent être égaux ou parfois légèrement mieux que la monoculture et le semis direct (Reeves et Smith, 1973).

En Syrie, qui est un pays méditerranéen avec les mêmes conditions que l'Algérie, l'efficacité de la jachère à long terme a été 15 à 25% sans indication de son mode de conduite (Tonnelier et Grégory, 1987).

4.5.3. Effet du labour sur la conservation de l'eau

Le labour associé à la jachère est aussi considéré comme un système annuel pratiqué pour la conservation de l'eau. La conservation de l'eau est devenue possible par l'amélioration de l'infiltration, la réduction de l'évaporation et la suppression de la transpiration indésirable.

Dans les grandes plaines centrales d'Amérique, le stockage d'eau par la jachère chimique est plus que de tous autres types de jachère (Fanster et Paterson, 1979). Plus il y a les résidus à la surface du sol, plus le stockage de l'eau est grand (Unger, 1978). Smika (1983) a affirmé que la paille devrait être enlevée pour diminuer la vitesse du vent, et aussi l'évaporation.

L'utilisation du chisel

L'utilisation du chisel après le blé est un usage commun dans la jachère du Nord-ouest pacifique. Dans les régions climatiques où les gelées et les précipitations se produisent en hiver, l'utilisation du chisel augmente le stockage de l'eau en augmentant l'infiltration (Lindstrom et al., 1974) comparé avec l'utilisation du disque ou non labour.

Où les hivers sont doux (comme l'Algérie) il n'y avait aucune différence ! Allmares et al. (1977) ont montré même une réponse négative en utilisant le chisel.

Travail superficiel du sol

Un nettoyage du sol suivi du désherbage mécanique est une méthode très fréquente dans la jachère au Nord-ouest pacifique. Cela résulte d'un paillage du sol durant les semis sans couvert des résidus des végétaux. Papendick et al. (1973) ont montré qu'il y a une interface tranchante entre le paillage du sol et le sol plein sous-jacent réalisé par l'extirpateur. La vapeur d'eau et le transfert du liquide sont restreints par le paillage du sol. L'eau liquide se déplace du bas en haut à l'interface du sol- paillage pleine et un flux de la vapeur se déplace vers le bas de la couche du paillage du sol chaude et sèche. Cette chaleur combinée et courante de l'eau fournisse la conservation de l'eau totale et entretient l'humidité du sol en profondeur au semis précoce. Le paillage du sol est aussi préconisé en Australie par Holmes et al. (1977) comparé au non labour ou mottes grossières à la surface.

Plus récemment, la première année de recherche a montré en Pullman, Washington indique le système du non labour améliore la conservation de l'eau du sol (Saxton *et al.*, 1981).

Labour après récolte

Le labour de la post-récolte pour retourner la surface du sol a été fait généralement pour augmenter le potentiel de stockage de l'eau. Cependant, le stockage de l'eau du sol dans la surface se sera évaporé vraisemblablement par cet entraînement (Unger et Stewart, 1998).

L'objectif fondamental du labour de post récolte est d'empêcher des mauvaises herbes de produire des graines en cas de pluies tardives pendant la période de croissance.

Ce genre de labour est effectué généralement avec un balayage dans le pacifique Nord-ouest aux États-Unis.

Où des sols fissurés existent, cet entraînement peut diminuer aussi l'évaporation par les fissures, bien que l'infiltration diminue quand les pluies reviennent (Ney, 1984).

Cooke, (1985) en Australie, a considéré le labour du post-récolte était salubre parce que l'intensité de chute de pluie est souvent plus grande que le taux potentiel d'infiltration. Dans cette situation la condition physique de la surface de sol peut avoir une grande influence sur infiltration et finale (Dunin, 1997) in Cooke (1985). Les sols de la surface emballés peuvent être un problème majeur dans la région sèches de l'Algérie où les étés sont très chauds et l'enlèvement de la paille laisse des sols nus avant le temps pluvieux.

Labour profond

L'étude citée par Burnet et Hauser (1968) montre que le développement de la plante augmente en profondeur uniquement là où le développement racinaire, le mouvement de l'eau sont limités par la densité, la compaction et les couches fines de la texture du sol. La croissance de la plante est inhibée si le développement des racines et les eaux sont limitées. Dans les régions où l'eau est rare le travail profond est important pour permettre un développement rapide des racines. Où l'eau limite, le labourage plus profond peut accroître un développement de la racine rapide, en reliant de cette façon des racines à l'eau entreposée dans le sol profond. Où de tel processus pourrait se produire, il aiderait la récupération de l'eau " fossilisée " et réduit l'écoulement dans les années humides dans un système du recyclage de la jachère. Il est reconnu généralement que le labour profond améliore la pénétration de l'eau (Robertson et al., 1977) (Saxton et al., 1981).

Situation de l'Algérie

En Algérie, le labour pour la plupart des agriculteurs est un labour avec une charrue à disque ou soc après récolte, suivi des reprises avec cover-crop. Bien que les agriculteurs paraissent accepter quelque type de pratique du labour, Baghati, 1983 (communication personnelle) a déclaré que le stockage de l'eau pendant la jachère dans les régions rurales sèches du Maghreb était improbable durant les étés chauds. Cette opinion a été partagée avec beaucoup d'autres gens, parce qu'ils ont trouvé cette terre labourée (conventionnellement, avec charrue à disque) avait la même quantité d'eau en hiver, comparé à une terre travaillée de façon continue.

Le semis précoce avant la saison des pluies avait été préconisé par beaucoup de chercheurs (Baghati, 1980) ;Bouchtrouch, 1986). Seulement le labour dans des conditions sèches pour la préparation du lit de semence demande de l'énergie (Hadas et al., 1978) et un labour avec disque ou versoir est exigé pour faire un travail adéquat. Le cover-crop, possédait par la plupart des agriculteurs, est souvent utilisé, mais incapable de pénétrer dans le sol avant les pluies.

Il y a quelques années, le chisel avait été recommandé pour remédier à ce problème (pour cultiver le sol avec moins d'énergie) et cela permet de semer avant la saison des pluies.

Malheureusement après le passage du chisel, le disque en deux ou trois passages est obligatoire pour préparer un bon lit de semence. C'est ce qui cause dans la plupart des cas un tassement excessif, sans pour autant avoir un bon lit de semence. La majorité des agriculteurs algériens ne pratiquent ni déchaumage ni labour profond dans les terres compactes, souvent, après un précédent maraîchage ou légumineuse, il y a passage de charrue à soc ou à disque selon la disponibilité, après ils attendent les premières

pluies d'automne pour faire plusieurs passages (recroisement) avec le cover-crop (appelé communément le groupe) ou le canadien, puis parfois, ils font un hersage et parfois non.

Actuellement, le meilleur moyen pour la conservation de l'eau dans le sol, est l'utilisation de la jachère travaillée comme précédent ou une culture maraîchère, telle que la pomme de terre. En effet, moins de passage d'outils et une bonne conservation en eau, très favorable à l'installation et au développement des céréales. Cependant, le problème de la pomme de terre comme précédent, est surtout le fait d'attendre la période d'arrachage de cette culture, qui souvent s'étend jusqu'au mois de janvier, compromettons ainsi la production du blé à cause du semis très tardif relativement à la date préconisée pour cette culture.

Conclusion bibliographique

Selon l'étude bibliographique, il apparaît que, les outils de travail du sol à faibles profondeurs sont plus intéressants dans les régions semi-arides que d'autres types d'outils pour la conservation de l'eau. Leurs principaux avantages sont : Former une surface motteuse et cahoteuse dans le but d'améliorer l'absorption de l'humidité et de réduire le ruissellement et l'érosion par l'eau et par le vent, produire un tassement de sol sous-jacent pour maintenir son humidité en surface, détruire les mauvaises herbes et faciliter les façons superficielles pour la préparation du lit de semence et les semis.

Il est clair que, le premier objectif des techniques culturales après celui de donner à la plante les meilleures conditions de développement des racines, est de travailler le sol de façon à ce que l'eau de pluie ou d'irrigation soit absorbée au maximum.

Pour atteindre cet objectif, certaines actions sont à recommandées :

Minimiser les pertes d'humidité par évaporation à la surface du sol ou par transpiration de la plante, ou encore, par percolation en profondeurs, au-delà de la zone racinaire.

Cela peut se réaliser en préparant une mince couche de sol, pour produire un écran en surface bien émietté inhibant la montée par capillarité de l'eau vers la surface.

Tel que ça été mentionné précédemment, le travail du sol vise à améliorer la structure du sol, en utilisant les outils appropriés aux bons moments. Ceci, s'opère en modifiant la taille des mottes et leur cohésion sur des profondeurs données.

Généralement, on cherche par le travail du sol à changer l'état de la structure initiale du sol compacte et imperméable à une structure poreuse, grumeleuse profonde (Soltner, 1977), permettant une meilleure circulation de l'eau et l'air, faciliter la germination et le développement racinaire de la plante.

Dans les régions semi-arides, le choix des outils de travail du sol est beaucoup plus complexe, il s'agit en fait, de rechercher non seulement, les outils qui favorisent l'infiltration et la conservation de l'eau, mais également, avoir une structure telle que les racines puissent explorer durant les périodes sèches de l'année.

Par ailleurs, dans des conditions de sécheresse, les racines sont appelées à chercher de l'eau en profondeur, mais l'excès d'eau en surface, peut aussi inhiber la croissance des racines. Cet état de faits, nous conduit à étudier les propriétés du sol et leurs incidences sur le développement de la plante.

La porosité d'un sol est l'une des conditions majeure de stockage et circulation de l'air et de l'eau dans le sol (Monier, 1985). Selon Dalleine, 1978, le chisel laisse le sol plus creux, même

avec passage de rouleaux croskill ou rouleau lisse pour retasser. Toutefois le passage de la charrue laisse une porosité suffisante, mais le passage des outils de préparation superficielle provoque sa réduction. Les meilleurs rendements sont atteints lorsque la porosité est optimale, car ce paramètre est étroitement lié à la structure du sol et de l'humidité disponible dans ce dernier.

Dans les régions semi-arides, l'amélioration de la conservation de l'eau est le premier objectif d'amélioration du rendement. Les méthodes permettant d'atteindre cet objectif sont spécifiques à l'environnement. Le labour est probablement le plus vieux moyen utilisé pour l'emmagasinage de l'eau dans le sol et les pseudo labours permettent sa conservation.

Dans le cas du Haut Cheliff, la majorité des outils en possession des agriculteurs utilisés pour la préparation du sol, ne répondent pas aux recommandations techniques des différentes institutions de recherche. Ce qui nous a amené à étudier l'effet de différentes chaînes d'outils utilisés dans cette région, sur la conservation de l'eau et leurs incidences sur le rendement. Le principal objectif recherché est de connaître la meilleure chaîne d'outil et d'apporter des corrections et des recommandations, afin d'améliorer les techniques du travail du sol et de réaliser les meilleurs rendements du blé conduit sous irrigation de complément.

ETUDE EXPERIMENTALE

Introduction et objectif de l'étude expérimentale

Dans les conditions des régions du semi-aride, spécialement en terre argileuse lourde, le mode de préparation du sol est déterminant pour la culture a installé, tant pour la structure du sol, que pour l'humidité disponible durant tout le cycle de la plante.

C'est ainsi que, pour la mise en place, il convient de réunir toutes les conditions satisfaisantes pour les exigences du végétal et permettre la germination, la levée, la croissance des jeunes plantules et l'apparition des premières feuilles.

Comme il existe plusieurs types de matériel et plusieurs méthodes de travail du sol dans cette région, nous pensons que c'est toujours intéressant de déterminer quelle serait la meilleure chaîne d'outils de préparation du sol pour la conservation de l'eau dans le sol et ces conséquences sur le rendement du blé d'hiver et ces composantes.

Toutefois, et sachant que la zone du Haut Cheliff est exposée à une sécheresse cyclique durant ces dernières décennies, comme plusieurs autres régions de l'Afrique du nord, nous avons introduit quatre traitements d'irrigation de complément différents, en fonction de la réserve facilement utilisable du sol. Donc, l'objectif de notre travail est de réaliser une étude comparative ente trois chaînes d'outils en se basant sur l'analyse des paramètres suivants :

- Suivi de l'évolution de l'humidité du sol;
- La densité apparente;
- Le poids de mille grains;
- Le nombre d'épi par mètre carré;
- Le nombre de grain par épi;
- Le rendement réel en grain.

Chapitre 5 : Localisation et conditions expérimentales

5.1. Présentation du milieu d'étude

5.1.1. Conditions pedo-climatiques du milieu d'étude

Situation géographique

Les essais ont été réalisés à la station ITGC de Khemis-Miliana qui s'étend sur la plaine Est du périmètre du Haut Cheliff. Situé à quarante kilomètres de la mer, et entre 1° 30' et 2° 40' de longitude Est, de 36° 15' de latitude Nord et une altitude de 289 mètres (Claus et Legoupil, 1972), la plaine du Haut Cheliff à une superficie d'environ 37000 hectares. Le périmètre est limité par le massif de l'Ouarsenis au sud, le massif de Doui à l'Ouest les monts de Dahra au Nord et les piémonts de Djendel à l'est.

Le périmètre du Haut Cheliff est divisé en deux plaines séparées par le massif de Doui :

La plaine de Khemis-Miliana avec ces quarante kilomètres de long, c'est la plus importante des deux et couvre 25700 hectares ; La plaine de Kherba et Abadia, plus étroite et ne représente que 11300 hectares.

Conditions climatiques du site

En général, le climat du Haut Cheliff est de type méditerranéen avec un caractère de continentalité marquée, aux étés très chauds et secs, aux hivers froids et rigoureux, avec un printemps écourté (Avril, Mai) et un automne très bref (Octobre), selon Legoupil et Claus, (1972).

Régime thermique

La température moyenne annuelle est d'environ 18°, de larges amplitudes journalières et annuelles sont constatées (20°C d'écart entre la température moyenne du mois le plus chaud et celle du mois le plus froid). L'examen des températures maximales (tableau 4) montre à quelle mesure le Haut Cheliff mérite son appellation de Four du Tell Annemiche, (1992) ou encore d'une partie de désert perdu dans le Tell. Elle implique une augmentation d'évapotranspiration de l'ordre de 10 mm à 12 mm par jour.

Les saisons intermédiaires, printemps et automne favorables au développement de la culture sont très écourtés. Ce qui se traduit par un passage très rapide des basses températures hivernales aux fortes températures estivales.

Tableau 4 : Moyenne des températures annuelles,

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
Température maximale	25	21	16	14	13	15	17	21	20	32	36	36
Température minimale	10	15	10	06	05	06	08	10	14	19	23	22
Température Moyenne	18	18	13	10	09	10.5	12.5	15.5	17	25.5	29.5	29

Seltzer (1913/1938)

Régime pluviométrique

Le régime pluviométrique est très variable dans l'espace et dans le temps. La répartition annuelle de la pluviométrie (tableau 5) montre que la période d'intense pluviosité étant l'hiver avec 42% de l'apport annuel répartie en 22 jours de pluies en moyenne. Tandis que les deux autres saisons, l'automne et le printemps ne représentent que 27% du total annuel, répartie respectivement entre 16 et 23 jours de pluies en moyenne. Quand à l'été, celui ci est sec, son apport est négligeable (5% du total annuel).

Le cumul moyen annuel selon Seltzer est de 473 mm (tableau 5), mais la moyenne annuelle estimée sur les 25 dernières années, montre un déficit flagrant par rapport à cette moyenne, particulièrement, aux mois de janvier et mars, en plus de la moyenne annuelle qui enregistre une baisse de 79 mm.

Tableau 5 : Moyenne de pluviométrie mensuelle

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
Moyenne SELTZER (mm)	26	38	64	56	77	61	63	38	29	18	01	02
Pluie (mm) 1978/79-01/02	25	32	50	50	55	54	47	37	26	10	04	04
Déficit	-1	-6	-14	-6	-22	-7	-16	-1	-3	-8	+3	+2

Seltzer (1913/1938) et service météorologique, ITGC Khemis-Miliana (1978-79 / 2001-02)

Les vents

Les vents sont assez forts avec une direction : Est/Nord Est-ouest sud/ Ouest dominante. Durant l'hiver, les vents qui soufflent sur la plaine ont une dominance d'Ouest, d'influence maritime, chargée d'une certaine humidité. En été, les vents sont Est/Nord Est, ces vents sont souvent nuisibles à l'agriculture, car ils perturbent l'irrigation, augmentent l'évapotranspiration et parfois provoquent l'échaudage, particulièrement le sirocco.

5.1.2. Conditions climatiques des campagnes d'essais

Conditions climatiques de la campagne 1996/1997

Tableau 6 : Conditions climatiques de la campagne 1996/1997

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai
Pluie en mm	18.9	30.7	5.6	45.4	51.3	13.6	1.7	71.5	30.4
Temp moy (°C)	21.8	16.9	14.4	12.3	11.2	11.8	12.3	15.9	20.7
Nb jours gelés	00	00	01	08	04	13	17	05	00
Nb jours sirocco	00	00	03	00	01	00	00	00	00



Station automatique des relevées météorologique du site expérimental

Etude de l'effet de différentes techniques culturales utilisées en grandes cultures sur la rétention du sol en eau dans les conditions du semi-aride, région du Haut Cheliff, cas du blé.

La pluviométrie de cette campagne a été relativement faible par rapport à la moyenne normale de la région, 269 mm au total, pour une normale de 473 mm, soit un déficit de 57%, ce déficit à commencer depuis l'automne jusqu'à la fin de saison agricole.

En effet, il a été observé (tableau 6) 55 mm de pluie, entre septembre et novembre, quantité insuffisante pour la reconstitution de la réserve utile du sol. C'est les semis qui ont été les plus pénalisés en raison de cette faiblesse de pluie, en particulier celle du mois de novembre où nous avons enregistré 5.6 mm contre une normale de 64 mm, soit un déficit de 58 mm, ajoutant à cela 3 jours de sirocco.

En hiver, l'ensemble des mois a été déficitaire, c'est durant cette période que la présente campagne a été compromise, le début de printemps a été pratiquement sec, c'est seulement à partir du mois d'avril qu'un excédent de pluie a été enregistré, seulement cette pluie abondante est arrivée trop tard, car la sécheresse d'automne ajoutée à celle d'hiver en plus des hautes températures ainsi que les nombreuses gelées printanières ont tous été les causes des mauvais rendements obtenus durant cette campagne.

Conditions climatiques de la campagne 1997/1998

Tableau 7 : Conditions climatiques de la campagne 1997/1998

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fevr	Mars	Avr	Mai
Pluie en mm	35.1	33.0	102.4	34.0	16.2	29.2	14.8	25.6	88.4
Temp moy (°C)	24.9	20.4	14.4	11.2	10.2	11.8	12.5	15.0	18.9
Nb jours gelée	00	00	01	00	00	00	00	00	00
Nb jours sirocco	01	00	00	03	08	11	15	04	00

En premier lieu, la quantité de pluie enregistrée cette campagne (Tableau, 7) est inférieure à 400 mm, contre 473 mm, normale de la région, d'après Seltzer, sur 50 ans, soit 15% de déficit. Néanmoins, ce que nous avons constaté, est que, même si cette quantité n'est pas faible par rapport à la moyenne, sa répartition a été très irrégulière dans le temps. En effet, la majeure partie a été enregistrée durant les mois de novembre et mai, alors que mars et avril, étaient déficitaires à un taux allant jusqu'à 70%.

C'est la grande quantité de pluie reçue au début du cycle, notamment, au mois de novembre, qui a permis une levée homogène, régulière et sans pertes. Il y a eu aussi quelques jours de sirocco, où nous avons noté des températures maximales sensiblement hautes, ce qui a fait que la culture a accéléré son cycle.

Conditions climatiques de la campagne 1998/1999

Tableau 8 : Conditions climatiques de la campagne 1998/1999

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Févr	Mars	Avr	Mai
Pluie en mm	23.3	29.4	26.7	21.1	56.5	109.4	79.9	3.8	5.6
Temp moy (°C)	25.7	17.32	13.5	8.7	9.7	8.3	13	14.7	22.4
Nbr jour gelée	00	00	02	14	12	10	03	04	00
Nbr jour sirocco	00	00	00	00	00	00	00	00	00

Cette année encore, pareille à la campagne dernière, la pluie enregistrée (Tableau 8) n'a pas dépassé les 400 mm, c'est juste 364 mm, contre 473 normale de la région, ce qui représente 23% de déficit. La plus importante quantité de pluie a été reçue entre le mois

de janvier et le mois de mars, après cela, il y a eu un printemps sec, donc, une mauvaise répartition pour la culture qui a souffert durant la fin du cycle.

Ce qui est remarquable pour l'incidence du climat sur la culture, ce n'est pas l'insuffisance ou la mauvaise répartition, ni même l'absence de pluie durant la fin de campagne (avril, mai), mais, c'est surtout les hautes et exceptionnelles températures enregistrées durant la première décade du mois de mai, qui ont provoqué l'échaudage pour les variétés précoces et l'arrêt de formation de grains pour les variétés tardives, par conséquent, une chute de rendement considérable.

5.1.3 Caractéristiques pédologiques de la parcelle d'essai

Analyses physiques du sol

En générale la plaine du Haut –Cheliff est caractérisée par une dominance des sols alluviaux ou colluviaux alluviaux. Leurs caractères physiques (tableau 9) essentiel est la prédominance des éléments fins, ce qui permet de ranger ses sols dans la catégorie des sols forts.

L'analyse physique du sol, à permet de montrer que le sol de la parcelle de l'essai est de type argileux limoneux à un taux d'argile d'environ 43% d'argile.

Profondeurs (cm)	GRANULOMETRIE en (%)					Texture
	0.002 mm	0.002 à 0.05 mm		0.05 à 0.2 mm		
	Argile	Limon fin	Limo gros	Sable fin	Sabl gross	
0 - 40	32	30	19.6	10.7	9.3	Lim-argil
40 - 60	40	15	17.3	19.1	9.1	Argileux
60 - 100	50	10	12.0	17.7	12.5	Argileux
Plus de 100	50	10	04.0	13.6	12.0	Argileux

Tableau 9 : Analyse physique du sol

(ITGC, 1997)

Analyse chimique du sol

Tableau 10 : analyse chimique du sol

Profondeurs (cm)	Caco3 total	CE mmhos/cm	pH eau	C O %	M.O %	Potasse meq	Sodium meq
0 - 40	10.62	1.55	8.10	0.55	0.96	0.36	1.11
40 - 60	13.87	2.95	7.95	0.39	0.68	0.54	1.84
Plus de 60	17.42	3.12	8.10	0.06	0.10	0.61	1.74

(ITGC, 1997)

L'analyse chimique du sol (tableau 10) montre que le pH de l'eau est légèrement alcalin, la salinité mesurée par la conductivité du sol à été faible, donc la charge en sel du sol (inférieure à 4 mmhos/cm) est normale.

Pour le calcaire total, le sol est moyennement riche en cet élément, cependant, pour la matière organique et la potasse, la quantité trouvée dans notre parcelle montre qu'elle est

relativement faible. D'après les résultats de l'analyse du sol, nous pouvons dire que notre culture a été mise dans des conditions de production assez bonne.

Chapitre 6 : Matériel et méthodes

6.1. Protocole expérimental

6.1.1. Dispositif expérimental

Le plan du dispositif expérimental est de type blocs aléatoire complets à un seul facteur étudié et un seul facteur contrôlé avec quatre répétitions.

6.1.2. Facteurs étudiés et leurs niveaux

Le facteur principal est la chaîne d'outil avec trois niveaux :

- Niveau 1 : Chaîne 1 (CH1) : charrue à socs + cover-crop + herse + croskill
- Niveau 2 : Chaîne 2 (CH2) : charrue à disques + cover-crop + herse + croskill
- Niveau 3 : Chaîne 3 (CH3) : charrue à disques + canadienne + herse + croskill

Le facteur secondaire est l'irrigation de complément apportée selon l'humidité pondérale équivalente à la réserve facilement utilisable.

Ce facteur a représenté quatre niveaux :

- Niveau 1 : Témoin sec sans irrigation..... (I1)
- Niveau 2 : Irrigation de complément à la dose de 50 mm.... (I2)
- Niveau 3 : Irrigation de complément à la dose de 100 mm... (I3)
- Niveau 4 : Irrigation de complément à la dose de 150 mm... (I4)

L'irrigation n'est déclenchée que lorsque l'humidité du sol atteint 60% de l'humidité équivalente à la capacité de rétention ou quand 40% de l'humidité équivalente à la capacité de rétention est épuisée.

Les prélèvements et le suivi de l'humidité se font sur les profondeurs suivantes :

- 0 à 20 cm du semis jusqu'à la montaison ;
- 0 à 40 cm de la montaison jusqu'à l'épiaison ;
- 0 à 60 cm de l'épiaison jusqu'à la maturation.

Les facteurs contrôlés : c'est les répétitions ou les blocs avec quatre niveaux de symboles (B1, B2, B3 et B4).

6.1.3. Les objets de l'expérimentation

Ces objets sont représentés par les niveaux issus de l'interaction des facteurs étudiés, dans notre cas, nous avons deux facteurs, qui sont respectivement trois fois quatre (trois chaînes, quatre irrigations), ce qui nous donne douze combinaisons : CH111 ; CH112 ; CH113 ; CH114 ; CH211 ; CH212 ; CH213 ; CH214 ; CH311 ; CH312 ; CH313 ; CH314.

6.1.4. Les observations et mesures

L'étude expérimentale a été réalisée avec les mesures suivantes :

- Le suivi de l'évolution de l'humidité ;
- La densité apparente ;
- Le poids de mille grains ;
- Le peuplement épi/ mètre carré ;
- La fertilité de l'épi en grain/épi ;
- Le rendement en grain.

6.1.5. Caractéristiques des unités expérimentales

Nous avons trois types de chaînes d'outils de préparation du sol, chacune de ses chaînes représente un essai avec différentes doses d'irrigation à quatre niveaux ou répétitions, donc quatre combinaisons par bloc, ce qui nous donne seize parcelles élémentaires par essai. La distribution des différentes parcelles s'est effectuée au hasard, par le logiciel STATITCF, 1987 à l'aide du micro-ordinateur.

Les dimensions des parcelles sont :

Parcelle élémentaire :

- Longueur..... 5.0 mètres ;
- Largeur..... 1.2 mètres ;
- Nombre de ligne par parcelle.... 6.0 lignes ;
- Ecartement entre lignes..... 0.2 mètre ;
- Surface..... 6.0 mètres carrés .

Parcelle utile :

- Ecartement entre blocs..... 0.5 mètre ;
- Ecartement entre parcelles..... 0.5 mètre ;
- Surface..... 150.0 mètres carrés.

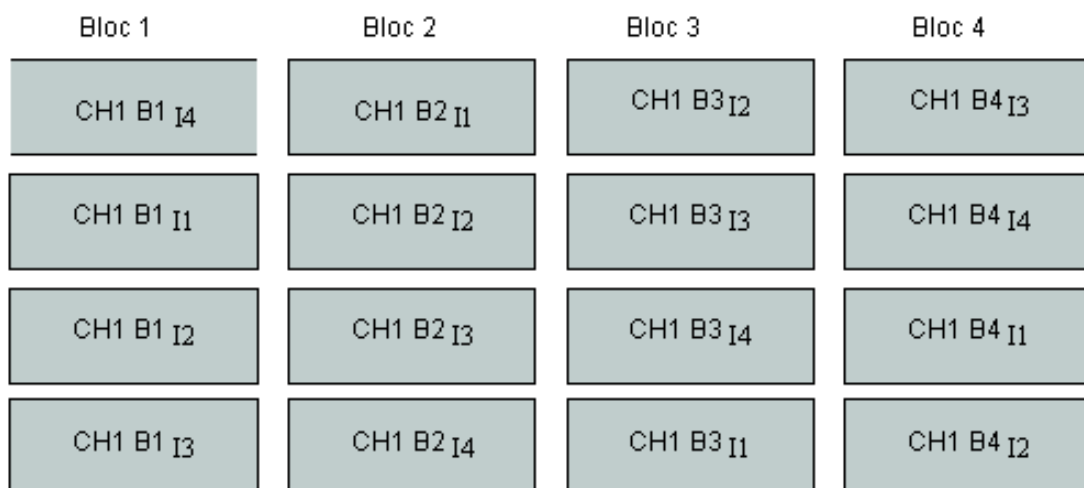


Schéma du dispositif expérimental

B : Bloc I : Irrigation CH : Chaîne

L'essai est entouré d'une bordure de blé dur semé quelques jours avant celle-ci, pour éviter l'effet d'oasis et limiter entre temps les attaques de moineaux en fin du cycle (au stade formation du grain jusqu'au stade pâteux dur).



La parcelle utile avec les différents traitements au stade tallage

6.2. Matériel d'étude

6.2.1. Matériel de travail du sol

Le tableau 11 montre les caractéristiques de l'ensemble du matériel utilisé pour la préparation du sol et les constituants des différentes chaînes de l'essai.



Matériel de semis et d'entretien

Matériel de semis

Les semis ont été réalisés par un semoir expérimental de marque (Hege 80), équipé d'une boîte à vitesse d'une capacité de 30 combinaisons, avec en plus des pignons interchangeables donnant ainsi des possibilités de multiplier ces combinaisons, chaque vitesse ou combinaison correspond une longueur (de 2 à 14 mètres) parcellaire. Le semoir est équipé d'un système de distribution électrique, conique et réglable de 4 à 12 lignes par parcelle élémentaire, des doses souhaitées par l'expérimentateur et des écartements de 10 à 30 cm. Dans notre essai, nous avons utilisé une densité de semis de 350 grains par mètre carré.

Matériel de fertilisation

Etude de l'effet de différentes techniques culturales utilisées en grandes cultures sur la rétention du sol en eau dans les conditions du semi-aride, région du Haut Cheliff, cas du blé.

Pour les engrais de fond et la fertilisation azotée, nous avons utilisé un épandeur centrifuge d'une portée de 9 mètres. L'engin est porté et animé par la prise de force du tracteur. Il est équipé d'une trémie d'une capacité de 3 quintaux et d'un système de distribution assurant l'épandage par centrifugation.

Outils du travail du sol				Conditions de réalisation	
Nature du matériel	Type de matériel	Descriptions majeures	Marques	Profondeur de travail	Date d'exécution
Charrue à socs	Bisocs réversibles	Versoir mixte	HUARD	18 à 26 cm	CH1 : 12/03/96
Charrue à disques	5 disques portée	Munie de rasette	RABENWERK GERMANY	20 à 30 cm	CH2 : 10/08/97 CH3 : 05/04/98
Cover-crop	12/24 porté	1 ^{er} trains crénelés	SONACOM	12 à 15 cm	CH1 : 08/10/96 CH2 : 11/12/97
Cultivateur Canadien	11 dents vibrantes porté	Socs standards Etançon à double Courbures	RAU KOMBI-SYSTEM	12 à 15 cm	CH3 : 25/09/98
Herse à rouleau Cage	3 compartiments portée	1 ^{er} s trains, dents inclinées en zigzag 2eme train muni de 2 cages roulantes	RAU KOMBI-SYSTEM	8 à 12 cm	CH1 : 26/11/96 CH2 : 16/12/97 CH3 : 12/12/98
Rouleau crosskill	3 compartiments traîné	Disques à protubérances radiales pointues	RABENWERK GERMANY	Tassement superficiel	CH1 : 27/11/96 CH2 : 18/12/97 CH3 : 13/12/98

Tableau 11 : Les caractéristiques de l'ensemble du matériel utilisé pour la préparation du sol

Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé pour notre essai a porté sur un blé dur d'hiver, dont les caractéristiques sont :

- Caractéristiques de sélection :
 - Espèce : blé dur
 - Variété : WAHA
 - Pedigree: PL/RUFF/Gta "S"/3/Rolette cm.17904
 - Pays d'origine : Syrie (ICARDA)
 - Région de sélection : SETIF (ITGC)
- Caractéristiques culturales :
 - Cycle végétatif : précoce
 - Tallage : moyen à fort
- Caractéristiques technologiques :
 - Bonne résistance à la moucheture et au mitadinage
 - Poids de mille grains : moyen
 - Qualité semoulière : assez bonne
- Comportement à l'égard des maladies :
 - Modérément tolérante aux rouilles, à la fusariose et à la septoriose
 - Sensible au piétin échaudage

- Productivité :
 - Très bonne : de 40 à 55 quintaux par hectare
 - Paille très demandée par les agriculteurs (appréciée par les animaux)
- Zones d'adaptation :
 - Hauts plateaux
 - Plaines intérieures
- Conseils de culture :
 - Cycle court
 - Tolérante au froid, sensible à la sécheresse et aux gelées printanières
 - A semer de la mi-novembre à la mi-décembre
 - Eviter les zones humides (littoral) en raison de sa sensibilité à la rouille brune
- Qualité de la semence utilisée dans l'essai :
 - Poids de mille grains : 35 grammes
 - Pureté spécifique : 100%
 - Faculté germinative : 98%
 - Humidité lors des pesés : 10%

6.2.3. Matériels d'expérimentation

Pour réaliser les essais, nous avons utilisé des outils, instruments et appareils nécessaires pour observer et mesurer des paramètres liés à l'étude.

La mise en place de l'essai au niveau du terrain, à nécessiter le matériel suivant :

- Des jalons ;
- Des ficelles ;
- Des plaques métalliques ;
- De la chaux ;
- Un ruban de double décamètre ;

Pour le reste du matériel utilisé dans cet essai, il sera évoqué à chaque opération réalisée.

6.3. Conduite et suivi de l'étude expérimentale

6.3.1. Précédent cultural

Notre parcelle expérimentale a été occupée par une jachère travaillée, pour les trois chaînes d'outils. Nous considérons celle-ci comme bon précédent, car elle libère le sol très tôt, contribue à la destruction des mauvaises herbes (lutte mécanique) et favorise le maintien de l'humidité du sol.

6.3.2. Préparation du sol

Les essais ont été réalisés dans une parcelle de trois hectares, celle-ci a été divisé en trois parties : la première représente la partie nord, elle était réservée pour réaliser le premier

essai (chaîne 1), la deuxième représente la partie du milieu et était réservée au deuxième essai (chaîne2), la troisième représente la partie sud et était réservée au troisième essai (chaîne 3).

Il est à noter que pour les trois parties de la parcelle, le labour de printemps à été réalisé à l'aide de la charrue à disque (5 disques), en plus, à la même période de l'année (plus ou moins 15 jours), entre la mi-mars et mi-avril. C'est une technique, qui permet de laisser les mauvaises herbes poussées, puis les détruire.

6.3.3. Le semis

La densité de semis utilisée dans notre essai, était de 350 grains par mètre carré, en tenant compte du poids de mille grains, de la faculté germinative, de la pureté spécifique et du taux d'impureté. Les dates de semis pour chaque chaîne sont :

- Chaîne 1 : 27/11/96
- Chaîne 2 : 17/12/97
- Chaîne 3 : 13/12/98

6.3.4. La fertilisation

L'épandage d'engrais de fond à été réalisé pour chaque chaîne juste avant la reprise du labour, avant les semis, à raison de 1.5 quintaux à l'hectare, il s'agit du Super 46 (P2O5), ce qui représente 69 unités par hectare (dose préconisée par l'ITGC pour cette région). Les dates d'apport sont :

- Chaîne 1 : 02/11/1996
- Chaîne 2 : 15/10/1997
- Chaîne 3 : 17/09/1998

Concernant la fertilisation azotée, nous avons utilisé le sulfate d'ammonium à 21% avec une dose de 1.5 quintaux par hectare, soit 32 unités par hectare, en une seule fraction au début du cycle. Les dates d'apport sont :

- Chaîne 1 : 22/02/1997
- Chaîne 2 : 02/02/1998
- Chaîne 3 : 23/02/1999

6.3.5. Désherbage chimique

Malgré le bon choix du précédent cultural pour lutter contre les mauvaises herbes et suite au comptage pour estimer le degré d'infestation de la parcelle par les adventices, nous avons constaté que le traitement chimique était nécessaire, ceci est vrai, pour les trois chaînes.

Le produit utilisé dans l'essai était polyvalent (à double action : c'est en même temps anti-dicotylédone et anti-cotylédons). Son nom commercial est l'ILLOXAN B, la dose était de 4 litres à l'hectare, selon le fabriquant et les recommandations de l'INPV. Les dates d'applications sont :

- Chaîne 1 : 01/02/1997
- Chaîne 2 : 21/01/1998
- Chaîne 3 : 12/02/1999



6.4. Techniques et méthodes de mesure

6.4.1. Les mesures relatives au sol

L'analyse physique du sol

Cette analyse a concerné la détermination de la texture du sol, qui représente un élément très important dans le choix des outils pour le travail du sol, nous avons adopté la méthode de la pipette de Robinson, dont le principe est la sédimentation. L'échantillonnage a été réalisé dans cinq endroits différents de la parcelle d'essai, à des profondeurs de 0 à 40 cm, de 40 à 60 cm et de 60 à 100 cm. Nous avons pris deux échantillons par horizon, puis, nous les avons mélangés pour faire l'analyse de la granulométrie.

Détermination de la teneur en eau du sol

La teneur en eau du sol est l'un des facteurs les plus importants pour le développement des cultures, toutefois, la quantité doit être juste suffisante, car l'excès ou le manque peut être néfaste.

En raison de la faible quantité annuelle de pluie dans cette région et dans le souci de vouloir obtenir le meilleur rendement, en valorisant le maximum d'eau pour satisfaire les besoins de la plante. Nous étions intéressés à l'humidité du sol, dans chaque profil laissé par les chaînes d'outils utilisé dans cet essai.

Pour la détermination de l'humidité du sol, nous avons utilisé la méthode de l'humidité pondérale. Les prélèvements d'échantillons ont été effectués à l'aide de la tarière, sur chaque parcelle élémentaire de chaque traitement. Le nombre varie de 10 à 14 échantillons par chaîne d'outil, ceci, en fonction de la réserve hydrique du sol, de la pluviométrie et de l'irrigation, donc, selon l'humidité du sol. Chacun des prélèvements a été réalisé à partir de trois grands horizons : de 0 à 20 cm, de 20 à 40 cm et de 40 à 60 cm, chacun de ces horizons était divisé en deux parties, à savoir de 10 en 10 cm, nous obtenons donc : 10, 20, 30, 40, 50 et 60 cm. Ces échantillons sont pesés à l'état humide puis mises à l'étuve pendant 24 heures à 105°C, ensuite pesé à l'état sec. Le taux d'humidité a été déterminé par la relation suivante :

$$H \% = (PH - PS)/PS * 100$$

Dont : H % = Taux d'humidité pondérale

PH = Poids de l'échantillon humide (en gramme)

PS = Poids de l'échantillon sec (en gramme)

Mesure de la densité apparente

Les prélèvements d'échantillon pour déterminer la densité apparente ont été pris à partir de trois grands horizons (tableau 12) et deux niveaux par horizon. Donc, 6 échantillons par chaîne d'outil, ce qui nous donne 18 échantillons au total. Les prélèvements d'échantillons ont été réalisés en utilisant la méthode du cylindre. Les résultats sont consignés sur le tableau suivant.

Horizons	Horizon 1		Horizon 2		Horizon 3	
Niveaux	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 1	Niveau 2
Profondeurs en cm	0 à 10	10 à 20	20 à 30	30 à 40	40 à 50	50 à 60
Densité apparente Chaîne 1 (gr/cm ³)	1.42	1.56	1.41	1.37	1.28	1.38
Densité apparente Chaîne 2 (gr/cm ³)	1.29	1.62	1.61	1.67	1.58	1.59
Densité apparente Chaîne 3 (gr/cm ³)	1.71	1.46	1.65	1.76	1.69	1.55

Tableau 12 : Valeurs de la densité apparente des trois essais

L'analyse chimique du sol

Cette analyse a été réalisée au laboratoire de l'ITGC de Khemis-Miliana, en 1995, soit une année avant le début d'installation des essais. Nous avons essayé de refaire la même analyse durant la période de l'expérimentation, mais, nous n'avons pas pu, en raison de l'indisponibilité des produits chimiques nécessaires à ça réalisation.

Mode d'irrigation

Pratique de calcul de l'irrigation en (mm) en tenant compte de :

- Type de sol : argileux
- Profondeur des racines par stade de culture: 20, 40 et 60 cm
- La densité apparente en gramme/cm³
- La réserve utile (RU), la réserve facilement utilisable (**RFU**) et la réserve de survie (**RS**) en (mm).

Donc, l'irrigation n'est déclenchée que lorsque la **RFU** est épuisé ou partiellement épuisé, autrement dit, avant le point de flétrissement temporaire.

$$\text{Sachant que : } RU = (H_{rv} - H_{fv}) \cdot h$$

- **Hrv** : Humidité volumique à la capacité de rétention en %
- **Hfv** : Humidité volumique au point de flétrissement en %
- **h** : Profondeur des racines en (cm)
- **Et** : **RFU** = 2/3 **RU** et **RS** = 1/3 **RU** ;

Relation qui donne la traduction de l'humidité pondérale en humidité volumique est :

- $Hrv = Hrp \times da$
- $Hfv = Hfp \times da$
- **Hrp** : Humidité pondérale à la capacité de rétention en %
- **Hfp** : Humidité pondérale au point de flétrissement en %
- **Da** : Densité apparente du sol en g/cm^3
- **Et Hrp** : c'est le pourcentage de poids d'eau que peut contenir 100 grammes de sol sec.

Dans notre cas, après passage à l'étuve au laboratoire, le poids du sol sec à donner : 82 grammes.

$$\text{Donc } Hrp = \frac{(99.15 - 82)}{82} \times 100 = 20.91\% \text{ ou } 0.21$$

La moyenne de la densité apparente, mesurée au laboratoire était de :

Horizons (cm)	Da (g/cm ³)
0 – 10	1.23
10 – 20	1.43
20 – 40	1.45
40 - 60	1.48
Moyenne	1.397

$$Da \text{ moy} = 1.4 \text{ grs/ cm}^3$$

- *Ainsi* : $Hrv = Hrp \times da = 0.21 \times 1.4 = 0.294$ ou **0.3**
- *Donc* : **Hrv = 0.3**
- *Puisque* $Hfv = Hrv/1.84$ donc, $Hfv = 0.3/1.84 = 0.163$
- *Avec* : **1.84** = coefficient de **Poirier** et **Ollier**
- *Et* $RU = (Hrv - Hfv) \times h$

Alors, pour **20 cm (200 mm)** de profondeur, nous aurons :

$$RU = (0.3 - 0.163) \times 200 \text{ mm} = 27.4 \text{ mm}$$

Comme la **RFU = 2/3RU** pour un sol argileux !

$$\text{La RFU} = 27.4 \times 2/3 = 18.2 \text{ mm}$$

- *Alors*, pour **40 cm (400 mm)** de profondeur, nous aurons :

$$RU = (0.3 - 0.163) \times 400 \text{ mm} = 54.8 \text{ mm}$$

Comme la **RFU = 2/3 RU** pour un sol argileux !

La RFU = $54.8 \times 2/3 = 36.5$ mm

- Alors, pour **60 cm (600 mm)** de profondeur, nous aurons :

RU = $(0.3 - 0.163) \times 600$ mm = 82.2 mm

Comme la RFU = $2/3$ RU pour un sol argileux !

La RFU = $82.2 \times 2/3 = 54.8$ mm

Sachant que l'irrigation ne sera déclenchée que lorsque RFU sera épuisée, donc l'irrigation de complément qui sera donnée pour reconstituer la RFU pour les différents traitements est comme suit :

Pour **20 cm** : c'est 21.92 mm ou environ **22 mm** ;

Pour **40 cm** : c'est 43.84 mm ou environ **44 mm** ;

Pour **60 cm** : c'est 65.76 mm ou environ **66 mm**.

N.B.

- L'irrigation a été réalisée manuellement à l'aide de la citerne, arrosoirs et tuyaux ;
- Le suivi de l'humidité du sol pour une profondeur allant jusqu'à 60 cm, selon les stades de cultures, a été réalisé à l'échelle de la semaine ou la décade, durant les périodes humides et parfois tous les 3 à 4 jours durant les périodes chaudes ;
- La profondeur de 60 cm est le maximum à atteindre en raison de la lourdeur du sol du Haut-Chéiff qui est généralement argileux à presque 45%, en périodes sèches la tarière ne peut pénétrer au-delà de cette profondeur.
- Quelle que soit la dose d'irrigation calculée, nous ne pouvons pas donner plus de 45 mm en un seul temps, car le surplus part par ruissellement est n'est plus utilisé par la plante.

6.4.2. Les mesures relatives a la culture du blé

Mesure du taux de germination

Le taux de germination a été déterminé au laboratoire de l'ITGC de Khemis-Miliana, nous avons fait germer 6 échantillons de 100 grains chacun. Ces derniers ont été mis dans des boites de pétri, sur du papier filtre imbibé d'eau distillée et mis à l'étuve à la température de 20°C. Le comptage a été réalisé à deux reprises : le premier après quatre jours et le deuxième après huit jours. Durant la période de germination, nous avons gardé l'humidité constante dans la boite de pétri pour éviter le dessèchement de l'échantillon. La faculté germinative a été calculée par la relation suivante :

Taux de germination = nombre de grain total – nombre de grain non germé

Mesure du poids de mille grains

Le comptage du poids de mille grains a été réalisé à l'aide du compte grain électrique NUMIGRAL. Nous avons pris la moyenne de deux comptages par traitement, ces échantillons ont été pesés par une balance électronique de précision.

Mesure du peuplement épi par mètre carré

Cette mesure a été faite par l'intermédiaire d'une règle linéaire d'un mètre de long. Nous avons identifié trois zones en diagonale de la parcelle, dans chacune (voire fig. 7) de ces

zones, nous avons compté deux mètres linéaires (un mètre de part et d'autre de la règle), ainsi nous obtenons la somme totale par zone et le nombre total de toutes les zones.

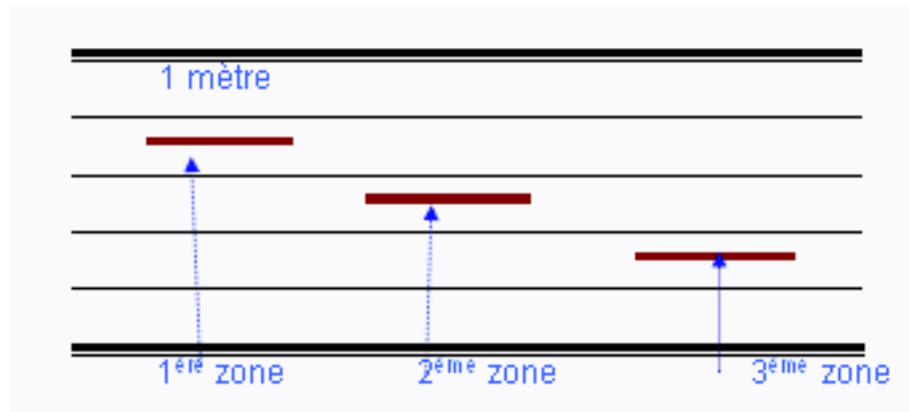


Figure 7 : les trois zones de prélèvements des échantillons dans une parcelle élémentaire de six lignes

La figure montre les trois zones de prélèvement, dans une parcelle élémentaire de 6 lignes, avec les deux bordures. Le nombre d'épis au mètre carré par parcelle élémentaire est calculé par la relation suivante :

- $Epi/m^2 = NE / R \times E \times L \times Nz$ avec :
- NE : Nombre total d'épis comptés des trois zones
- R : Nombre de ligne d'une zone (dans ce cas, il y a trois)
- E : Ecartement entre ligne (0.2 mètre)
- L : Longueur de la zone (1 mètre)
- Nz : Nombre de zone.

Mesure du nombre de grain par épi

Pour la mesure de ce paramètre, nous avons récolté 10 épis de chaque répétition, cette opération a été effectuée juste avant la récolte. Les prélèvements ont été réalisés d'une manière aléatoire, puis les épis ont été battus par la batteuse électrique à épi, le comptage a été réalisé par le compte grain électrique de précision (NUMIGRAL). Le nombre de grain par épi est égal au nombre de grain total trouvé divisé par 10 épis.

Mesure du rendement réel en grain

La récolte a été réalisée en deux temps, fauchage puis battage à poste fixe. Le fauchage a été réalisé à l'aide de petites faucheuses et mise en gerbe avec étiquette, nous avons récolté 4 lignes par parcelle élémentaire, donc deux lignes de bordure de part et d'autre de la parcelle ont été éliminées. Le battage a été réalisé à poste fixe par une batteuse de fabrication allemande (WINSHTEIGER). La récolte est récupérée dans des petits sacs en papier avec étiquettes, ensuite nous les avons nettoyés et pesé au laboratoire. Chaque poids obtenu représente le rendement parcellaire qui a été à son tour reconverti en quintaux à l'hectare.

Chapitre 7: RESULTATS ET DISCUSSIONS

Présentation et analyses des résultats

Dans ce chapitre, nous allons aborder la présentation et l'analyse des résultats en deux parties :

La première partie concerne l'effet des différentes chaînes d'outils sur la variation du stock d'eau dans le sol en s'appuyant sur les courbes des profils hydriques.

Dans la deuxième partie, nous analysons la variance pour chaque paramètre étudié relatif à l'incidence des chaînes d'outils sur le rendement et les composantes du rendement de la culture du blé d'hiver. Dans les deux cas, la culture a été menée sous différents traitements: sous diverses formes d'irrigation de complément et en sec, sans irrigation.

Nous avons utilisé le programme STATISTICA pour Windows, version 5.1 (1997), un logiciel de traitement de données, d'analyses statistiques et de production de graphique, pour l'analyse statistique, avec les options standards de l'analyse de variance, comme suit :

Niveau de risque Alpha = 5%

Interaction traitements blocs (test de TuKey)

- **SC** : somme des carrés
- **DL** : degré de liberté
- **MC** : moyenne des carrés
- **F**: test de Fisher
- **P**: le niveau P reporté dans un test représente la probabilité d'erreur associée à l'acceptation d'une hypothèse de recherche concernant l'existence d'une différence.

Variance et test de significations- groupes homogènes, avec LSD (la plus petite différence significative, en se basant sur la probabilité à 5% et 1% pour l'interprétation des résultats.

Nous signalons qu'en premier temps, nous avons analysé chaque chaîne séparément, avec bien sûr les quatre niveaux d'irrigation puis, en deuxième temps, nous avons analysé le regroupement des trois chaînes. Aussi, les résultats bruts seront présentés en annexe par ordre de classement sous forme de tableaux et courbes du profil hydrique.

7.1. Etat d'humidité volumétrique du sol pour les trois chaînes d'outil, à différentes profondeurs sous irrigations et en pluvial

Afin d'étudier l'évolution de l'humidité du sol pour les trois chaînes d'outil à différentes profondeurs en fonction des traitements irrigués, nous nous sommes basés sur le suivi de l'évolution de l'humidité du sol à travers les stades de développement de la culture du blé.

Quatre différents cas ont été étudiés :

- En dessèchement (pluvial) ;
- Après une pluie ;
- Après une irrigation ;
- A la fin du cycle, juste avant la récolte.

Les prélèvements d'humidité du sol ont été choisis à quelques jours près, à la même période de l'année et au même stade de culture pour chaque chaîne d'outil.

Ces prélèvements nous ont permis de comprendre et comparer les effets de chaque chaîne d'outil sur l'état hydrique du sol, aussi bien pour l'infiltration que pour le stockage

et la conservation de l'humidité dans le sol. Les résultats de cette étude ont été illustrés sous forme de courbes groupées en deux catégories : la première catégorie représente trois sous-groupes de prélèvement (I, II, III et IV), toutes les profondeurs, les trois chaînes, les traitements séparés et quatre cas de figures de l'état du sol, la deuxième catégorie représente l'ensemble des prélèvements, toutes les profondeurs, les trois chaînes séparées, traitements séparés au long des stades de développement de la culture.

7.1.1. Etat d'humidité du sol pour les trois chaînes d'outil en fonction des profondeurs pour chaque traitement sépare en dessèchement

Ce que nous pouvons remarquer d'après les quatre figures (8, 9, 10 et 11), en général, est l'augmentation de l'humidité volumétrique les vingt premiers centimètres, puis elle rechute en profondeur, cas des chaînes 1 et 2, tandis que pour la troisième chaîne, l'humidité est plus ou moins stable pour l'ensemble des traitements. L'humidité pour la première chaîne diminue excessivement pour les quatre traitements, mais cette diminution est moindre pour la deuxième chaîne est presque nulle pour la troisième chaîne.

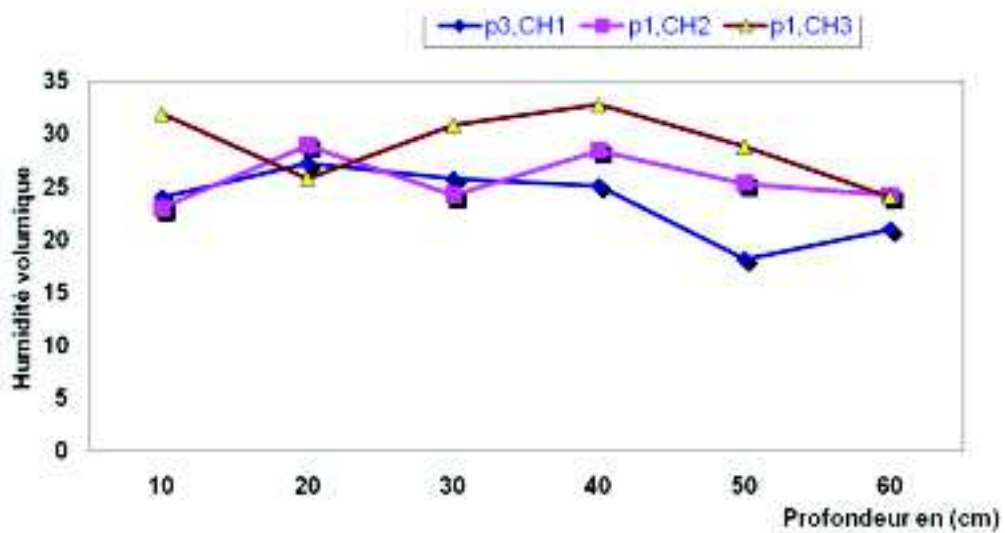


Figure 8: Evolution de l'humidité volumique des trois chaînes à différentes profondeurs en dessèchement pour (T1)

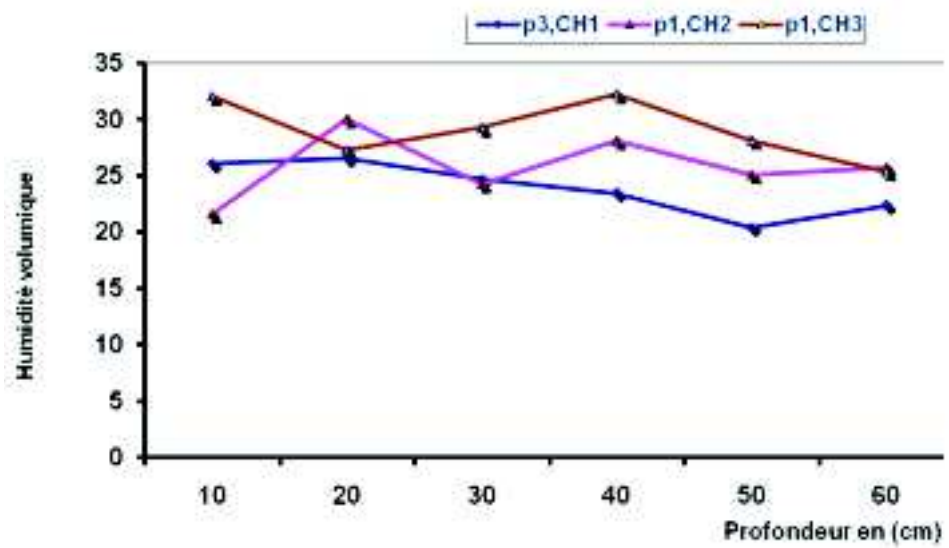


Figure 9: Evolution de l'humidité volumique des trois chaînes à différentes profondeurs en dessèchement pour (T2).

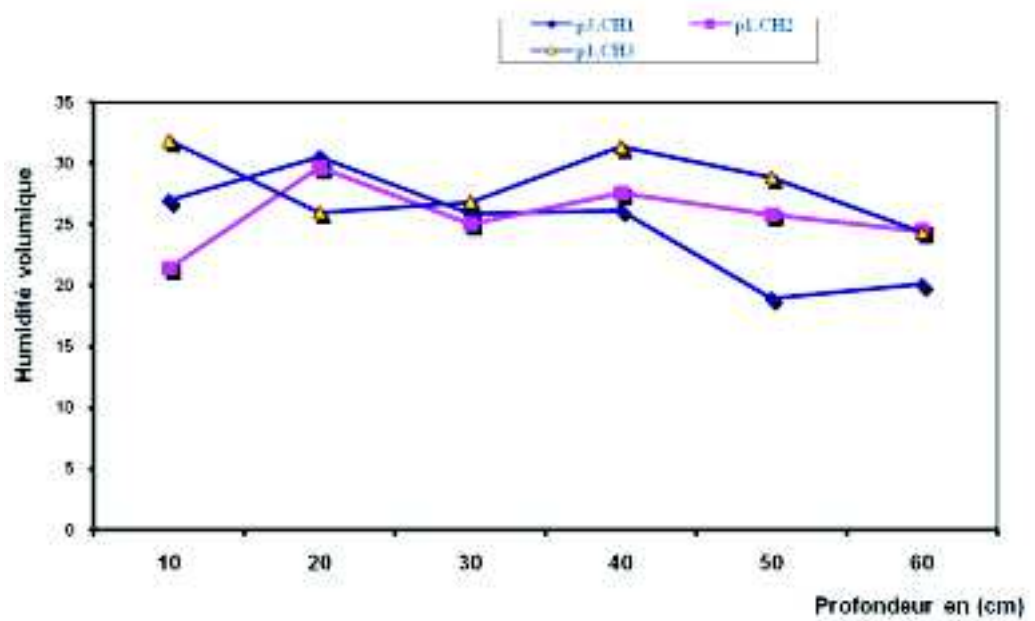


Figure 10: Evolution de l'humidité volumique des trois chaînes à différentes profondeurs en dessèchement pour (T3)

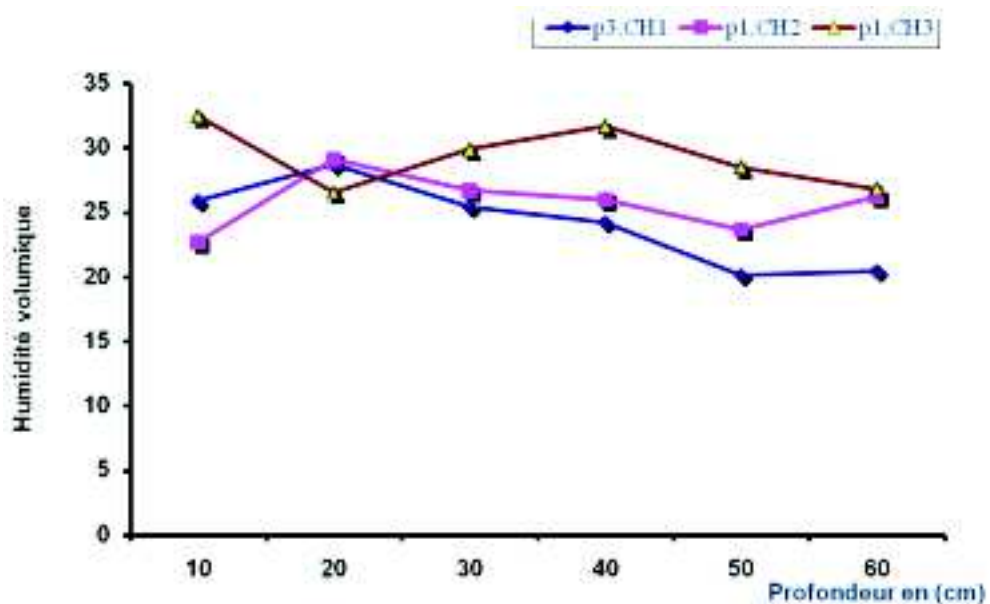


Figure 11: Evolution de l'humidité volumique des trois chaînes à différentes profondeurs en dessèchement pour (T4)

Les traitements peuvent être considérés comme des répétitions puisqu'ils n'ont subi aucune irrigation ni pluie. La troisième chaîne semble être la meilleure, en raison de son taux d'humidité le plus élevé. Celui-ci (taux d'humidité) est certainement dû à la charrue à disque suivi de l'outil à dent utilisé pour cette chaîne (CH3) qui a permis une bonne infiltration de l'eau en profondeur, tandis que ce taux est moins élevé pour la deuxième chaîne (CH2) et encore moins pour la première chaîne (CH1) où nous avons utilisé la charrue à soc suivi du cover-crop, celui-ci à laisser une semelle de labour, accentuant ainsi le ruissellement, empêchant l'eau de s'infiltrer en profondeur et augmentant l'évaporation par suite du retournement de la couche de terre.

Conclusion

D'après les figures 8, 9, 10 et 11, le cover-crop laisse un bon émiettement en surface, c'est bon comme lit de semence, mais ce dernier empêche souvent l'eau de s'infiltrer en profondeur et provoque des fissurations quand ces sols deviennent secs, la plupart des sols argileux sont plastiques quand ils sont mouillés et se fissurent quand ils sont secs (Tonnelier *et al.*, 1987).

Mais le passage du cultivateur après charrue à disque à laisser une surface moins émiettée et motteuses, celle-ci à favoriser l'infiltration et la conservation de l'humidité en couche profondes du sol.

Donc, la meilleure chaîne parmi les trois et d'après les résultats figures 8, 9, 10 et 11 est la troisième chaîne (CH3), où nous avons utilisé la charrue à disque suivi du cultivateur.

7.1.2. Etat d'humidité pour les trois chaînes d'outil en fonction des profondeurs pour chaque traitement séparé, après une pluie

Généralement, l'humidité d'après les figures 12, 13, 14 et 15 est légèrement plus élevée en surface qu'en profondeur, particulièrement pour la première chaîne (CH1) dans tout les

traitements et présente une certaine stabilité pour CH2 et CH3 et diminue sensiblement en profondeur pour CH1.

En effet, l'humidité pour la première chaîne diminue d'une manière continue pour les quatre traitements, sauf à 30 et 40 cm où il y a un léger redressement. D'après ces mêmes figures, dans le premier traitement, c'est la deuxième et la troisième chaîne qui laissent des humidités élevées, alors que pour la première chaîne, nous observons un dessèchement considérable. Donc, le stockage de l'eau est plus important pour CH2 et CH3 et faible à nul pour CH1.

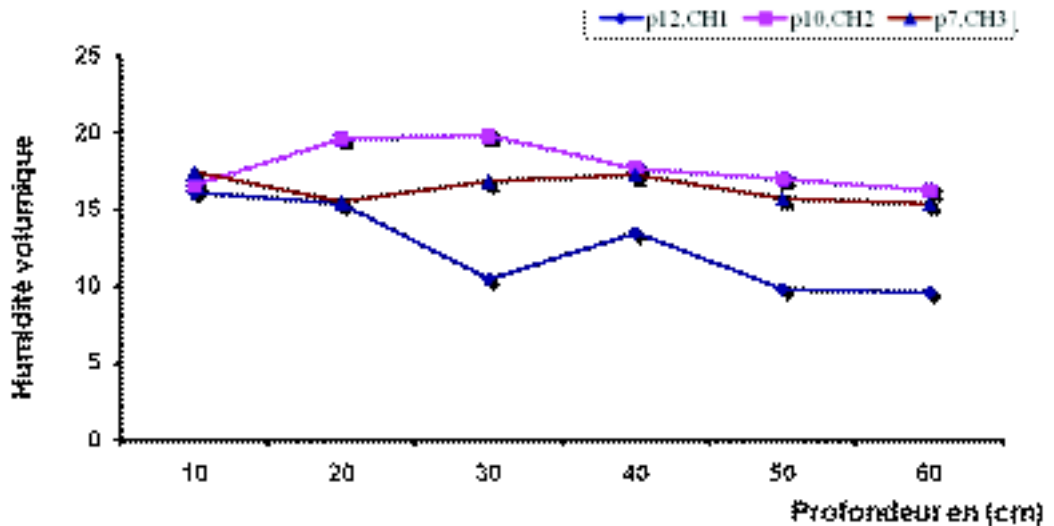


Figure 12: Evolution de l'humidité volumique en fonction des trois chaînes d'outil à différentes profondeurs après une pluie pour (T1)

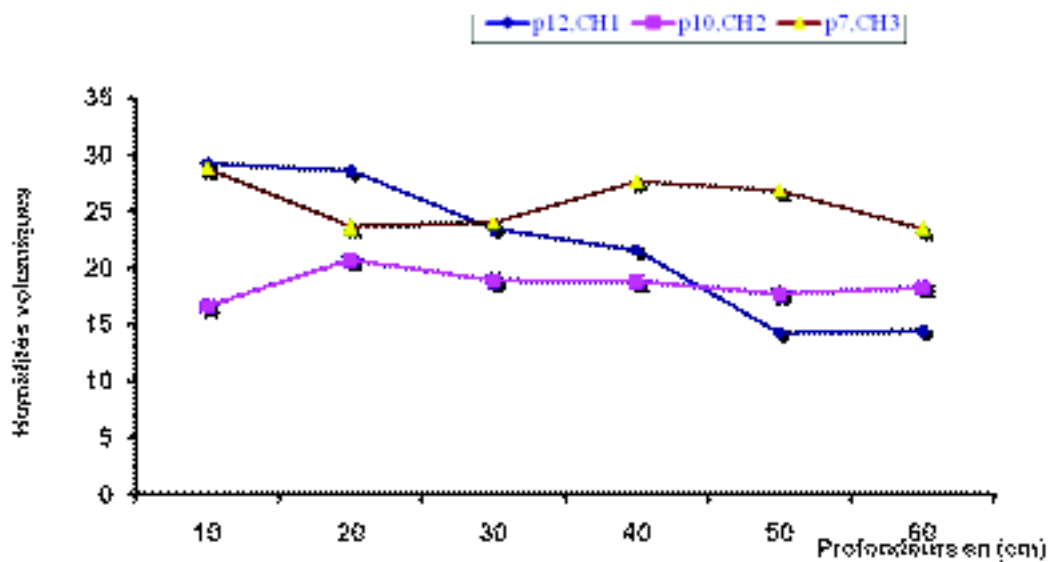


Figure 13: Evolution de l'humidité volumique en fonction des trois chaînes d'outil à différentes profondeurs après une pluie pour (T2)

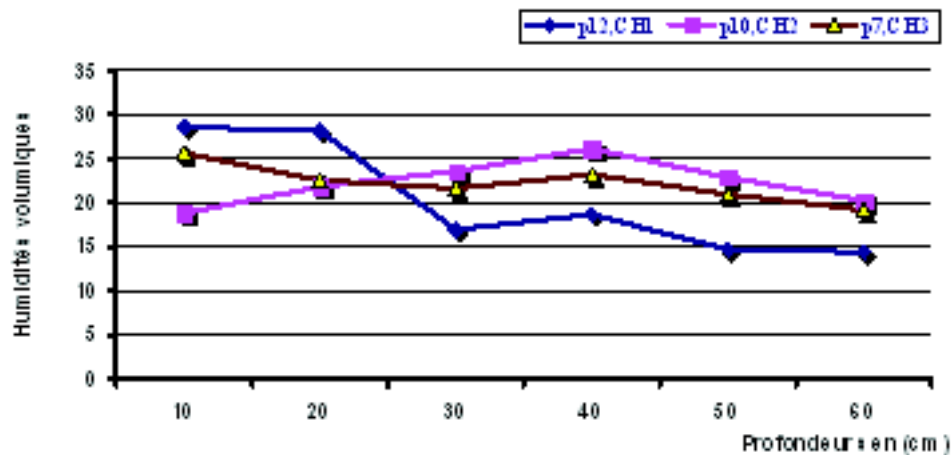


Figure 14: Evolution de l'humidité volumique en fonction des trois chaînes d'outil à différentes profondeurs après une pluie pour (T3)

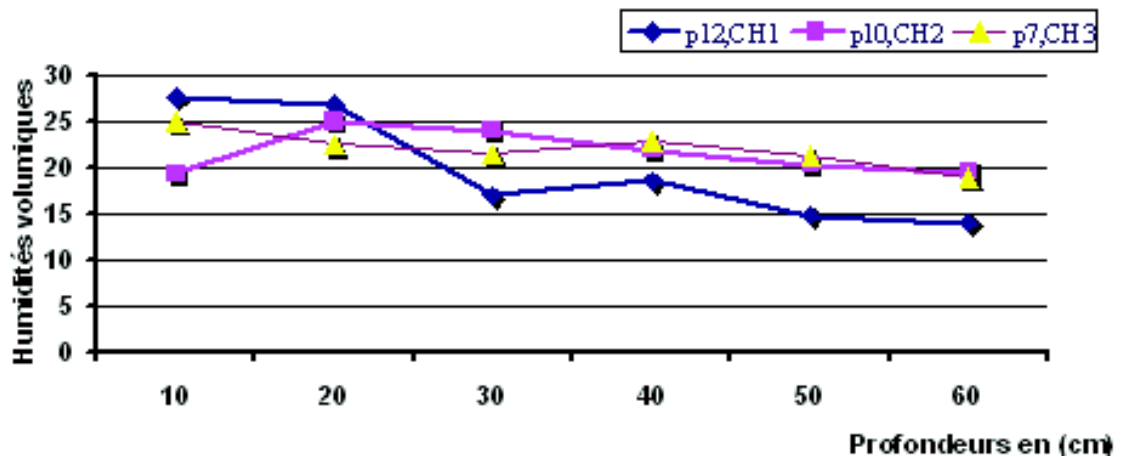


Figure 15: Evolution de l'humidité volumique en fonction des trois chaînes d'outil à différentes profondeurs après une pluie pour (T4)

Conclusion

Les résultats qui ont été trouvés concernant l'humidité après une pluie (fig. 12, 13, 14 et 15) confirment celles qui ont été trouvés en dessèchement. Après le passage de charrue à soc suivi du cover-crop, il y a infiltration uniquement en surface, le reste est perdu par ruissellement, c'est le cas de la première chaîne, donc défavorable à la conservation de l'eau. Par contre le passage de la charrue à disque suivi du cover-crop ou encore mieux suivi du cultivateur, l'infiltration en profondeur est meilleure et le stockage et la conservation de l'humidité d'après les résultats sont acceptables, ce qui nous permis de dire que la deuxième et la troisième chaîne sont les mieux recommandées pour les terres aussi lourdes que celles du Haut Cheliff.

7.1.3. Etat d'humidité pour les trois chaînes d'outil en fonction des profondeurs pour chaque traitement séparé, après une irrigation

Pareil au autres cas, l'humidité pour les trois chaînes est faible en profondeur (fig. 16, 17 et 18) par rapport à la surface, malgré le recours à l'irrigation. Cependant, cette humidité est

plus faible pour la première chaîne qui se compose de la charrue à soc, cover-crop, herse et rouleau cross-kill.

Donc, pour cette chaîne, l'infiltration est très faible à nulle, car elle laisse le sol très émietté en surface avec une semelle de labour à 25 cm, ce qui empêche l'eau de pénétrer en profondeur. Quelle que soit le traitement irrigué, l'humidité est située entre 20 et 25% les 30 premiers centimètres, puis elle décroît pour atteindre 10% à 50 et 60 cm.

Pour les autres chaînes d'outil (CH2 et CH3) l'humidité est légèrement plus élevée comparativement à la première chaîne, cependant dans ce cas elle est plus stable, particulièrement pour CH3 qui confirme les résultats trouvés précédemment, le cultivateur ou le canadien laisse peu d'émiettement en surface, des mottes, pas de semelle de labour ce qui permet une bonne infiltration d'eau en profondeur.

Conclusion

D'après les figures : 16, 17 et 18 représentant l'état d'humidité après l'irrigation, nous pouvons constater que le cultivateur après charrue à disque est mieux recommandé que le cover-crop après charrue à disque. Le cultivateur et le cover-crop avec charrue à disque sont plus adéquats pour un sol argileux que le passage de charrue à soc suivi du cover-crop, quelque soit la dose d'irrigation.

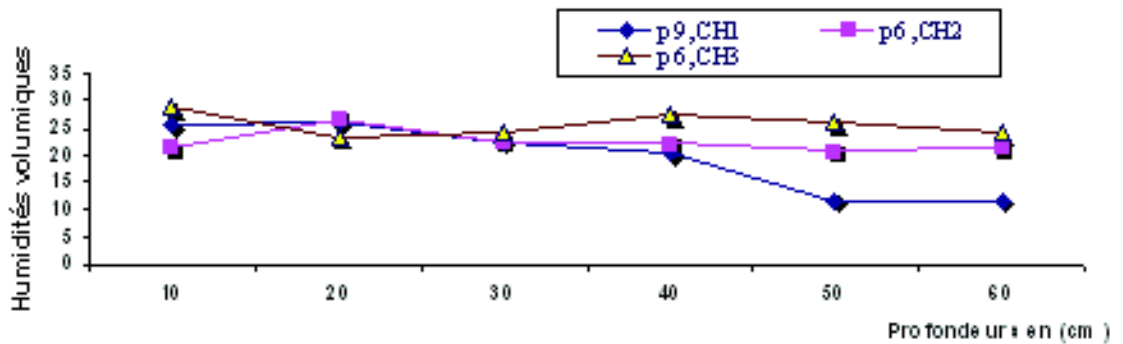


Figure 16: Evolution de l'humidité volumique en fonction des trois chaînes d'outil à différentes profondeurs après une irrigation pour (T2)

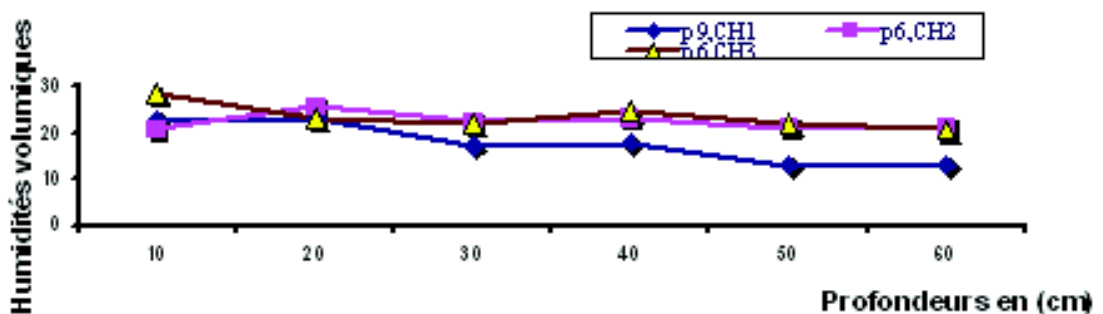


Figure 17: Evolution de l'humidité volumique en fonction des trois chaînes d'outil à différentes profondeurs après une irrigation pour (T3)

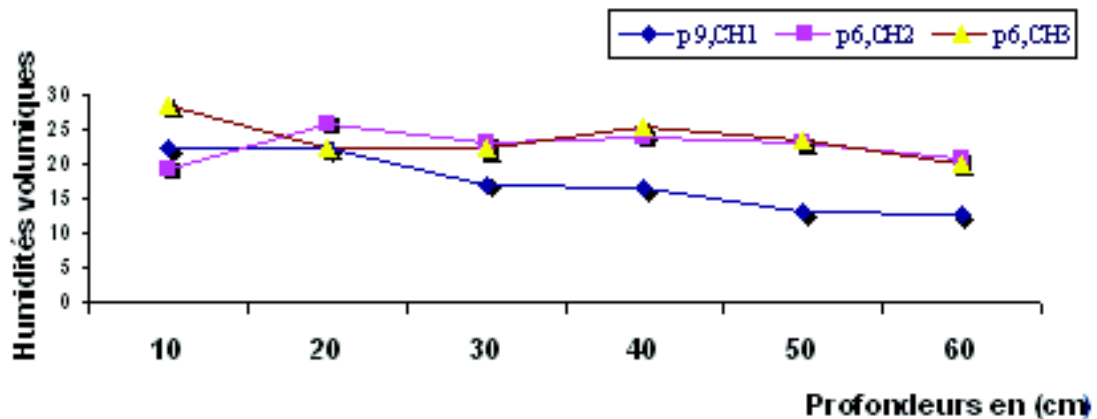


Figure 18: Evolution de l'humidité volumique en fonction des trois chaînes d'outil à différentes profondeurs après une irrigation pour (T4)

7.1.4. Etat d'humidité pour les trois chaînes d'outil en fonction des profondeurs pour chaque traitement séparé, juste avant la récolte

Nous avons essayé de comprendre à la fin du cycle évolutif qu'elle sera la chaîne parmi les trois testées qui laisse la meilleure humidité avec les quatre différents traitements à plusieurs profondeurs à la fin du cycle.

Pour le traitement en sec (fig. 19), c'est clair, la troisième chaîne (CH3) laisse une humidité très faible variant entre 12 et 14% en surface à 20 cm et de 7 à 10 % en profondeur (35 à 60 cm)., tandis que les autres chaînes, la deuxième donne une humidité légèrement meilleure que la troisième (T1), que se soit en surface ou en profondeur. En terme de chiffre, les humidités varient en surface entre 15 et 20% et en profondeur entre 15 et 17% au delà de 40cm de profondeur.

Concernant les traitements irrigués, en T2 (fig.20), nous constatons que c'est la troisième chaîne qui laisse la meilleure humidité, elle varie entre 24 et 29% et la plus faible est celle de la première chaîne, particulièrement en profondeur.

Le troisième et le quatrième traitement (T3, T4) sont presque similaires (fig. 21 et 22): meilleure valeur d'humidité pour la deuxième et la troisième chaîne, entre 20 et 25% et la plus faible valeur est obtenue pour la première chaîne, entre 12 et 15% en profondeur et un peu plus élevé en surface, entre 22 et 25%).

Conclusion :

Dans les conditions pluviales (fig. 19, 20, 21 et 22), le passage de la charrue à soc suivi du cover-crop n'est pas recommandée, celle-ci laisse un profil défavorable à l'infiltration de l'eau en profondeur, donc faible conservation d'humidité. La charrue à disque suivi du cover-crop ou mieux du canadien est plus recommandée en raison de la bonne infiltration, ce qui garantit une plus grande conservation d'humidité dans toutes profondeurs confondues. Dans les conditions d'irrigation, pour la faible dose (T2), c'est la troisième chaîne qui permet la meilleure conservation de l'eau, aussi bien en surface qu'en profondeur. Alors que pour les doses d'irrigation plus fortes (T3 et T4), c'est les deux chaînes (CH2 et CH3) qui sont recommandées, dans la mesure où à partir de 20cm de profondeur, les valeurs d'humidité sont similaires, si non légèrement plus faible en profondeur et plus importante en surface

relativement à la première chaîne (CH1). Ainsi, dans ce cas comme les précédents, la charrue à disque suivi du cover-crop ou mieux du canadien sont plus adaptées que la charrue à soc suivi du cover-crop.

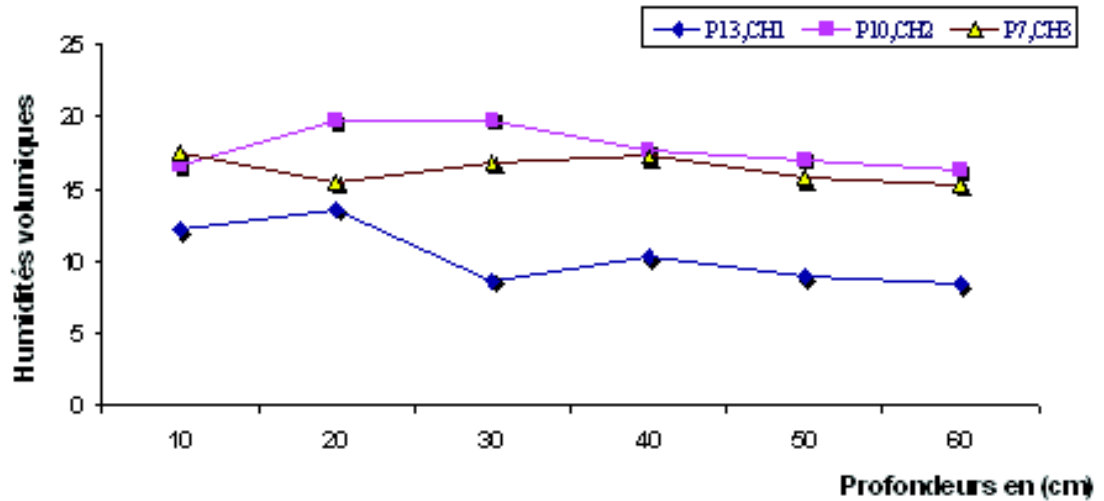


Figure 19: Evolution de l'humidité volumique en fonction des trois chaînes d'outil à différentes profondeurs juste avant la récolte pour (T1)

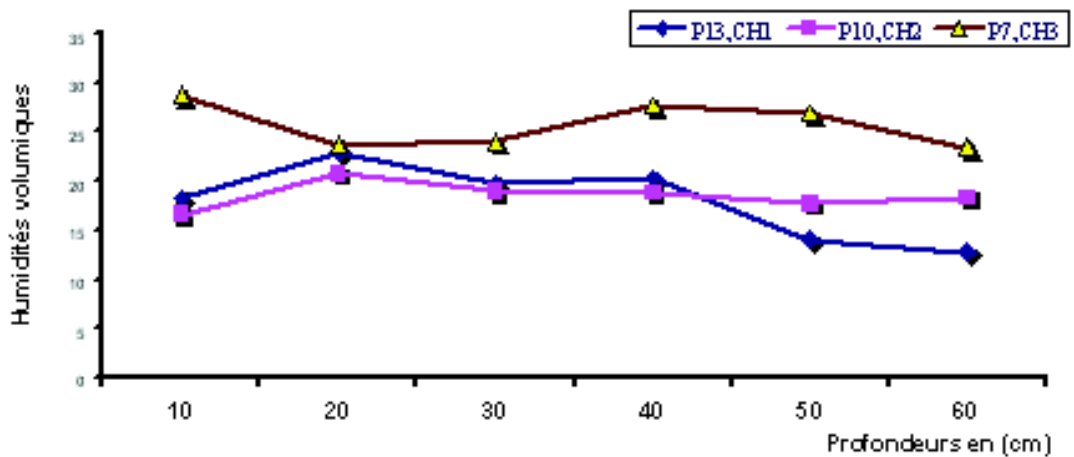


Figure 20: Evolution de l'humidité volumique en fonction des trois chaînes d'outil à différentes profondeurs juste avant la récolte pour (T2)

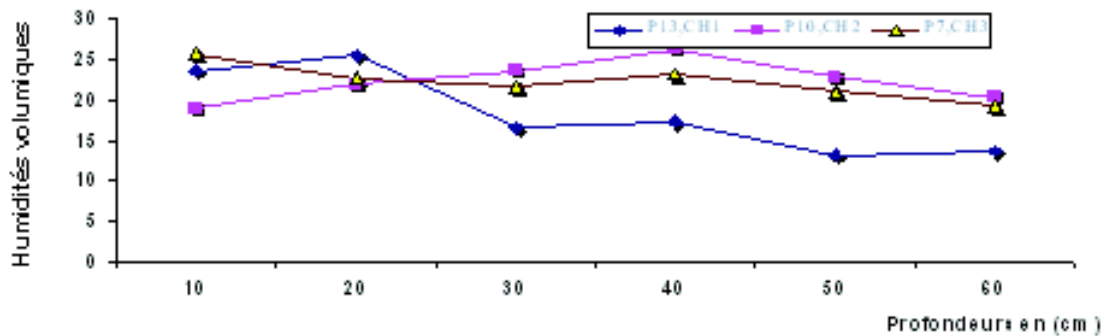


Figure 21: Evolution de l'humidité volumique en fonction des trois chaînes d'outil à différentes profondeurs juste avant la récolte pour (T3)

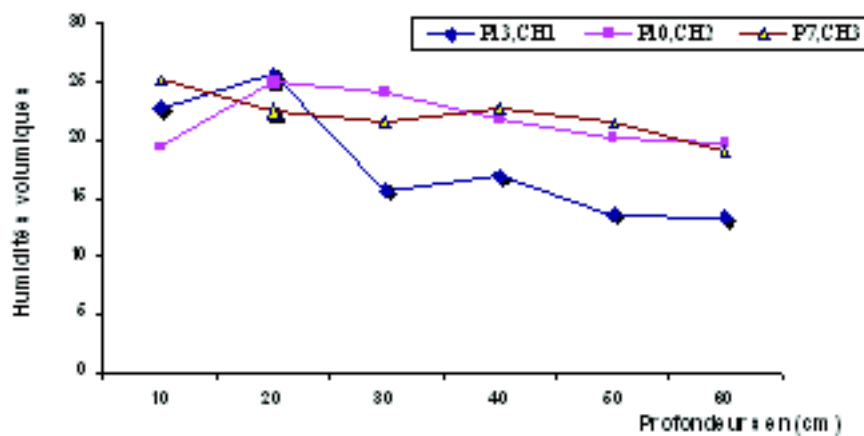


Figure 22: Evolution de l'humidité volumique en fonction des trois chaînes d'outil à différentes profondeurs juste avant la récolte pour (T4)

7.2. Evolution de l'humidité du sol dans le temps pour les trois chaînes et par traitement

7.2.1. Evolution de l'humidité du sol dans le temps, pour la 1ère chaîne, 1er traitement (Ch1, T1)

Suivi de l'humidité du sol, tout au long du cycle évolutif de la culture (fig. 23), montre que celle-ci décline suivant les stades de développement de la culture et pour toutes les profondeurs confondues, ce qui prouve encore une fois que la conservation d'humidité dans ce cas est très faible, particulièrement en fin de cycle. L'humidité volumétrique varie de 21 à 30% de l'horizon supérieur au plus profond pour les premiers stades de culture pour atteindre 10 à 15% pour les derniers stades évolutifs. Nous remarquons également (fig. 23) qu'à partir du sixième prélèvement, l'humidité volumétrique était inférieure au point de flétrissement temporaire.

7.2.2. Evolution de l'humidité du sol dans le temps, pour la 2ème chaîne, 1er traitement (Ch2, T1)

Contrairement au cas de la première chaîne d'outil, dans la deuxième chaîne (Fig. 24), l'humidité est presque tout au long du cycle évolutif de la plante, supérieure, égale ou légèrement inférieure au point de flétrissement temporaire, néanmoins, la différence d'humidité selon les profondeurs existe toujours, même si dans certain stade cette différence est très faible, cela veut dire tout simplement que l'infiltration est meilleure, avec une conservation plus importante que celle de la première chaîne.

7.2.3. Evolution de l'humidité du sol en fonction du temps, pour 3ème chaîne, 1er traitement (Ch3, T1)

L'humidité volumétrique pour la troisième chaîne, d'après la figure, 25 est sensiblement supérieur au deux autres chaînes (CH1 et CH2), elle est de 25% entre 30 et 40 cm et 33% entre 10 et 20 cm, ceci du premier au troisième prélèvement et de 10 à 15% pour toutes profondeurs confondues dans les derniers stades de la culture (de P7 à P9).

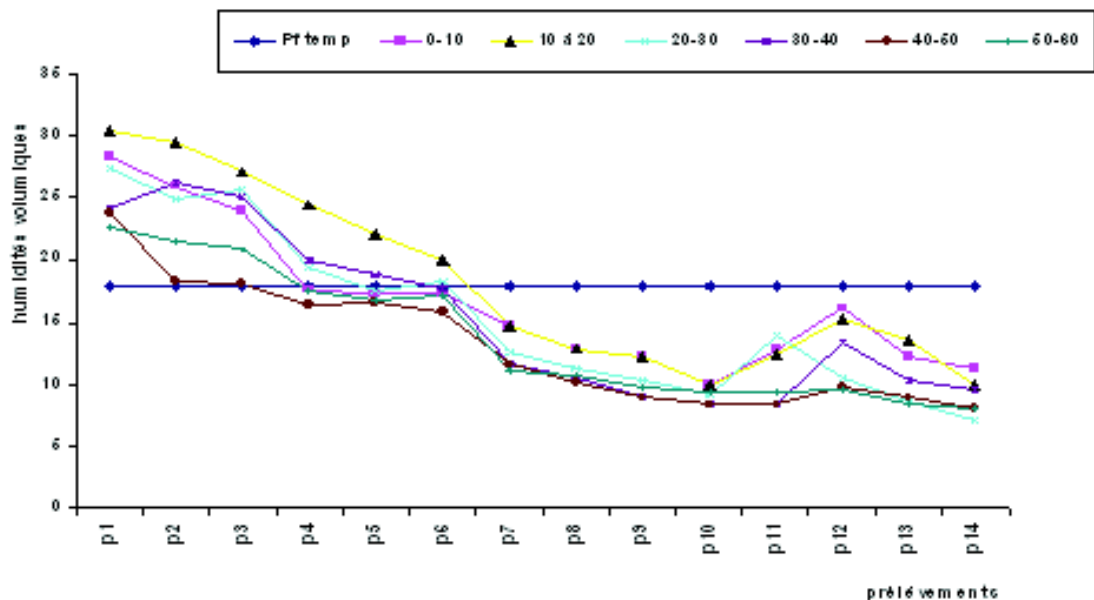


Figure 23: Evolution de l'humidité volumétrique du sol en fonction du temps et suivant les prélèvements pour la première chaîne d'outil, en pluvial (CH1, T1).

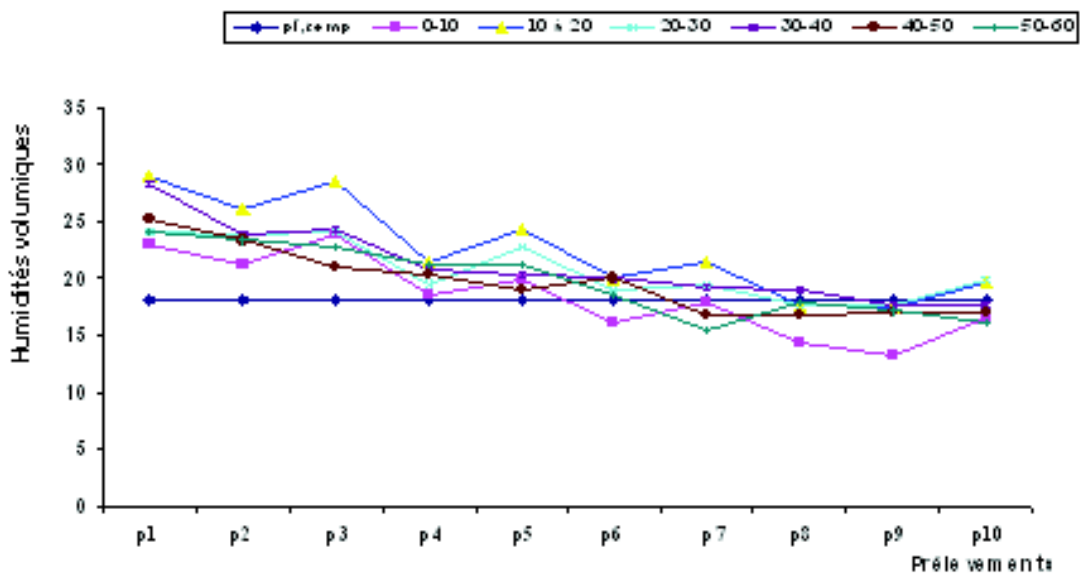


Figure 24: Evolution de l'humidité volumique du sol en fonction du temps et suivant les prélèvements pour la deuxième chaîne d'outil, en pluvial (CH2, T1).

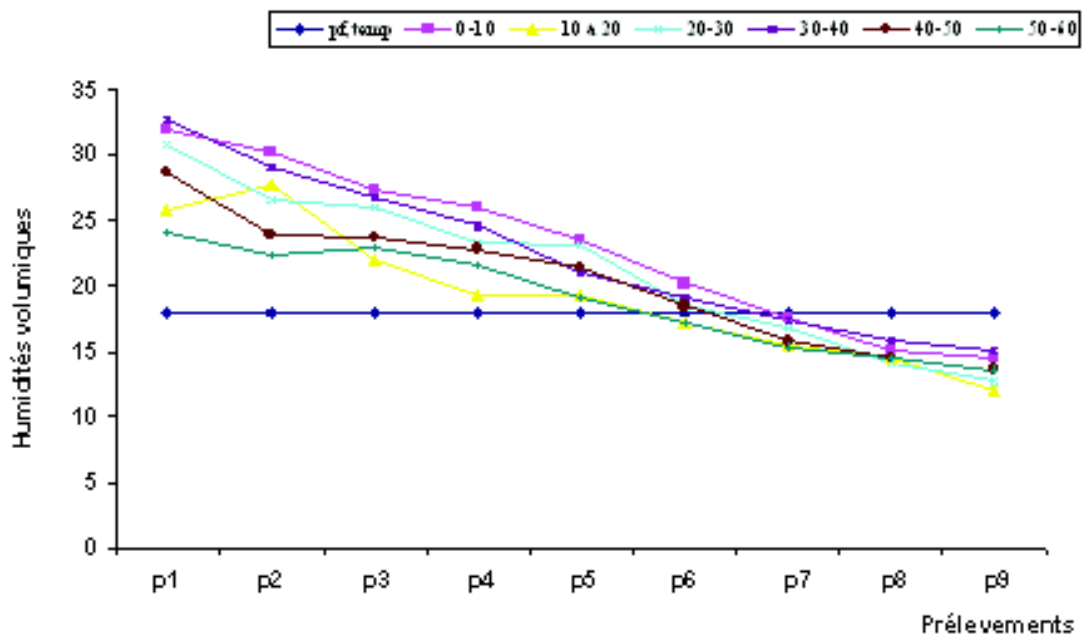


Figure 25: Evolution de l'humidité volumique du sol en fonction du temps et suivant les prélèvements pour la troisième chaîne d'outil, en pluvial (CH3, T1).

Conclusion :

D'après les figures, 23, 24 et 25, les meilleures chaînes d'outil sont la troisième suivi de la deuxième, tout deux sont recommandées pour les conditions du Haut Cheliff, contrairement à la première chaîne utilisée pour cette étude, les deux chaînes précitées et particulièrement la troisième permettent le plus grand stockage et conservation de l'eau dans le sol grâce à l'infiltration en profondeur. C'est cette humidité qui à favoriser le bon développement des racines et améliorer le niveau de rendement.

7.3 Evolution de l'humidité du sol dans le temps, pour les trois chaînes du deuxième traitement

7.3.1. Evolution de l'humidité du sol en fonction du temps, pour la 1ère chaîne, 2ème traitement (Ch1, T2)

La figure 26, montre que l'humidité volumétrique pour les premiers stades de développement de la culture du blé est au dessus du point de flétrissement temporaire avec des très petites différences entre les profondeurs. Le taux d'humidité est plus élevé en surface, soit 20 à 27% correspondant au premier et deuxième prélèvement, ensuite, elle se stabilise pour les faibles profondeurs (de 10 à 30 cm), puis elle rechute pour les profondeurs dépassant 30 cm jusqu'à 60cm, à partir du deuxième prélèvement.

7.3.2. Evolution de l'humidité du sol en fonction du temps, pour la 2ème chaîne, 2ème traitement (Ch2, T2)

Dans ce cas qui représente le deuxième traitement de la deuxième chaîne (fig. 27), l'humidité volumétrique est très différente de la première chaîne, bien qu'elle soit légèrement inférieure au point de flétrissement temporaire pour les trois derniers prélèvements (au derniers stades de la culture), l'humidité volumétrique est au dessus du Pf durant tout le reste du cycle évolutif de cette culture. Cette dernière diminue proportionnellement avec la profondeur du sol, elle varie donc, dans un intervalle de 20% de 40 à 60 cm et 31% de 10 à 30 cm de profondeur. D'après cette même figure, nous constatons que cette chaîne permet une meilleure infiltration, en raison de la stabilité de l'humidité durant presque tout le cycle de croissance de la plante, par conséquent bonne conservation de l'eau comparativement à la première chaîne.

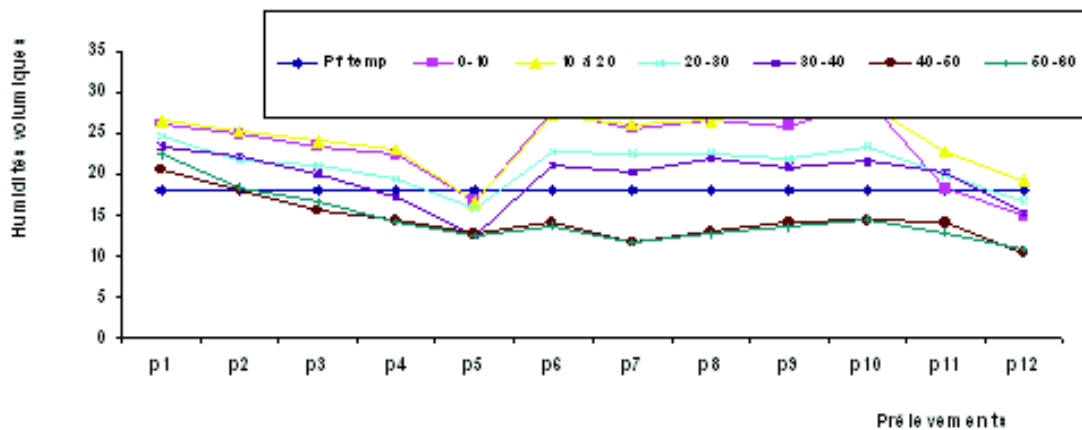


Figure 26: Evolution de l'humidité volumétrique du sol en fonction du temps et suivant les prélèvements pour la première chaîne d'outil (CH1, T2)

7.3.3. Evolution de l'humidité du sol en fonction du temps, pour la 3ème chaîne, 2ème traitement (Ch3, T2).

Ce que nous pouvons tirer de cette figure 28, est qu'elle représente la meilleure chaîne d'outil pour la conservation en eau du sol, du fait qu'elle montre clairement la grande différence dans les valeurs d'humidité tout au long du cycle évolutif de la plante, ainsi qu'au fait que l'humidité pour ce cas n'a pas été au dessous du point de flétrissement temporaire durant

tout le cycle. L'humidité a été presque stable, ou avec une légère diminution au quatrième prélèvement, huitième et neuvième.

Conclusion :

Pour ce deuxième traitement, les figures 26, 27 et 28 montrent que l'humidité volumétrique est globalement plus importante au début du cycle évolutif qu'en fin du cycle, elles montrent également que l'humidité diminue en profondeur. Nous pouvons aussi constaté par ailleurs que pour ce deuxième traitement à l'irrigué, la troisième chaîne offre de fortes potentialité, autrement dit, la charrue à disque et le cultivateur ou canadien sont mieux recommandés que la charrue à disque suivi du cover-crop et encore meilleur que la charrue à soc suivi du cover-crop. Donc, c'est la troisième chaîne qui offre de meilleurs possibilités de stockage et conservation de l'humidité dans le sol. Ceci, grâce à la bonne infiltration de l'eau en profondeur et la stabilité de cette humidité tout au long du cycle évolutif de la plante.

7.4. Evolution de l'humidité du sol dans le temps, pour les trois chaînes séparées du troisième traitement

7.4.1. Evolution de l'humidité du sol dans le temps, pour la 1ère chaîne, 3ème traitement (Ch1, T3)

Presque quasiment pareil au cas précédent (CH1, T2), l'humidité volumétrique pour le troisième traitement, chaîne une (CH1, T3) figure 29 est élevée pour les premiers stades de développement dans les horizons de surface, puis va en diminuant pour les stades avancés de la plante et en profondeur, après le troisième prélèvement, elle devient négative pour la plupart des profondeurs (au dessus du point de flétrissement temporaire). En effet, elle varie pour les premiers stades de la surface en profondeur de 17 à 33% et entre 12 et 25% pour les stades avancés de la culture.

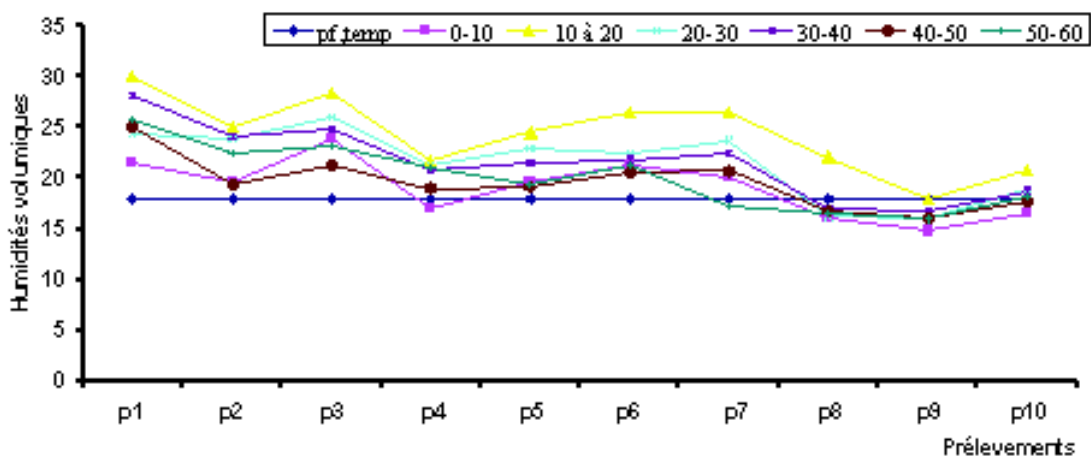


Figure 27: Evolution de l'humidité volumique du sol en fonction du temps et suivant les prélèvements pour la deuxième chaîne d'outil (CH2, T2)

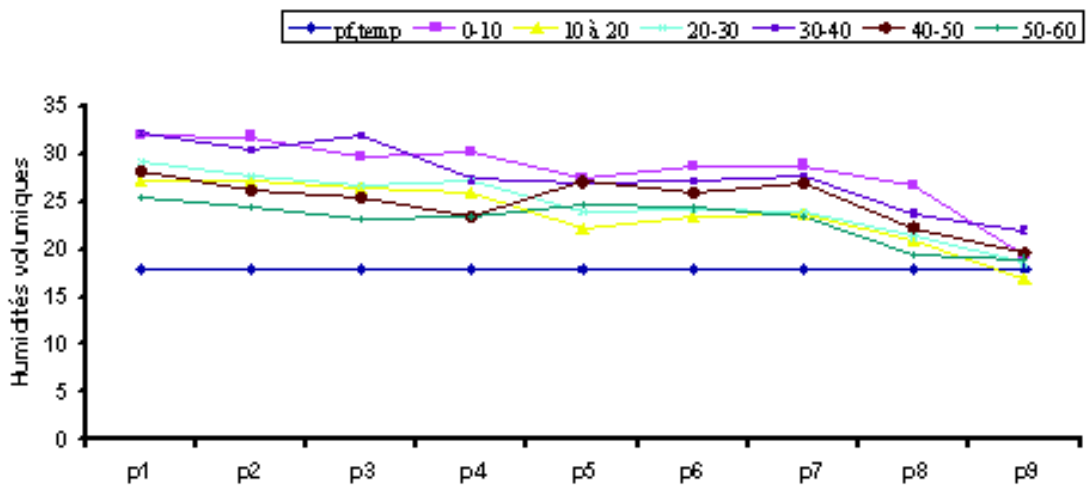


Figure 28: Evolution de l'humidité volumique du sol en fonction du temps et suivant les prélèvements pour la troisième chaîne d'outil (CH3, T2)

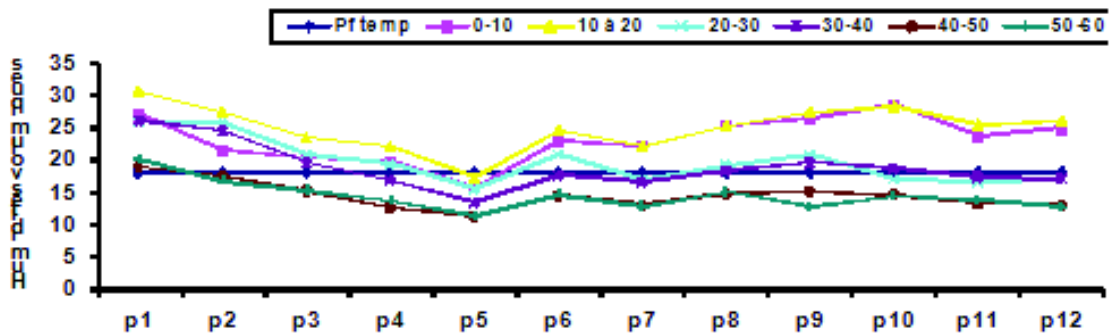


Figure 29: Evolution de l'humidité volumique du sol en fonction du temps et suivant les prélèvements pour la première chaîne d'outil, en pluvial (CH1, T3)

7.4.2. Evolution de l'humidité du sol en fonction du temps, pour 2^{ème} chaîne, 3^{ème} traitement (Ch2, T3)

Pour la deuxième chaîne troisième traitement (figure, 30), nous remarquons que l'humidité était très stable durant tout le cycle évolutif de la culture pour toutes les profondeurs confondues. Néanmoins, la différence de cette humidité entre les différents horizons est restée constante tout au long des stades de développement de la plante, aussi bien en surface, variant entre 17 et 30% qu'en profondeur, variant entre 17 et 27%. Nous retenons aussi d'après la même figure que toutes les valeurs d'humidité volumétrique ont été au dessus du point de flétrissement temporaire.

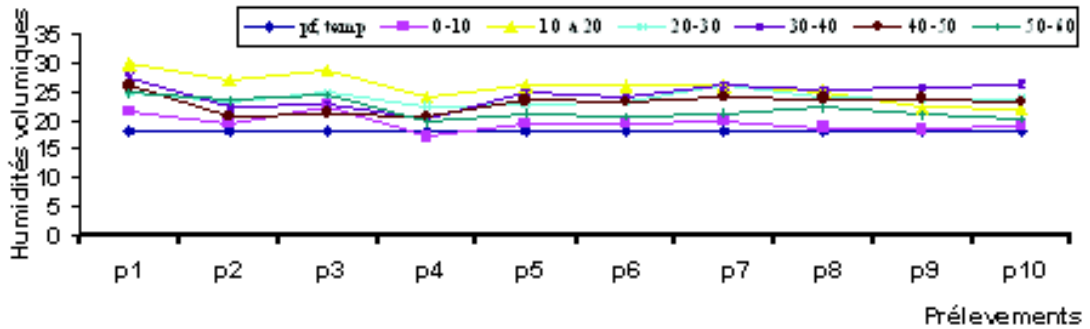


Figure 30: Evolution de l'humidité volumique du sol en fonction du temps et suivant les prélèvements pour la deuxième chaîne d'outil, en pluvial (CH2, T3).

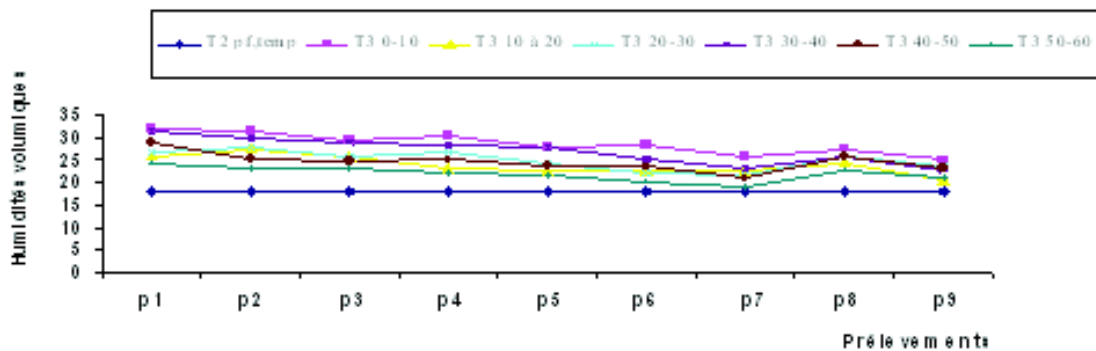


Figure 31: Evolution de l'humidité volumique du sol en fonction du temps et suivant les prélèvements pour la troisième chaîne d'outil, en pluvial (CH3, T3).

7.4.3. Evolution de l'humidité du sol en fonction du, pour 3ème chaîne, 3ème traitement (Ch3, T3)

Au fur et à mesure que la dose d'irrigation augmente, les valeurs moyennes d'humidité deviennent plus importantes, c'est aussi vrai pour toutes les chaînes. Cependant, d'après la figure 31, nous constatons que les valeurs de l'humidité volumétrique pour la troisième chaîne sont largement supérieures par rapport aux autres chaînes, elles varient entre 25 et 33% pour les horizons de surface et de 20 à 30% en profondeur. D'un autre côté, nous remarquons aussi d'après la même figure que cette humidité est stable durant tout le long du cycle évolutif d'une part, d'autre part, elle est au dessus du point de flétrissement pour la totalité des profondeurs.

Conclusion :

Ce que nous pouvons conclure d'après les figures 29, 30 et 31, est que les valeurs de l'humidité volumétrique enregistrées pour la troisième chaîne sont les plus importantes, ce qui nous permet de dire que c'est la chaîne la plus recommandée, en raison de sa meilleure conservation en eau du sol. Les valeurs d'humidité les plus faibles sont enregistrées pour la première chaîne. Donc, nous pouvons confirmer que la charrue à disque suivi du cultivateur ou du cover-crop sont mieux adaptées que la charrue à soc suivi du cover-crop pour les conditions de l'essai.

7.5. Evolution de l'humidité du sol en fonction du temps, pour les trois chaînes du quatrième traitement

7.5.1. Evolution de l'humidité du sol en fonction du temps, pour la 1ère chaîne, 4ème traitement (Ch1, T4)

Comme le montre bien la figure 32, pour le quatrième traitement, il est exactement pareil au troisième traitement, l'humidité volumétrique est élevée au premiers stades de culture, aussi bien pour les horizons de surface que pour celles des profondeurs, elles rechutent pour le cinquième prélèvement, puis remontent pour devenir stable du sixième au dernier prélèvement. Nous remarquons également que l'humidité est au dessus du point de flétrissement temporaire pour les profondeurs et au dessus du même point pour les horizons de surface.

7.5.2. Evolution de l'humidité du sol en fonction du temps, pour la 2ème chaîne, 4ème traitement (Ch2, T4)

D'après la figure 33, nous constatons que les valeurs d'humidité, quelles soit des horizons de surface, de profondeurs, des premiers stades ou des derniers sont toutes supérieures à celle du point de flétrissement temporaire. Nous remarquons également une certaine stabilité durant tout le cycle de vie de la culture, cependant, nous enregistrons dans quelques points des valeurs d'humidité légèrement plus basses, qui sont certainement dues aux périodes de sécheresse au cours du même cycle. Seulement, cette chaîne semble d'après la même figure être mieux que la première chaîne dans le stockage et la conservation de l'humidité dans le sol. Le taux d'humidité est beaucoup plus élevé que celui de la première chaîne.

7.5.3. Evolution de l'humidité du sol en fonction du temps, pour la 3ème chaîne, 4ème traitement (Ch3, T4)

Pareil au troisième traitement de troisième chaîne, les valeurs des humidités volumétriques figure 34, sont plus importante que celles des autres chaînes, ceci est certainement du à la dose d'irrigation d'une part et d'autre part au travail du sol adéquat. Donc, ses valeurs montrent qu'il y a une bonne infiltration en profondeur du faite de l'importance des humidités pour tous les horizons et leurs supériorité du niveau du point de flétrissement temporaire. Ce qui montre également qu'il y a une meilleure conservation de l'eau tout au long du cycle évolutif avec une bonne stabilité.

Conclusion :

Le constat pour le quatrième traitement est pareil à celui des précédents (troisième et deuxième), bien que certaines valeurs d'humidités sont légèrement supérieurs dans ce cas. Concernant l'effet ou l'incidence de différentes chaînes sur la conservation en eau du sol, nous pouvons dire que c'est la troisième chaîne par excellence qui peut être adaptés et recommandée pour ces conditions. Ainsi, d'après les trois figures 32, 33 et 34, c'est la charrue à disque suivi du cover-crop ou mieux encore du canadien qui est meilleure que la première chaîne qui est composée de la charrue à soc suivi du cover-crop.

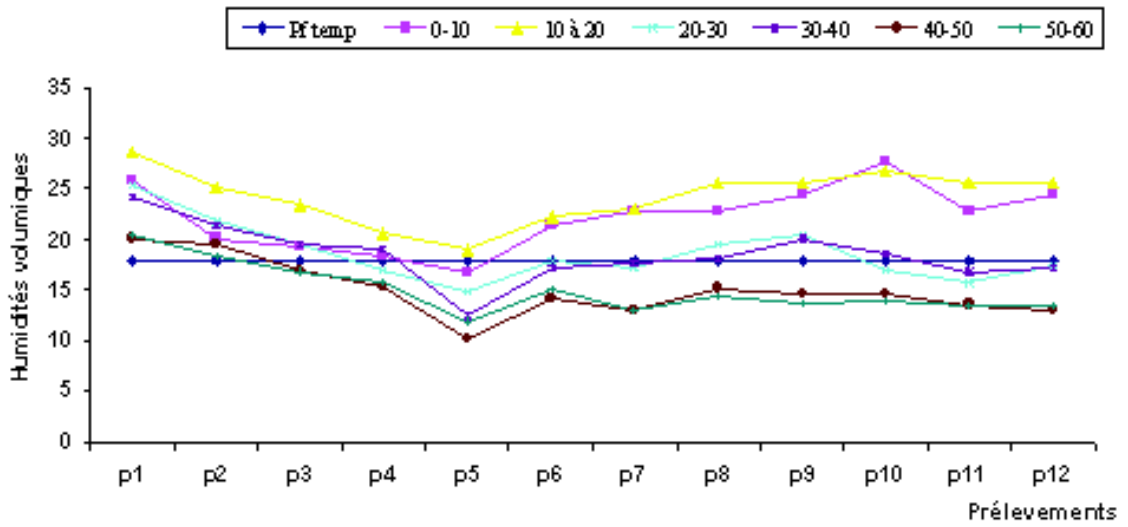


Figure 32: Evolution de l'humidité volumique du sol en fonction du temps et suivant les prélèvements pour la première chaîne d'outil, en pluvial (CH1, T4)

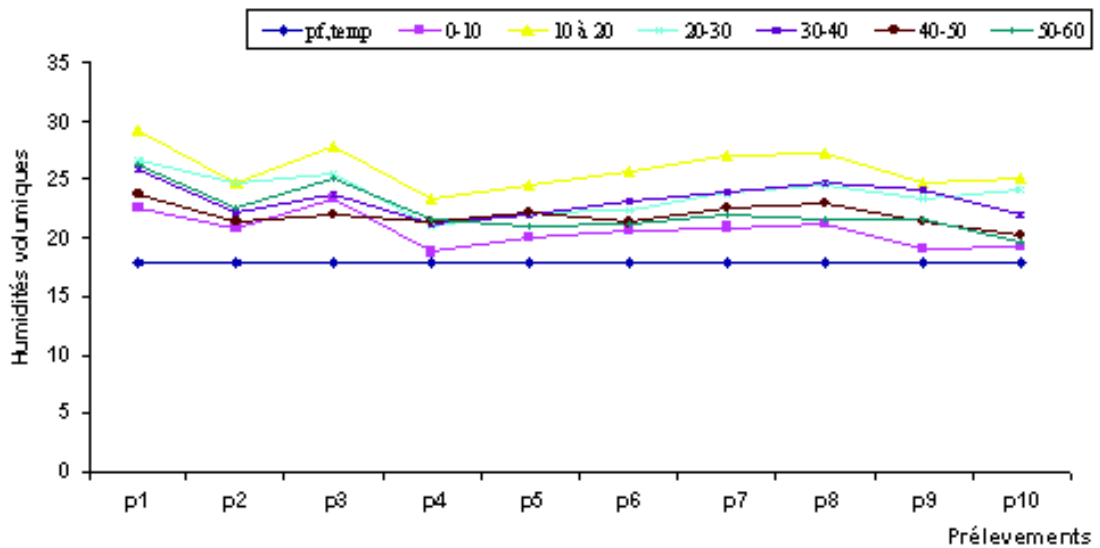


Figure 33: Evolution de l'humidité volumique du sol en fonction du temps et suivant les prélèvements pour la deuxième chaîne d'outil, en pluvial (CH2, T4)

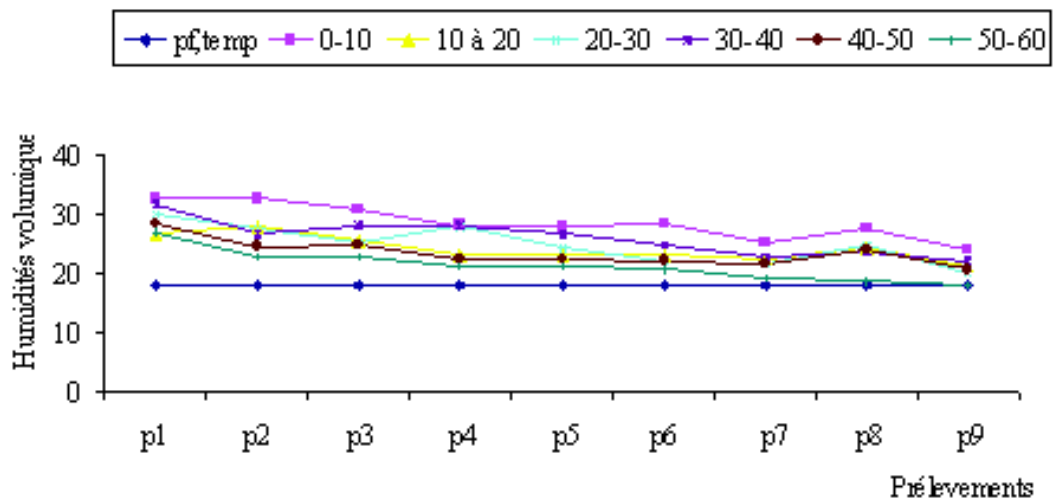


Figure 34: Evolution de l'humidité volumique du sol en fonction du temps et suivant les prélèvements pour la troisième chaîne d'outil, en pluvial (CH3, T4)

Chapitre 8: Incidence des trois chaînes d'outils sur le rendement et ses composantes sous différents régimes d'irrigation

Introduction

Cette partie vise la maîtrise et l'utilisation rationnelle du facteur eau, sous l'effet de différents outils utilisés pour le travail du sol. L'eau est devenue facteur principal et limitant de l'agriculture dans les régions semi-arides.

En effet, c'est derniers temps, la quasi-totalité des producteurs de céréales utilisent l'irrigation de complément dans le périmètre du Haut-Cheliff. Mais, cette irrigation est souvent appliquée dans des conditions inadéquates, aussi bien pour la dose que pour la période ce qui provoque dans la plus part des cas des pertes considérables en rendement.

Tenant compte de cela, nous nous proposons d'étudier l'influence des différents outils de travail du sol sur la teneur en eau du sol et leurs incidences sur le rendement du blé et ses composantes sous irrigation de complément.

Nous tenons à rappeler que l'irrigation n'a été déclenchée que lorsque l'humidité a atteint 60% de la capacité de rétention ou lorsque 40% de l'humidité à la capacité de rétention est épuisée. Cela dépend des conditions climatiques durant l'essai telle que : La température, l'évaporation et particulièrement la pluviométrie.

Nous avons essayé d'axer nos travaux sur quelques paramètres qui nous ont paru les plus importants à savoir :

- Le poids de mille grains;
- Le nombre de grain par épi;
- Le nombre d'épi par mètre carré;

- Et le rendement réel en grain.

Ces paramètres sont mesurés pour chaque chaîne d'outil séparément, avec les quatre niveaux d'irrigation, puis comparés entre eux pour chaque traitement irrigué.

8.1. incidence de la première chaîne d'outil sur le rendement et ses composantes sous différents régimes d'irrigation

8.1.1. Incidence de la première chaîne d'outil sur le poids de mille grains sous différents régimes d'irrigation

Ce que nous constatons en premier lieu dans la figure 35, est l'effet du stress hydrique, cela s'explique par la différence qui existe entre le témoin en sec (19.66 grammes) et les autres traitements irrigués notamment T4, avec 23.33 grammes. Cependant, cette différence n'est pas très importante, particulièrement entre le T3 et le T4, pour la simple raison, est qu'ils ont reçu la même quantité d'eau. La cinquième et la sixième irrigation n'ont pas eu lieu, en raison de leurs coïncidences avec le stade maturation. Le poids de mille grains paraît faible (valeur moyenne générale est de 21.56 grammes) par rapport au potentiel de la variété, c'est relative à l'année climatique largement déficitaire en pluviométrie (tableau climatique précédent).

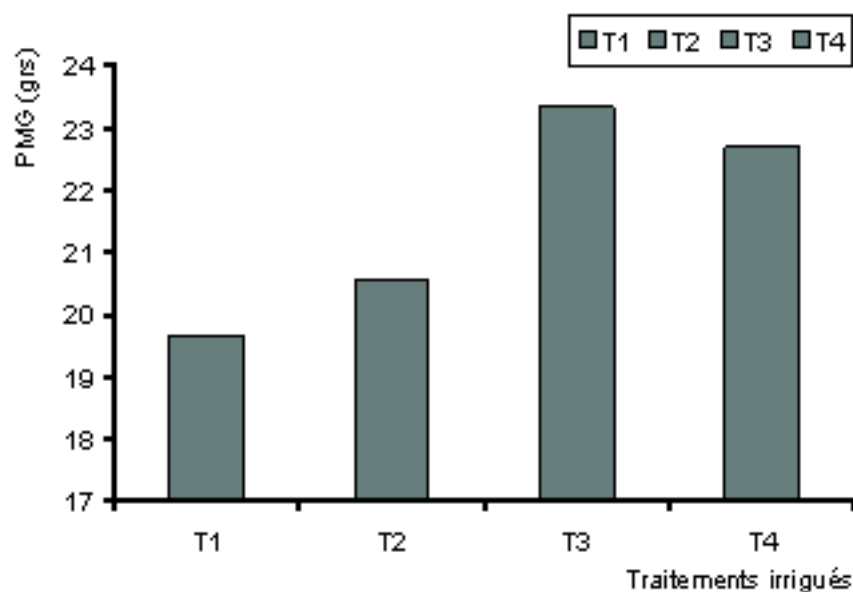


Figure 35: Incidence de la première chaîne sur le PMG sous régimes hydrique

L'analyse de variance :

L'analyse de variance (Tableau 13 et 14), fait ressortir globalement un effet significatif de l'irrigation sur le poids de mille grains. Toutefois, cette composante est influencée aussi par le nombre de grain par épi, dont elle est étroitement liée. Malgré la même quantité d'eau reçue par les traitements (T3 et T4), le PMG est légèrement différent, mais cette différence n'est pas significative, par contre elle est significativement élevée entre le T1 (en sec) et

le T3 et T4. L'analyse statistique à montrer aussi qu'il n'y a pas de différence significative entre le T2 et T1.

Discussion et interprétation

Le poids de mille grains a été influencé plus par le stress hydrique, ceci peut s'expliquer par la différence entre les traitements irrigués et non irrigués, ainsi que les faibles valeurs de ce paramètre. Nous ajoutant à cela le fait d'avoir un sol moins poreux que celui des autres chaînes. Donc, la plante n'a pu explorer les profondeurs pour satisfaire ces besoins en eau, c'est probablement dû au passage du cover-crop et du rouleau kross-kill qui ont accentué cet effet du travail du sol.

8.1.2. Incidence de la première chaîne d'outil sur le nombre de grain/épi sous différents régimes d'irrigation.

La figure 36 montre une évolution proportionnelle du nombre de grain par épi en fonction des traitements irrigués, ainsi cette évolution continue montre à quel point ce paramètre a été influencé par les doses d'irrigation. La valeur la plus faible est celle du témoin en sec avec environ 16 grains par épi, et la plus haute valeur est obtenue par le traitement le mieux irrigué, T4 avec 23 grains par épi.

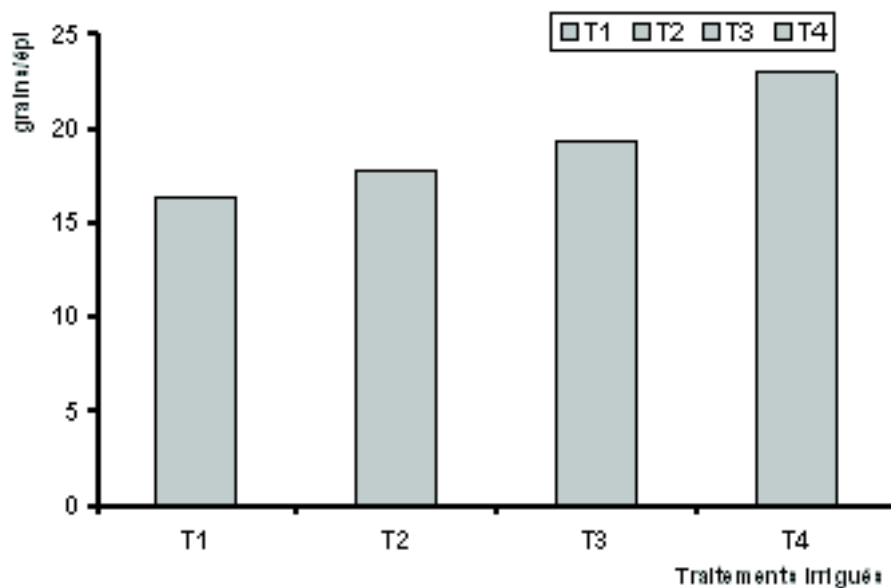


Figure 36: Incidence de la première chaîne sur le nombre de grain/épi sous régimes hydrique

Cependant, même si les traitements T3 et T4 ont reçu les mêmes quantités d'eau, nous notons une légère différence entre eux, cela est dû surtout au nombre d'épi par mètre carré qui est plus important en T4 qu'en T3. Donc, un peuplement plus élevé, mais la fertilité des épis est faible. La valeur moyenne du nombre de grain par épi est 19.08.

L'analyse de variance :

L'analyse de variance Tableau 15, montre un effet hautement significatif entre les traitements de l'irrigation. Les résultats de l'analyse relative aux groupes homogènes Tableau 16, montrent qu'il y a un effet hautement significatif entre le traitement 4 et tout le reste

des autres traitements, par contre, il n’y a aucun effet entre les traitements T1, T2 et T3. Ce paramètre est pareil à celui du PMG, excepté le T4 qui est différent en raison de son influence par d’autres paramètres tel que le nombre d’épi / m². Nous remarquons généralement que les valeurs sont relativement faibles, ce qui est dû essentiellement à l’année climatique et les outils utilisés dans cette chaîne qui travaillent avec une faible profondeur, laissant une semelle de labour et provoquant des fissurations dans le sol. Par ailleurs, la comparaison des moyennes deux à deux pour la plus faible différence significative fait ressortir un effet hautement significatif entre le T4 et le reste des traitements, donc trois groupes homogènes A(T4), B(T3) et C(T1), et un groupe intermédiaire BC(T2). (Tableau 15).

Tableau 15 : Résultats de l’analyse de tous les effets : variable «GR/EPI 1» de la chaîne 1

effet	DI effet	MC effet	DI erreur	MC erreur	F	P niveau
1	3	30.30672	12	3.606604	8.403117	0.002806

Discussion et interprétation :

Pareil aux autres paramètres, il semble que le nombre de grain par épi est influencé sensiblement par le stress hydrique, ceci paraît clairement dans la figure 36 où nous remarquons une nette évolution à partir du témoin en sec, jusqu’au traitement T4. Mais, nous ajoutant aussi que les faibles valeurs de ce paramètre sont dus à deux facteurs : Le premier est d’ordre climatique et le deuxième est relié à la chaîne d’outil utilisée dans cet essai. Donc, un travail du sol de faible profondeur, ne permet pas à la plante d’explorer les profondeurs convenablement.

8.1.3. incidence de la première chaîne d’outil sur le nombre d’épi/m² sous différents regimes d’irrigation.

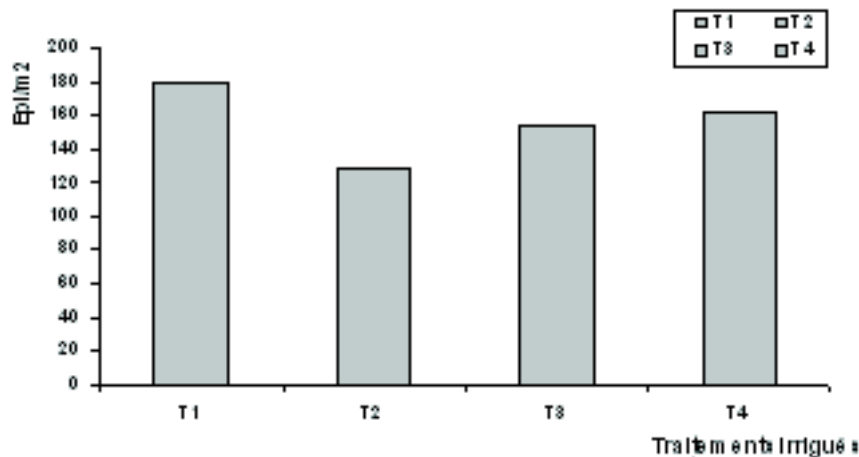


Figure 37: Incidence de la première chaîne sur le nombre épi/m² sous régimes hydrique

Ce caractère est l’un des facteurs révélateurs du degré de développement et de la croissance de la plante dans les conditions normales.

En effet le peuplement épis par unité de surface ne dépend pas uniquement du pouvoir de tallage et de la densité de semis, mais aussi du type et travail du sol, aussi bien pour la structure que pour la profondeur. La figure 37 montre que le meilleur peuplement à été obtenu pour le traitement 1 avec 179 épis /m², mais un grand pourcentage de ces épis

étaient stériles et échaudés, donc les meilleurs peuplements sont enregistrés pour le T3 et T4, 153 et 177 épi/m², mais la fertilité était meilleure que le témoin. La moyenne générale de l'essai pour ce paramètre était 161 épis/m².

L'analyse de la variance :

L'analyse de la variance indique un effet hautement significatif de l'irrigation sur ce paramètre, sauf pour le premier traitement où la majorité des épis étaient stériles et échaudés (Tableau 17). La comparaison des moyennes deux à deux pour la plus faible différence significative donne des effets significatifs et hautement significatifs entre les traitements, sauf pour le T3 et T4 où la différence est non significative. (Tableau 18).

Discussion et interprétation :

D'une manière générale, le nombre d'épi par unité de surface est important, il reflète aussi bien le potentiel de la variété que les conditions dans lesquelles se développe et s'extériorise cette culture. Comme pour les autres paramètres, celui-ci fait ressortir des valeurs plus ou moins faibles relativement au potentiel de la variété WAHA qui possède un bon pouvoir de tallage et donc un bon peuplement épi. Ceci nous a amené à penser à la chaîne d'outil utilisée dans ce cas, celle-ci n'avait pas permis un bon travail du sol, ainsi mauvais développement racinaire et par conséquent, un faible peuplement épi par unité de surface.

8.1.4. incidence de la première chaîne d'outil sur le rendement réel en grains sous différents régimes d'irrigation

Le rendement est le paramètre le plus important et déterminant pour comprendre l'influence des facteurs étudiés sur la culture. La figure 38 indique une évolution proportionnelle et linéaire du rendement en fonction des traitements irrigués. Toutefois, ce que nous pouvons conclure pour le rendement est pareil à celui des composantes de ce dernier, l'effet de l'irrigation est apparent vu la grande différence entre le témoin en sec 1.77 qx/ha et les autres traitements en irrigués, respectivement pour T2, T3 et T4, avec 3.95, 6.26 et 8.63 qx/ha. Le rendement moyen était 5.13 qx/ha, très faible relativement au vrai potentiel de la variété WAHA. Ce qui montre par conséquent, que la dose d'irrigation la plus forte (150 mm) était au-dessous des besoins de la plante.

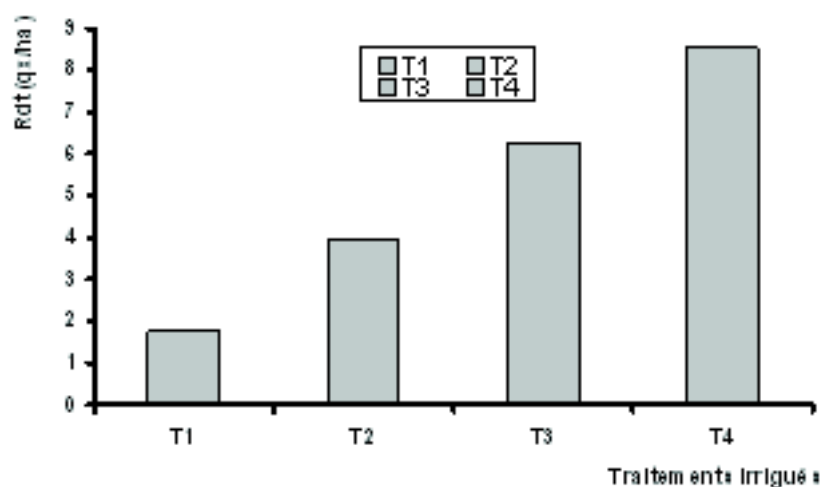


Figure 38: Incidence de la première chaîne sur le rendement en grain sous régimes hydrique

L'analyse de la variance :

Le tableau 19, relatif à l'analyse de variance indique un effet hautement significatif entre les différents traitements, ce qui montre la grande influence de l'irrigation sur le rendement de la variété WAHA. La comparaison des moyennes deux à deux pour la plus faible différence significative (Tableau 20) indique des effets hautement significatifs des traitements entre eux deux à deux. Dans ce cas, nous avons obtenu quatre groupes homogènes, A (T4), B (T3), C (T2) et D (T1).

Tableau 20 : Comparaison des moyennes deux à deux pour la plus faible différence significative (LSD)

Traitement	{1} 1.7675	{2} 3.9525	{3} 6.255	{4} 8.5300
1 {1}	—	0.00689	0.0000204	0.0000003
2 {2}	0.00649	—	0.0046802	0.0000168
3 {3}	0.000020	0.004680	—	0.005052
4 {4}	0.0000003	0.000017	0.005052	—

Discussion et interprétation :

Nous avons obtenu des rendements très faibles (Figure 38) relativement à la potentialité de la variété, qui valorise très bien l'eau (Boutfirasse, 2001). C'est surtout les conditions climatiques qui étaient responsables de ce faible niveau de rendement. Dans les régions semi-arides telle que le Haut Cheliff, le retournement du sol n'est pas toujours recommandé (Bouzza, 1991), du fait des grandes évaporations suite à la fissuration du sol au printemps. En effet la couche travaillée en surface se contracte et laisse apparaître des fissures provoquant ainsi l'assèchement rapide du sol particulièrement durant les périodes sèches de l'année. En guise de conclusion, nous pouvons dire que la chaîne d'outil dans ce cas à accentuer l'effet de sécheresse en limitant la bonne exploration de la plante des zones racinaire.

8.2. incidence de la deuxième chaîne d'outil sur le rendement et ses composantes sous différents régimes d'irrigation.

8.2.1. Incidence de la deuxième chaîne d'outil sur le poids de mille grain sous différents régimes d'irrigation

Ce que nous constatons en premier lieu dans la figure 39, est qu'il n'y a pas d'effet apparent du stress hydrique sur ce paramètre, cela s'explique par la valeur du témoin en sec (28.91 grammes) et le traitement T2 irrigués mais avec une valeur de 19.78 grammes. Cependant le T3 et T4, ne montrent pas une grande différence, avec des valeurs respectives de 27.47 et 26.93 grammes. Le poids de mille grains paraît un peu plus fort que le précédent, car la valeur moyenne générale est de 25.78 grammes.

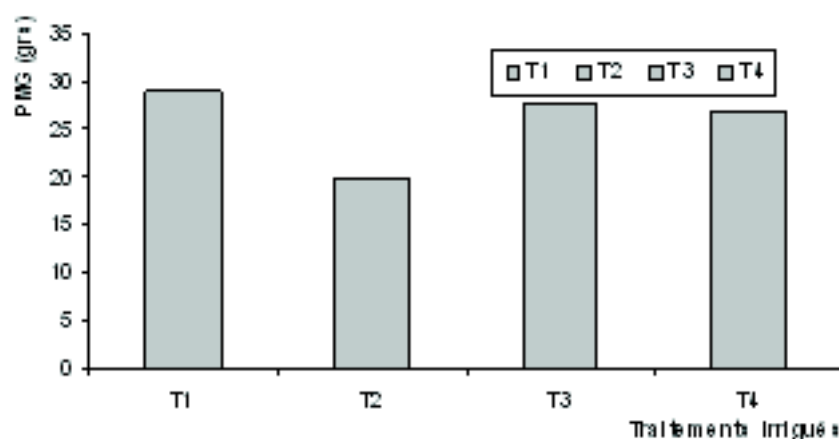


Figure 39: Incidence de la deuxième chaîne sur le PMG sous régimes hydrique

L'analyse de la variance

Les résultats de l'analyse de variance (Tableau 21), montrent d'après le niveau de probabilité que l'effet entre les traitements pour cette composante est hautement significatif. En fait le PMG est souvent relié aux autres composants du rendement, spécialement au nombre de grain par épi, une relation inversement proportionnelle. La comparaison des moyennes deux à deux pour la plus faible différence significative (Tableau 22) indique un effet hautement significatif entre le T2 et les autres traitements, par contre, il n'y a pas d'effet entre les autres traitements. Nous pouvons dire donc, que le traitement deux sort du lot. Nous avons obtenu deux groupes homogènes : (A) pour T1, T3 et T4 puis (B) pour le T2.

Tableau 22 : Comparaison des moyennes deux à deux pour la plus faible différence significative (LSD)

Traitement	{1} 28.91250	{2} 19.78500	{3} 27.48500	{4} 26.93500
1 {1}	—	0.00002	0.311304	0.168806
2 {2}	0.00002	—	0.000099	0.000190
3 {3}	0.311304	0.000099	—	0.690980
4 {4}	0.168806	0.000190	0.690980	—

Discussion et interprétation

La première remarque à faire pour cette composante est le faite qu'elle ne paraît pas être influencée par l'irrigation. La meilleure valeur du PMG à été enregistré (figure 39) pour le traitement en sec, alors qu'elle devrait être la plus faible, ceci est probablement du a sa relation avec la faible valeur du nombre de grain par épi pour ce même traitement. Nous notons aussi, que le PMG pour cette deuxième chaîne, est légèrement supérieur par rapport à la première chaîne. Dans ce deuxième cas, la charrue à disque a fait un travail un peu plus profond que celui de la charrue à soc, en raison de son grand diamètre et de son poids plus lourd. Les racines ont pu exploiter plus de surface vue l'augmentation de la profondeur.

8.2.2. Incidence de la deuxième chaîne d'outil sur le nombre de grain par épi sous différents régimes d'irrigation

La figure 40 montre une différence deux à deux pour le paramètre nombre de grain par épi en fonction des traitements irrigués, ainsi le témoin T1 et le T2 présentent presque les mêmes

valeurs 22.30 et 21.47 grains par épi, tandis que le T3 et T4 présentent des valeurs de 25.51 et 25.57 grains par épi. Donc, les plus faibles, c'est les moins irrigués et les meilleurs c'est les mieux irrigués. La valeur moyenne du nombre de grain par épi pour cette chaîne est de 23.81 grains par épi.

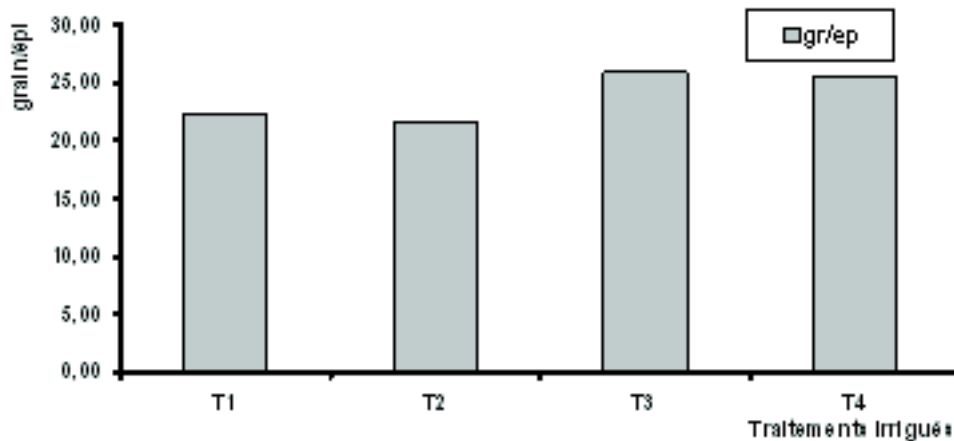


Figure 40: Incidence de la deuxième chaîne sur le nombre de grain/épi sous régimes hydrique.93

L'analyse de la variance

Les résultats de l'analyse de variance (Tableau 23), montrent d'après le niveau de probabilité que l'effet entre les traitements pour cette composante est hautement significatif. En fait le nombre de grain par épi est souvent relié aux autres composants du rendement, spécialement au PMG, une relation inversement proportionnelle. La comparaison des moyennes deux à deux pour la plus faible différence significative (Tableau 24) indique un effet hautement significatif entre deux groupes homogènes : groupe (A) T3, T4 et le groupe (B) T1,T2. Mais entre les traitements de même groupe, l'effet est non significatif.

Tableau 23 : Résultats de l'analyse de tous les effets : variable « GR/EPI 2 » de la chaîne 2

effet	DI effet	MC effet	DI erreur	MC erreur	F	P niveau
1	3	20.37512	12	1.970054	10.34241	0.001204

Tableau 24 : Comparaison des moyennes deux à deux pour la plus faible différence significative (LSD)

Traitement	{1} 22.29500	{2} 21.46750	{3} 25.91000	{4} 25.56750
1 {1}	—	0.420700	0.003373	0.006373
2 {2}	0.420700	—	0.000758	0.001393
3 {3}	0.003373	0.000758	—	0.735998
4 {4}	0.006373	0.001393	0.735998	—

Discussion et interprétation

Ce que nous constatons d'après la figure 40, est le grand écart qui existe entre les deux premiers traitements (T1, T2), l'un non irrigué, l'autre irrigué à faible dose et les deux autres traitements (T3, T4) irrigués à plus forte dose. Ceci montre la grande influence de l'eau pour

ce paramètre. Pour les mêmes raisons citées pour le cas du PMG, le nombre de grain par épi pour cette deuxième chaîne est légèrement supérieur à celui de la première chaîne.

8. 2.3. incidence de la deuxième chaîne d'outil sur le nombre d'épi/m² sous différents régimes d'irrigation

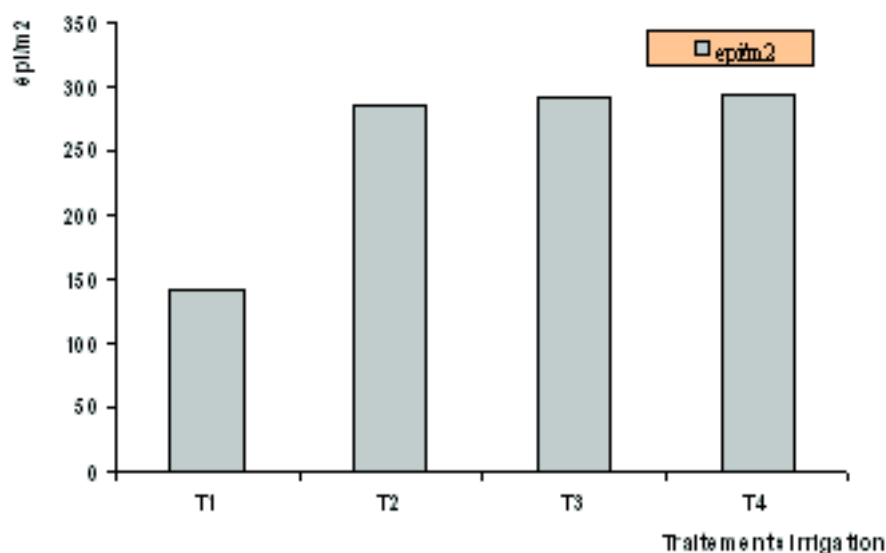


Figure 41: Incidence de la deuxième chaîne sur le nombre épi/m² sous régimes hydrique

La figure 41 montre que pour cette chaîne d'outil, l'effet de l'irrigation est très clair, cela s'explique par la grande différence entre le témoin T1 qui est de l'ordre de 141 épis/ m², alors que les autres traitements en irrigués T2, T3 et T4 présentent des valeurs respectives de l'ordre de 286, 291 et 295 épis /m². La moyenne générale de l'essai pour ce paramètre était de 253 épis/m².

L'analyse de la variance

L'analyse de la variance indique un effet hautement significatif de l'irrigation sur ce paramètre, en raison de la très faible valeur de ce paramètre obtenu dans le traitement en sec (T1) (Tableau 25). La comparaison des moyennes deux à deux pour la plus faible différence significative donne des effets hautement significatifs entre le traitement (T1) et les trois autres traitements (T2), (T3) et (T4). Donc deux groupes homogènes : le premier est le groupe (A) composé de (T2), (T3) et (T4), le deuxième est le (B) représentant le (T1). (Tableau 26).

Tableau 26 : Comparaison des moyennes deux à deux pour la plus faible différence significative (LSD)

Traitement	{1} 141.2500	{2} 286.7500	{3} 291.2500	{4} 295.2500
1 {1}	—	0.000010	0.000007	0.000005
2 {2}	0.000010	—	0.825345	0.677618
3 {3}	0.000007	0.825345	—	0.844454
4 {4}	0.000005	0.677618	0.844454	—

Discussion et interprétation

D'une manière générale, le nombre d'épi par unité de surface, figure 41, indique une évolution à deux niveaux : Le premier est entre le T1 et les autres traitements, le deuxième est la faible différence entre les trois autres traitements (T2), (T3) et (T4).

Il semble aussi d'après la même figure 7, qu'il n'y a pas une grande influence des doses croissantes d'irrigation sur le peuplement épi par unité de surface, par contre la différence est très importante entre le témoin en sec et les traitements irrigués. L'importance de la moyenne générale du peuplement épi pour cette chaîne montre que le travail du sol à été plus favorable au développement de la culture relativement aux résultats de la première chaîne pour ce paramètre.

8.2.4. incidence de la deuxième chaîne d'outilsur le rendement en grain sous différents regimes d'irrigation

Concernant la deuxième chaîne d'outil, la figure 42, montre bien l'effet de l'eau sur la culture, vu la différence de rendement qui existe entre le traitement en pluvial T1 avec seulement 4.64 qx/ha, alors que le T2 qui n'a reçu que 50mm a un rendement de 16.38 qx/ha, les rendements sont presque à égalité pour le T3 (23.30 qx/ha) et leT4 (25.11 qx/ha), la moyenne générale de l'essai est 17.36 qx/ha, celle-ci est plus élevée par rapport à celle de la première chaîne d'outil.

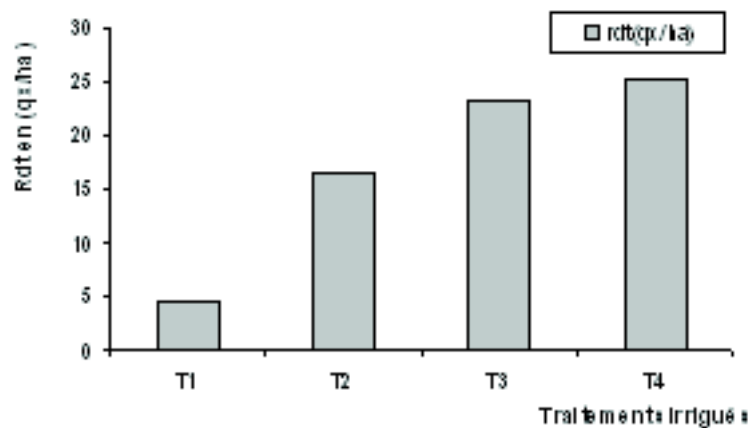


Figure 42: Incidence de la deuxième chaîne sur le rendement en grain sous régimes hydrique

L'analyse de la variance

Le tableau 27, relatif à l'analyse de variance indique un effet hautement significatif entre les différents traitements, ce qui montre la grande influence de l'irrigation sur le rendement de la variété WAHA. La comparaison des moyennes deux à deux pour la plus faible différence significative (Tableau 28) indique des effets hautement significatifs des traitements entre eux deux à deux. Dans ce cas, nous avons obtenu quatre groupes homogènes, A (T4), B (T3), C (T2) et D (T1).

Tableau 27 : Résultats de l'analyse de tous les effets : variable « rendement 2 » de la chaîne 2

effet	DI effet	MC effet	DI erreur	MC erreur	F	P niveau
1	3	343.9558	12	1.070015	321.4497	0.00000

Tableau 28 : Comparaison des moyennes deux à deux pour la plus faible différence significative (LSD)

Traitement	{1} 4.645000	{2} 16.375000	{3} 23.295000	{4} 25.112500
1 {1}	—	0.00000	0.00000	0.00000
2 {2}	0.00000	—	0.000001	0.00000
3 {3}	0.00000	0.000001	—	0.028704
4 {4}	0.00000	0.00000	0.028704	—

Discussion et interprétation

Nous avons obtenu des rendements moyens (Figure 42) relativement à la potentialité de la variété, qui peut donner plus que cette valeur. Pour cette chaîne d'outil, nous avons remarqué que les fissures étaient moins nombreuses et moins profondes que celles de la première chaîne. Ainsi l'assèchement du sol était moins rapide particulièrement durant les périodes sèches de l'année. En guise de conclusion, nous pouvons dire que la chaîne d'outil dans ce cas était favorable à la variété WAHA, en raison du niveau de rendement qui était meilleur.

8.3. Incidence de la troisième chaîne d'outil sur le rendement et ses composantes sous différents régimes d'irrigation

8.3.1. Incidence de la troisième chaîne d'outil sur le PMG sous différents régimes d'irrigation

Les valeurs moyennes du poids de mille grains, comme le montre la figure 43 ne montrent presque aucune différence entre les traitements qui ont subi des irrigations, quelle que soit la dose. Par contre, la même figure (43) montre une différence très nette entre le témoin en sec (T1) avec 16.05 grammes et les traitements irrigués (T2), (T3) et (T4), avec par ordre 20.53 grs, 20.60 grs et 20.59 grs. La moyenne générale pour ce paramètre est 19.44 grammes, celle-ci reste faible par rapport aux potentialités de la variété, l'explication sera donnée dans les paragraphes suivants.

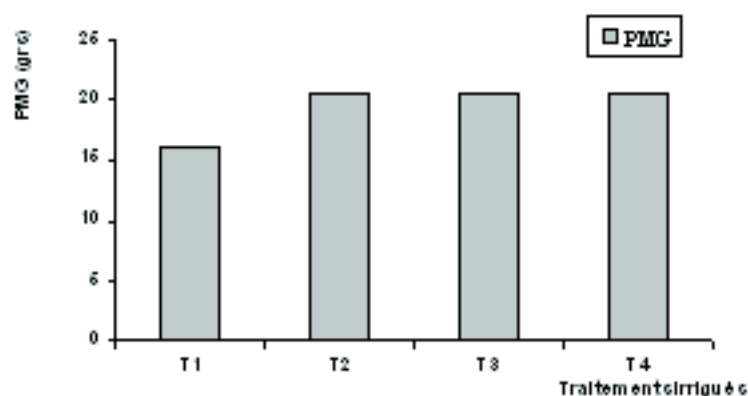


Figure 43: Incidence de la troisième chaîne sur le PMG sous régimes hydrique

L'analyse de la variance :

L'examen des résultats d'analyse de la variance (Tableau 29), montre une différence hautement significative entre les traitements du paramètre poids de mille grains. Dans ce

cas la moyenne des traitements indique une importante différence entre le témoin en sec et les traitements irrigués. La comparaison des moyennes deux à deux pour la plus faible différence significative (Tableau 30), fait ressortir l'effet hautement significatif entre le témoin sans irrigation et les traitements irrigués, toutefois, entre les traitements irrigués entre eux, l'effet est non significatif. Nous avons obtenu deux groupes homogènes : le premier est le groupe (A), composé de T3, T4 et T2, le deuxième groupe est le (B), composé de T1.

Tableau 29 : Résultats de l'analyse de tous les effets : variable « PMG 3 » de la chaîne 3

effet	DI effet	MC effet	DI erreur	MC erreur	F	P niveau
1	3	20.46478	12	1.939162	10.55341	0.001105

Tableau 30 : Comparaison des moyennes deux à deux pour la plus faible différence significative (LSD)

Traitement	{1} 16.05000	{2} 20.52750	{3} 20.60000	{4} 20.59250
1 {1}	—	0.000669	0.000589	0.000597
2 {2}	0.000669	—	0.942519	0.948456
3 {3}	0.000589	0.942519	—	0.994048
4 {4}	0.000597	0.948456	0.994048	—

Discussion et interprétation :

Il semble d'après la figure 43 que cette composante a été très influencée par l'effet de l'irrigation. La différence entre le témoin en pluvial et les traitements irrigués est très importante, mais l'effet dose n'a pas montré une différence entre eux (traitements irrigués). En effet, la valeur du PMG la plus faible est enregistrée pour le traitement en sec.

Nous notons aussi, que le PMG pour cette troisième chaîne, est légèrement supérieur par rapport à la première chaîne, mais inférieure à la deuxième chaîne. Dans ce troisième cas, la charrue à disque et le canadien a fait un travail un peu meilleur et plus profond. Même le témoin dans ce cas est environ égal aux traitements irrigués de la première chaîne.

8.3.2. incidence de la troisième chaîne d'outils sur le nombre de grain/épi sous différents régimes d'irrigation

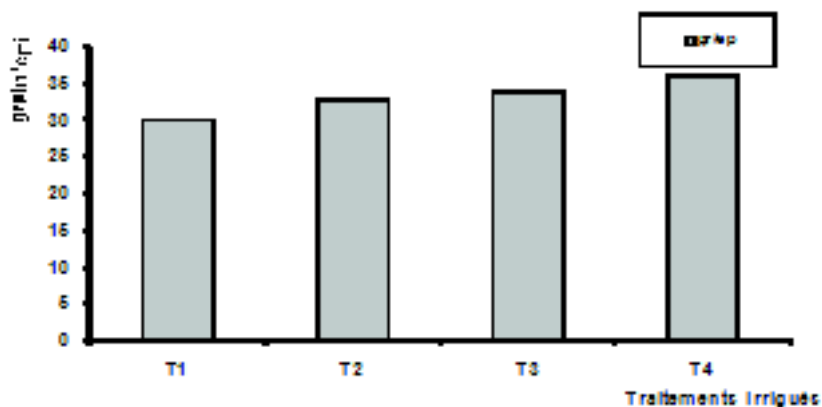


Figure 44: Incidence de la troisième chaîne sur le nombre de grain/épi sous régimes hydrique

Contrairement, au poids de mille grains, pour ce paramètre, la figure 44 montre qu'il y a une évolution de la fertilité de l'épi en grain en fonction des irrigations, plus la dose est élevée, plus le nombre de grain par épi augmente. Les valeurs moyennes sont proches les uns les autres, T1 avec 29.85 gr/épi, T2 avec 32.78 gr/épi, T3 avec 33.83 gr/épi et T4 avec 36.04 gr/épi, alors que la moyenne générale de l'essai est de 32.88 gr/épi.

L'analyse de la variance

Les résultats de l'analyse de variance (Tableau 31), indiquent d'après le niveau de probabilité que l'effet entre les traitements pour cette composante est hautement significatif. mise à part le T2, les autres traitements augmentent en fonction des doses d'irrigation. La comparaison des moyennes deux à deux pour la plus faible différence significative (Tableau 32) montre un effet hautement significatif entre deux groupes homogènes : groupe (A) T4, (AB)T3 et le groupe (B) T1,T2. Mais entre ces deux derniers traitements de même groupe, l'effet est non significatif.

Tableau 31 : Résultats de l'analyse de tous les effets :variable « GR/EPI 3 » de la chaîne 3

effet	DI effet	MC effet	DI erreur	MC erreur	F	P niveau
1	3	33.60807	12	3.461150	9.710087	0.001566

Tableau 32 : Comparaison des moyennes deux à deux pour la plus faible différence significative (LSD)

Traitement	{1} 30.8500	{2} 30.2800	{3} 33.8250	{4} 36.5450
1 {1}	—	0.672490	0.043096	0.000980
2 {2}	0.672490	—	0.019497	0.000462
3 {3}	0.043096	0.019497	—	0.060943
4 {4}	0.000980	0.000462	0.060943	—

Discussion et interprétation :

Ce que nous constatons d'après la Figure 44, est la faible valeur enregistrée par le T2 par rapport au T1 mené en sec, deux raisons peuvent expliquer cela : Premièrement, la dose donnée pour ce traitement était insuffisante pour faire la différence avec le témoin sans irrigation ; deuxième raison: la majorité des graines du témoin étaient échaudées, en plus les graines du T2 avaient un PMG meilleur. Cependant, la fertilité des épis dans cette troisième chaîne est la plus importante que les autres, donc le remplissage des graines a été réalisé dans de bonnes conditions, que ce soit pour l'humidité du sol que pour le travail du sol.

8.3.3. incidence de la troisieme chaine d'outilsur le nombre d'épi/m2 sous differents regimes d'irrigation

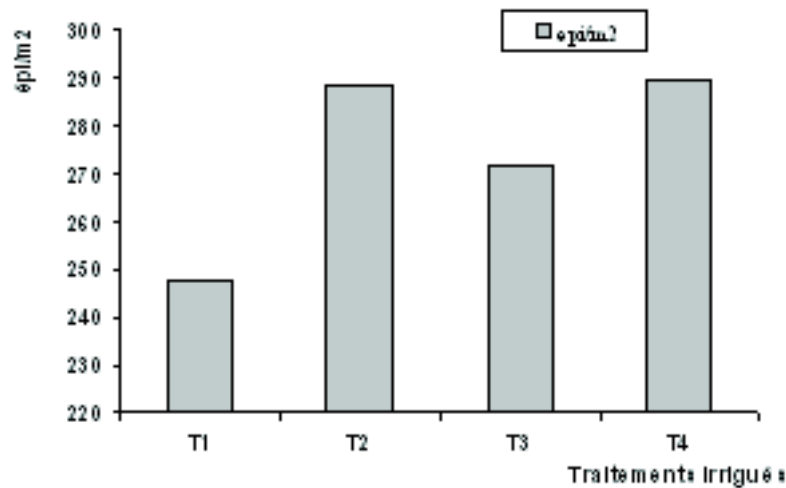


Figure 45: Incidence de la troisième chaîne sur le nombre épi/m² sous régimes hydrique

La figure 45, montre que le peuplement épi par mètre carré, ne donne presque pas de différence entre les traitements, même s’il semble que le témoin (T1) reste le plus faible avec un nombre moyen de 247.5 épis/m², il n’est pas très loin de la moyenne générale de l’essai qui est 274.31 épis/m². Nous avons le T2 avec 288.5 épis/m², le T3 avec 271.75 épis/m² et le T4 avec 289.50 épis/m². Ces moyennes indiquent un bon niveau, mais la plus part de ces épis ont été touché par la sécheresse du fin de cycle.

L’analyse de la variance :

L’analyse de la variance (Tableau 33) indique un effet à peine significatif de l’irrigation sur ce paramètre. Les valeurs représentants ce paramètre sont sous forme de dents de scie, la seule différence qui existe est celle du témoin avec le reste des traitements. La comparaison des moyennes deux à deux pour la plus faible différence significative donne des effets significatifs entre le traitement (T1) et les deux autres traitements (T2) et (T4). Donc un seul groupe homogène : le groupe (A) composé de (T4), (T2), (T3) et le (T1). (Tableau 34).

Tableau 33 : Résultats de l’analyse de tous les effets : variable « EPI/M2 » de la chaîne 3

effet	DI effet	MC effet	DI erreur	MC erreur	F	P niveau
1	3	1210.729	12	335.4792	3.608955	0.045803

Tableau 34 : Comparaison des moyennes deux à deux pour la plus faible différence significative (LSD)

Traitement	{1} 252.5000	{2} 288.5000	{3} 271.7500	{4} 289.5000
1 {1}	—	0.016662	0.162988	0.014439
2 {2}	0.016662	—	0.220252	0.939728
3 {3}	0.162988	0.220252	—	0.195621
4 {4}	0.014439	0.939728	0.195621	—

Discussion et interprétation :

D’une manière globale, le nombre d’épi par unité de surface figure 45, indique une évolution à deux niveaux : Le premier est entre le T1 et les autres traitements, le deuxième est la faible différence entre les trois autres traitements (T2), (T3) et (T4). Pareil au cas de la

deuxième chaîne d'outil, il semble également d'après la même figure (45) qu'il n'y a pas une grande influence des doses croissantes d'irrigation sur le peuplement épi par unité de surface, par contre la différence est importante entre le témoin en sec et les traitements irrigués. L'importance de la moyenne générale du peuplement épi pour cette chaîne qui est environ le même que celui de la deuxième chaîne, montre que le travail du sol a été plus favorable au développement de la culture relativement aux résultats de la première chaîne pour ce paramètre.

8.3.4. incidence de la troisième chaîne d'outil sur le rendement en grain sous différents régimes d'irrigation

La figure 46 indique une évolution proportionnelle et linéaire du rendement en fonction des traitements irrigués. Toutefois, ce que nous pouvons conclure pour le rendement est pareil à celui des composantes de ce dernier, l'effet de l'irrigation est apparent vu la grande différence entre le témoin en sec 13.96 qx/ha et les autres traitements en irrigués, respectivement pour T2, T3 et T4, avec 16.75, 17.75 et 20.63 qx/ha.

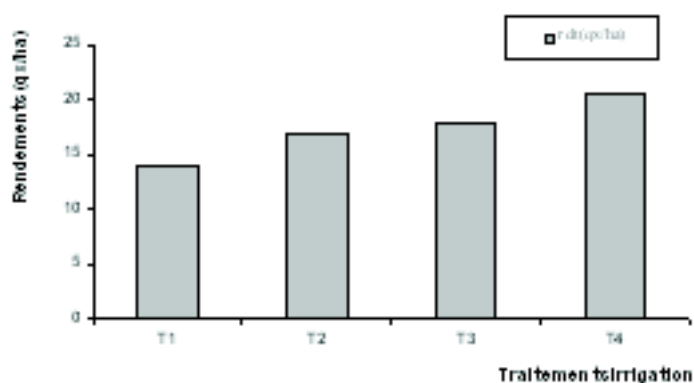


Figure 46: Incidence de la troisième chaîne sur le rendement en grain sous régimes hydrique

Le rendement moyen général était 17.27 qx/ha, moyen relativement au vrai potentiel de la variété WAHA. Ce qui montre également par conséquent, que la dose d'irrigation la plus forte (150 mm) était inférieure aux besoins de la plante.

L'analyse de la variance :

Le tableau des résultats d'analyse de variance (Tableau 35), a mis en évidence un effet hautement significatif des traitements irrigués sur le rendement de cet essai, relatif à la troisième chaîne. Donc le rendement augmente avec l'augmentation des doses d'irrigation. La comparaison des moyennes deux à deux pour la plus faible différence significative (Tableau 36), indique des effets hautement significatifs entre les différents traitements, excepté entre le T2 et T3 où la différence est non significative. Ainsi, nous obtenons trois groupes homogènes ; Groupe (A) composé du T4, groupe (B) composé de T3 et de T2 et le groupe (C) composé du T1.

Tableau 35 : Résultats de l'analyse de tous les effets : variable « rendement 3 » de la chaîne 3

effet	DI effet	MC effet	DI erreur	MC erreur	F	P niveau
1	3	30.26182	12	1.314531	23.02100	0.000029

Tableau 36 : Comparaison des moyennes deux à deux pour la plus faible différence significative (LSD)

Traitement	{1} 13.9625	{2} 16.7500	{3} 17.7500	{4} 20.6250
1 {1}	—	0.004910	0.000540	0.000003
2 {2}	0.004910	—	0.241015	0.000449
3 {3}	0.000540	0.241015	—	0.004024
4 {4}	0.000003	0.000449	0.004024	—

Discussion et interprétation

Pareil au cas de la deuxième chaîne, nous avons obtenu des rendements moyens (Figure 46) relativement à la potentialité de la variété, qui peut donner plus que cette valeur. Pour cette chaîne d’outil, nous avons remarqué que les fissures étaient moins larges et moins ouvertes que celles de la première chaîne. Ainsi l’assèchement du sol était moins rapide particulièrement durant les périodes sèches de l’année, l’humidité dans le sol était plus importante. La figure 46, montre une évolution proportionnelle aux traitements irrigation et la plus faible valeur est obtenue avec le témoin en pluvial. En guise de conclusion, nous pouvons dire également que la chaîne d’outil dans ce cas était favorable à la variété WAHA, en raison du niveau de rendement qui était meilleur.

8.4. Incidences des trois chaînes d’outil sur le rendement et ses composantes sous différents régimes d’irrigation

8.4.1. incidences des trois chaînes d’outil sur le poids de mille grainssous différents regimes d’irrigation

Comme le montre la figure 47, l’effet de l’irrigation sur le poids de mille grains pour les trois chaînes est identique pour trois traitements (T1, T3 et T4) : C’est à dire que les meilleures valeurs sont obtenues pour la deuxième chaîne (CH2) suivi de la première chaîne (CH1). Par contre, dans le deuxième traitement (T2), la deuxième chaîne (CH2) d’outil donne la plus faible valeur et les autres chaînes sont égales. Ce qui donne en moyenne, en premier la deuxième chaîne avec 25.78 grs, suivi de la première chaîne avec 21.56 grs et en fin, la troisième (CH3) et la dernière chaîne avec une moyenne de 19.44 grs.

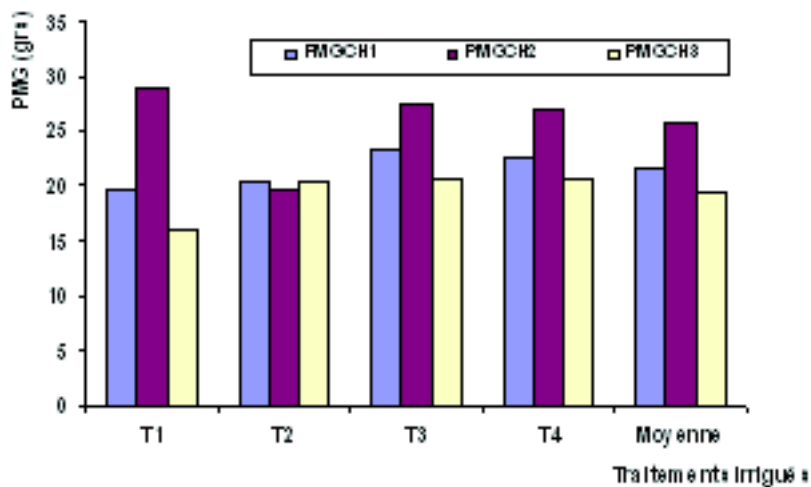


Figure 47: Incidence des trois chaînes d’outils sur le PMG sous régimes hydriques

Analyse de variance

Les résultats de l'analyse de variance (Tableau 37) indiquent que l'effet entre traitement pour le poids de mille grains est hautement significatif. La comparaison des moyennes deux à deux (Tableau 38) montre des effets hautement significatifs entre le T1 et T3, significatifs entre le T1 et T4 et significatif entre T2 et T3, tandis que le reste, telle que T2 et T1, T2 et T4 puis entre T3 et T4. Pour les groupes homogènes : concernant les chaînes, nous avons trois groupes dont A pour CH2, B pour CH1 et C pour CH3, concernant l'irrigation, nous avons deux groupes homogènes, A pour T3 et T4, B pour T1 et T2. Donc, meilleure irrigation c'est la troisième T3 et la meilleure chaîne c'est la deuxième chaîne.

Tableau 37 : Analyse globale des trois chaînes d'outils : Facteur PMG

effet	Lambda De R/Wilks	DI 1	DI 2	P niveau	
1	0.022607	10.18944	9	24	0.000003

Tableau 38 : Comparaison des moyennes deux à deux pour la plus faible différence significative (LSD)

Traitement	{1} 19.6600	{2} 20.5375	{3} 23.3350	{4} 22.6925
1 {1}	—	0.422386	0.004556	0.014073
2 {2}	0.422386	—	0.021251	0.063995
3 {3}	0.004556	0.021251	—	0.554390
4 {4}	0.014073	0.063995	0.554390	—

Discussion et interprétation

L'étude de l'influence des différentes chaînes d'outil (Figure 47) sur le paramètre poids de mille grains, montre en premier lieu que le T2 ne semble pas être influencé par ces différentes chaînes, cependant, nous pouvons aussi voir que les meilleures valeurs du PMG sont relatives à la deuxième chaîne, par contre les valeurs les plus faibles sont relatives à la troisième chaîne et les valeurs moyennes sont ceux de la première chaîne. Etant donné que ce paramètre est lié fortement aux autres composantes du rendement, nous ne pouvant pas voir d'une manière très précise et directe l'influence de la chaîne d'outil sur ce paramètre. Toutefois, la charrue à disque et le cover-crop semble apparemment favorable à ce paramètre. La grosseur du grain se joue dans les derniers jours du cycle de la plante, la meilleure est celle qui trouve les conditions favorables pour la migration des réserves et le remplissage du grain. En conclusion, la charrue à disque à réaliser un travail plus profond relativement aux autres chaînes, donc la plante à explorer le sol plus en profondeur.

8.4.2. Incidences des trois chaînes d'outil sur le nombre de grain/épi sous différents régimes d'irrigation

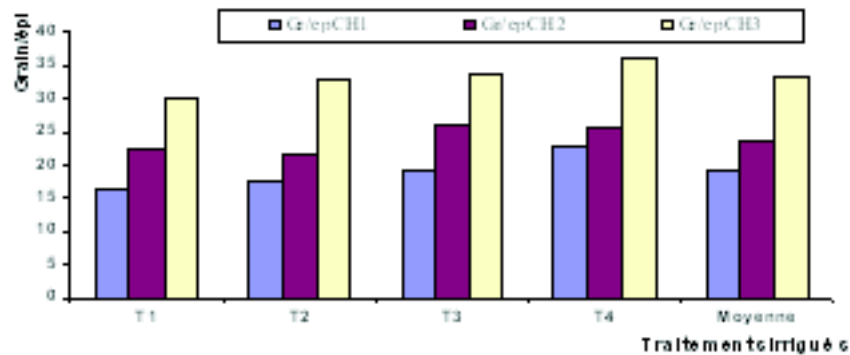


Figure 48: Incidence des trois chaînes d’outils sur le grain/épi sous régimes hydriques

L’effet des traitements irrigués sur le nombre de grain par épi pour les trois chaînes combinées, est identique pour les quatre traitements.

En effet, les quatre traitements montrent bien que la meilleure chaîne (figure 48) est la troisième (CH3) avec 32.88 grains par épi, suivi de la deuxième chaîne (CH2) avec 23.81 grains par épi et en dernier, c’est la première chaîne (CH1) avec 19.14 grains par épi.

Analyse de variance

L’analyse de la variance (Tableau 39) indique globalement un effet hautement significatif des chaînes d’outil sur le paramètre grain/épi. La comparaison des moyennes deux à deux pour la plus faible différence significative (Tableau 40) montre l’effet hautement significatif entre T4 et les deux traitements, T1, T2, puis l’effet significatif entre T4 et T3 et enfin, le reste avec des effets non significatifs. Concernant les groupes homogènes, nous avons obtenu les groupes suivants : Trois groupes pour la chaîne d’outil dont A pour CH3, B pour CH2 et C pour CH1 et trois groupes pour les irrigation dont A pour T4, B pour T3 et C pour T2 et T1. Meilleure combinaison c’est CH3 T4.

Tableau 39 : Analyse globale des trois chaînes d’outils : Facteur GR/EPI

effet	Lambda de Wilks	F/Rao	DI 1	DI 2	P niveau
1	0.054582	6.266764	9	24	0.000151

Tableau 40 : Comparaison des moyennes deux à deux pour la plus faible différence significative (LSD)

Traitement	{1} 16.60500	{2} 17.74758	{3} 19.28004	{4} 22.92750
1 {1}	—	0.411542	0.069625	0.000507
2 {2}	0.411542	—	0.276045	0.002279
3 {3}	0.069625	0.276045	—	0.018739
4 {4}	0.000507	0.002279	0.018739	—

Discussion et interprétation

Pour ce paramètre, l’effet de l’irrigation apparaît (Figure 48) sur les trois types de chaîne, vu la différence entre le témoin et les troisièmes et quatrièmes traitements. Mais le deuxième traitement pour les trois chaînes n’a pas été influencé par la dose d’irrigation, ou bien la dose était faible ou alors il n’y avait pas de différence d’humidité dans le sol entre le témoin et le deuxième traitement suite à la deuxième irrigation.

Les meilleures valeurs de ce paramètre grain par épi ont été obtenues avec la troisième chaîne pour tous les traitements y compris le témoin en pluvial. Cela signifie que la chaîne d'outil utilisé dans ce cas à été la plus favorable pour ce paramètre. En effet la charrue à disque travail un peu plus en profondeur que la charrue à soc utilisé dans la première chaîne, ajoutant le fait que le cultivateur après la charrue à disque convient mieux pour la rétention de l'humidité du sol que le cover-crop. Par contre, la première chaîne à été d'après la même figure (48) défavorable pour ce paramètre où les plus faibles valeurs ont été obtenues. En conclusion pour ce cas la charrue à disque est meilleure que la charrue à soc et le cultivateur est meilleure que le cover-crop, mais pour ce type de sol et ce paramètre.

8.4.3. Incidences des trois chaînes d'outil sur le nombre d'épi/m² sous différents régimes d'irrigation

La majorité des traitements irrigués et leur effet sur le nombre d'épi/m², montrent d'après la figure 49, que la meilleure valeur pour ce paramètre est enregistrée pour la deuxième chaîne (CH2), excepté pour le premier traitement, où la valeur de la deuxième chaîne d'outil est très faible, c'est ce qui à influencer la moyenne des trois chaînes et à classer la troisième chaîne (CH3) en premier lieu.

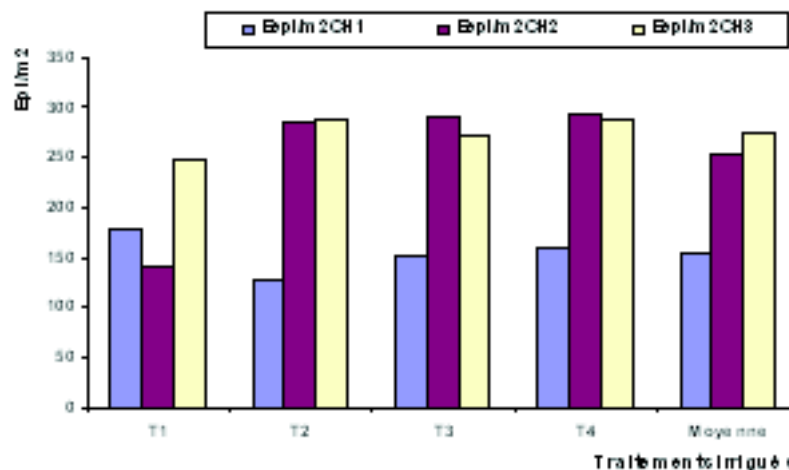


Figure 49: Incidence des trois chaînes d'outils sur le d'épi/m² sous régimes hydriques

Donc, les moyennes indiquent que la troisième chaîne est la plus élevée avec 274.58 épis/m², suivi de la deuxième chaîne (CH2) avec 253.63 épis/m² et en dernier la première chaîne (CH1) d'outil avec 155.44 épis/m².

Analyse de variance

Les résultats de l'analyse de variance Tableau 41, indiquent un effet hautement significatif, que ce soit l'effet chaîne ou l'effet de l'irrigation ou même l'interaction chaîne irrigation, sur le paramètre épi par mètre carré. La comparaison des moyennes deux à deux pour la plus faible différence (Tableau 42), montre un effet hautement significatif entre T1 et les deux traitements T2 et T3, entre T2 et les traitements T3 et T4 et puis un effet non significatif entre le T4 et les traitements T1 et T3. Pour les groupes homogènes, nous avons A pour CH3, B pour CH2 et C pour CH1, tandis que l'irrigation, nous avons deux groupes : A pour T4, T3 et T2 et B pour T1. Meilleure chaîne c'est la CH3 et la meilleure irrigation c'est la T4.

Tableau 41 : Analyse globale des trois chaînes d'outils : Facteur EPI/M2

effet	Lambda de Wilks	dR/Rao	DI 1	DI 2	P niveau
1	0.032232	8.438463	9	24	0.000014

Tableau 42 : Comparaison des moyennes deux à deux pour la plus faible différence significative (LSD)

Traitement	{1} 179.250	{2} 128.250	{3} 153.250	{4} 161.0000
1 {1}	—	0.000016	0.004211	0.029393
2 {2}	0.000016	—	0.005407	0.000913
3 {3}	0.004211	0.005407	—	0.314541
4 {4}	0.029393	0.000913	0.314541	—

Discussion et interprétation

Il semble que pour ce paramètre, il n'y a pas l'effet d'irrigation (Figure 49) sur les trois types de chaîne, toutefois nous constatons une grande différence entre le témoin sans irrigation et les autres traitements. Nous pouvons constater également que les valeurs concernant la deuxième et la troisième chaîne ont presque les mêmes valeurs exceptées pour le témoin où la différence est plus grande.

Les meilleures valeurs de ce paramètre épi par mètre carré ont été obtenues avec la deuxième chaîne pour tous les traitements, mise à part le témoin en pluvial. Cela signifie que la chaîne d'outil utilisé dans ce cas (CH2) à été la plus favorable pour ce paramètre. Pour un bon peuplement épi par unité de surface, il faut un meilleur tallage et ainsi de suite, seulement, ces paramètres demandent une bonne humidité du sol aux stades végétatifs de la culture. Ainsi, le passage de la charrue à disque et le cover-crop ont fourni les meilleures conditions pour le développement et la formation du peuplement épi par unité de surface. Le peuplement le plus faible est celui de la première chaîne où le passage de la charrue à soc et le cover-crop n'ont pas été favorables.

8.4.4. Incidences des trois chaînes d'outil sur le rendement en grain sous différents régimes d'irrigation

Selon la figure 50, l'effet des traitements sur le rendement pour les trois chaînes, donne deux aspects différents : le premier est que dans les conditions du pluvial sans irrigation, c'est la troisième chaîne d'outil qui donne les meilleurs résultats en conservant bien l'eau dans le sol, le deuxième aspect est que dans les conditions d'irrigation c'est l'utilisation de la deuxième chaîne d'outil qui donne les meilleurs rendements.

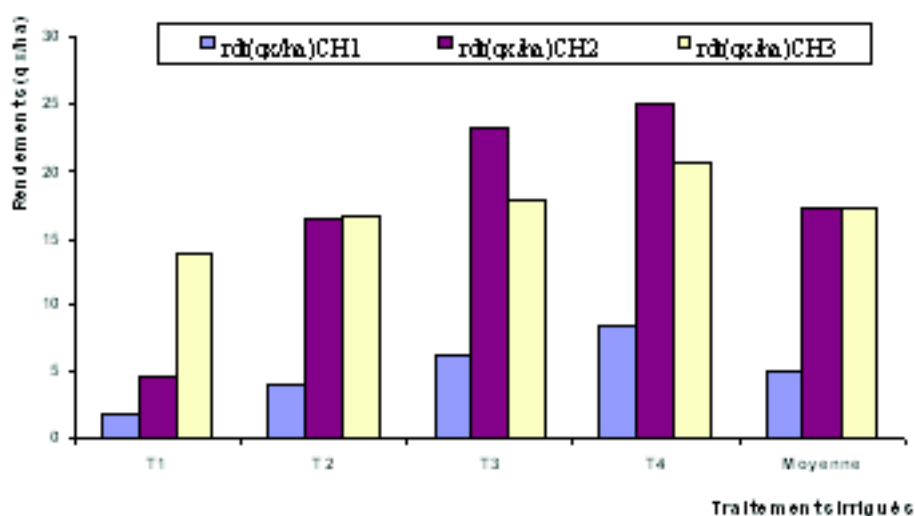


Figure 50: Incidence des trois chaînes d'outils sur le rendement sous régimes hydriques

Cependant, la moyenne des trois chaînes combinées ne montre pas clairement la différence entre le CH2 et le CH3, mais il y a une grande différence entre la première chaîne CH1 qui est très faible avec 5.13 qx/ha et les deux autres chaînes CH2 et CH3 avec respectivement, 17.36 qx/ha et 17.27 qx/ha.

Analyse de variance

Les résultats de l'analyse de variance (Tableau 43) indiquent globalement un effet hautement significatif des chaînes d'outil sur le rendement en grain relativement au niveau de probabilité. La comparaison des moyennes deux à deux pour la plus faible différence significative (Tableau 44) montre que tous les effets sont hautement significatifs. Concernant les groupes homogènes, nous avons pour la chaîne d'outil, deux groupes : A pour CH2 et CH3 ensuite B pour CH1, tandis que pour les traitements irrigation, nous avons quatre groupes : A pour T4, B pour T3, C pour T2 et D pour T1. Meilleure combinaison est la CH2 T4.

Tableau 43 : Analyse globale des trois chaînes d'outils : Facteur rendement

effet	Lambda De R/Wilks	F/Rao	DI 1	DI 2	P niveau
1	0.002580	28.77715	9	24	0.00000

Tableau 44 : Comparaison des moyennes deux à deux pour la plus faible différence significative (LSD)

Traitement	{1} 1.76750	{2} 3.95250	{3} 6.25500	{4} 8.53000
1 {1}	—	0.006490	0.000020	0.000000
2 {2}	0.006490	—	0.004680	0.000017
3 {3}	0.000020	0.004680	—	0.005052
4 {4}	0.000000	0.000017	0.005052	—

Discussion et interprétation

Ce que nous pouvons voir d'après l'étude globale de l'effet des trois chaînes d'outil sur le rendement (Figure 50) est la grande différence entre la première chaîne et les deux autres chaînes, ceci montre clairement l'action des outils sur la rétention en eau et ses conséquences sur le rendement de la culture. En effet, cela peut se vérifier simplement sur le témoin qui n'a pas reçu d'irrigation et c'est toujours la première chaîne qui a la plus faible valeur du rendement. Donc, la meilleure chaîne pour ce paramètre qui est considéré comme le plus important est la deuxième, avec l'utilisation de la charrue à disque et le cover-crop. Cependant, pour le témoin sans irrigation, c'est la troisième chaîne qui paraît la plus favorable, où nous avons utilisé la charrue à disque et le cultivateur. Nous ajoutons également que pour le deuxième traitement de la deuxième et troisième chaîne, il n'y a aucune différence entre les rendements.

En guise de conclusion, nous pouvons dire que l'influence des différentes chaînes d'outil sur le rendement est fonction du traitement, que ce soit sans irrigation, avec une faible dose d'irrigation ou à des doses croissantes. Pour le pluvial, c'est le passage de la charrue à disque et le cultivateur à dent qui était favorables, pour une faible dose, la deuxième et la troisième chaîne ont le même effet, mais pour des doses d'irrigation plus fortes, c'est la deuxième chaîne qui paraît la plus favorable.

Conclusion générale

La recherche de l'utilisation efficace de l'eau est devenue dans les régions semi-arides une nécessité absolue, les techniques diffèrent mais le but reste toujours le même, ainsi, parmi les techniques culturales pour la préparation du sol, le travail du sol est l'un des paramètres essentiels qui permet la conservation de l'eau dans le sol, toutefois il s'agit de rechercher la meilleure technique culturale qui permet à la plante de germer et suivre son cycle évolutif dans les bonnes conditions.

Pour déterminer la meilleure méthode parmi les pratiques culturales pour la préparation du sol, il a été question dans ce travail d'étudier l'effet du mode d'action de trois chaînes d'outil sur l'évolution de l'humidité dans le sol, sur l'état structural du profil du sol obtenu, ce dernier étant un milieu vivant hétérogène qui change en fonction du climat et de l'action des outils et leur incidences sur le rendement et ses composantes d'un blé d'hiver dans les conditions du semi arides.

L'examen de l'ensemble des résultats de cette étude permet de montrer comment se traduit l'effet du travail du sol et contribuer dans l'orientation de l'agriculteur vers un bon choix en vue d'optimiser et de conserver le sol et l'eau en même temps.

Pour le premier cas, il s'agit du suivi de l'humidité du sol pour les trois chaînes d'outil, à différentes profondeurs et en fonction de quatre modes d'irrigation (du témoin en sec au plus arrosé), mais pour bien comprendre et connaître la meilleure chaîne, nous avons vu essentiel de prendre quatre différents cas: en dessèchement, après une pluie, après une irrigation et à la fin du cycle de la culture.

Parmi les trois chaînes utilisées, la deuxième et la troisième sont meilleures que la première, donc entre la charrue à soc et à disque cette dernière qui permet la meilleure conservation de l'humidité et entre celle qui était suivi du cover crop ou celle suivi du cultivateur, celle-ci donne le meilleur taux humidité.

Les résultats trouvés concernant l'humidité après une pluie, après une irrigation et en fin de cycle juste avant la récolte, confirment celles du dessèchement. Après le passage de charrue à soc suivi du cover-crop, il y a infiltration uniquement en surface, le reste est perdu par ruissellement, c'est le cas de la première chaîne, donc défavorable à la conservation de l'eau. Par contre le passage de la charrue à disque suivi du cover-crop ou encore mieux suivi du cultivateur, l'infiltration en profondeur est meilleure et le stockage et la conservation de l'humidité d'après les résultats sont acceptables, ce qui nous permis de dire que la deuxième et la troisième chaîne sont les mieux recommandées pour les terres aussi lourdes que celles du Haut Cheliff.

Pour l'évolution de l'humidité du sol tout au long du cycle de la culture, en fonction des trois chaînes d'outil et par traitement:

- Pour le premier traitement (en sec toutes profondeurs), les meilleures chaînes d'outil sont la troisième suivi de la deuxième, tout deux sont recommandées pour les conditions du Haut Cheliff, contrairement à la première chaîne utilisée pour cette étude, les deux chaînes précitées et particulièrement la troisième permettent le plus grand stockage et conservation de l'eau dans le sol grâce à l'infiltration en profondeur. C'est cette humidité qui à favoriser le bon développement des racines et à améliorer le niveau de rendement.

- Pour le deuxième traitement, les résultats montrent que l'humidité volumétrique est globalement plus importante au début du cycle évolutif qu'en fin de cycle, elles montrent également que l'humidité diminue en profondeur. Donc, c'est la troisième chaîne qui offre de meilleures possibilités de conservation de l'humidité dans le sol. Ceci, grâce à l'infiltration de l'eau en profondeur et la stabilité de cette humidité tout au long du cycle de la plante.

- Le constat pour le troisième et le quatrième traitement est pareil à celui des précédents (premier et deuxième). Ainsi, nous pouvons dire que c'est la troisième chaîne par excellence qui peut être adaptée et recommandée pour ces conditions.

Concernant l'incidence des traitements irrigués sur le rendement et ses composantes pour les différentes chaînes d'outils

Pour la première chaîne, concernant les composantes du rendement, que ce soit le poids de mille grains, le nombre de grain par épi ou le nombre d'épi par mètre carré, l'influence du stress hydrique était plus marquée que l'effet des outils. Nous notons dans ce cas un sol moins poreux que celui des autres chaînes. Les résultats montrent de faibles valeurs.

Toujours, pour la première chaîne, les rendements obtenus sont très faibles. En conclusion, cette chaîne à accentuer l'effet de sécheresse en limitant l'exploration de la plante des zones racinaire.

En ce qui concerne l'influence des traitements irrigués sur les composantes du rendement pour la deuxième chaîne d'outil, les résultats ont montré qu'il y a une légère amélioration dans le stockage et la conservation de l'eau par rapport à la première chaîne. Les racines ont pu exploiter plus de surface vue l'augmentation de la profondeur des racines.

Pour le rendement, toujours la deuxième chaîne, nous pouvons dire que cette chaîne d'outil dans était favorable à la variété WAHA, en raison du meilleur niveau de rendement.

Concernant l'influence des traitements irrigués sur le rendement et ses composantes pour la troisième chaîne d'outil. Pour les composantes du rendement, à part le PMG, les autres paramètres ont montré que la troisième chaîne reste la plus adaptée que la première et la deuxième chaîne pour ce paramètre. Pour le rendement, concernant toujours la troisième chaîne, nous pouvons dire également que cette chaîne d'outil était favorable à la variété WAHA, en raison du meilleur niveau de rendement.

Pour avoir plus d'information sur l'influence des différentes chaînes sur le rendement et ses composantes, nous avons aussi étudié séparément l'effet de ces trois chaînes d'outil par paramètre:

Pour le poids de mille grains, les résultats montrent que les meilleures valeurs sont relatives à la deuxième chaîne, par contre les valeurs les plus faibles sont relatives à la troisième chaîne et les valeurs moyennes sont ceux de la première chaîne. La charrue à disque à réaliser un travail plus profond relativement aux autres chaînes, donc la plante à explorer le sol plus en profondeur.

Pour le nombre de grain par épi, l'effet de l'irrigation apparaît sur les trois types de chaîne, vu la différence entre le témoin et les troisièmes et quatrièmes traitements. Les meilleures valeurs de ce paramètre grain par épi ont été obtenues avec la troisième chaîne pour tous les traitements y compris le témoin en pluvial. En effet la charrue à disque travail un peu plus en profondeur que la charrue à soc utilisé dans la première chaîne, ajoutant le fait que le cultivateur après la charrue à disque convient mieux pour la rétention de l'humidité du sol que le cover-crop. Par contre, la première chaîne à été défavorable pour ce paramètre où les plus faibles valeurs ont été obtenues. En conclusion pour ce cas, la charrue à disque

est meilleure que la charrue à soc et le cultivateur est meilleure que le cover-crop, mais pour ce type de sol et ce paramètre.

Pour le peuplement épi par mètre carré, il semble qu'il n'y a pas d'effet d'irrigation sur les trois types de chaîne, toutefois nous constatons une grande différence entre le témoin sans irrigation et les autres traitements. Nous pouvons constater également que les valeurs concernant la deuxième et la troisième chaîne ont presque les mêmes valeurs excepté le témoin où la différence est plus grande.

Les meilleures valeurs de ce paramètre épi par mètre carré ont été obtenues avec la deuxième chaîne pour tous les traitements, mise à part le témoin en pluvial. Cela signifie que la chaîne d'outil utilisé dans ce cas (CH2) a été la plus favorable pour ce paramètre. Ainsi, le passage de la charrue à disque et le cover-crop ont fourni les meilleures conditions pour le développement et la formation du peuplement épi par unité de surface. Le peuplement le plus faible est celui de la première chaîne où le passage de la charrue à soc et le cover-crop n'ont pas été favorables.

En guise de conclusion, nous pouvons dire que l'influence des différentes chaînes d'outil sur le rendement est fonction du traitement, que ce soit sans irrigation, avec une faible dose d'irrigation ou à des doses croissantes. Pour le pluvial, c'est le passage de la charrue à disque et le cultivateur à dent qui étaient favorables, pour une faible dose, la deuxième et la troisième chaîne ont le même effet, mais pour des doses d'irrigation plus fortes, c'est la deuxième chaîne qui paraît la plus favorable.

Pour prendre une décision sur le choix des outils adaptés et favorisant la conservation de l'humidité du sol, il devient impératif de prendre en considération certaines propriétés du sol, telle que la porosité, le drainage et la pente et aussi d'autres chaînes d'outil qui peuvent être recommandés après essais. En conclusion, nous recommandons qu'il serait intéressant de compléter cette étude par d'autres essais, introduisant d'autres chaînes d'outil afin de sortir avec un guide technique complet et répondant le maximum possible aux soucis des agriculteurs algériens.

Références bibliographiques

- Achouch.A.** 1988. "Etude comparative de quelques chaînes de matériel de préparation du sol, leurs influences sur le labour en grandes cultures" Thèse magister, INA, Alger, 95 p.
- Aftanasie.S.** 1975."Machines agricoles pour la mise en état et la préparation du sol" INA, 32 p
- Allmaras, R.R., R.W.Rickman, L.G Ekin and B.A Kimbal** 1977. Chiseling influences on soil hydraulic properties. Soil Sci. Soc .Am. Proc. (Tiret à part) 41 :pp. 796-803.
- Amara. M.** 1983. "Influence des principaux paramètres constructifs de deux corps de charrue à versoirs universel et cylindrique et de la vitesse de travail sur les indices qualitatifs du labour", thèse magister, INA, Alger, 120p.
- Annemiche. A.** 1994. "Etude des besoins en eaux des céréales et avertissement à l'irrigation dans la zone du Haut Cheliff", fiche technique, ITGC, ONM, Khemis Miliana, 42p.
- Baghati, H.**1980. La problématique de la mise en valeur des zones arides et semi-arides marocaines. Séminaire aridoculture organisé à Settat du 25 au 27/22/1980. P. 80.
- Benzohra.K.** 1996. "Influence de six chaînes d'outils aratoires sur quelques indices qualitatifs du sol et sur la croissance et le développement de deux variétés de blé dur, Waha et Mexicali" Thèse magister, INA, Alger, 151p.
- Billot.J.F.**1971 "Appréciation de l'action des outils de travail du sol sur les lits de semence" Edit, CNEEMA n° 142. 286 p.
- Billot.J.F.**1978 "Techniques de travail du sol utilisées en sol argileux : outils employés et évolution de l'émiettement", Edit, CNEEMA n° 244.
- Boiffin.J. et Marin-Lafleche.A.** 1990 "la structure du sol et son évolution : Conséquences agronomiques, maîtrise par l'agriculteur. Edit le colloque de l'INRA. N°53, 216p.
- Bouchoutrouch, M.**1986. Yield response of water and nitrogen through soil and crop management. Plant and soil, pp. 231-248.
- Bouzza. A.** 1990. 'Water conservation in wheat rotations under several management and tillage systems in semi-arid areas' These doctorat, Nebraska, pp. 3-97.
- Burnett, E. and Hauser, V.L** 1968: Deep tillage and soil-plant- water relationship. journal of soil and water conservation. Dec-Oct 1968.pp. 47-52.
- Candelon.P.** 1973. "Les machines agricoles", Vol n°1, Edit, J.P.Baillière, Paris.
- Candelon.P.** 1978. "Le materiel de préparation du sol", Vol n°1, Edit, J.P.Baillière, Paris.
- Candelon.P.** 1981. "Les machines agricoles: materiel de préparation du sol et fertilisation du sol", Vol n°1, Edit, J.P.Baillière, Paris.

- Cedra.C.** 1993. "Les matériels de travail du sol, semis et plantation" 1ere édit, CEMAGREF, collection FORMAGRI. 384 p.
- Claus.R et Legoupil.J.C.**1972."Le milieu du Haut –Cheliff et ses implications agronomiques" ITGC. Khemis-Miliana, édit l'agronomie tropicale, pp 2-27.
- Clement.M. Grandcourt et J.Prats.** 1971. "les céréales". Edit.J.Bailliere et fils. 351 p.
- Cook, J.W.** 1985. Effect of fallowing practices on runoff and soil erosion in South-Eastern Australia. Aust. J.Exp.Agric.: pp. 928-635.
- Couvreur.F.** 1981. "La culture du blé se raisonne", Cultivar. Juin 1981, ITCF. pp, 39-41.
- Dagnelie .P.**1984. "Théorie et méthodes statistiques" Vol. 2. pp. 107-209.
- Dalleine.E.** 1971. "Techniques agricoles", fascicule n°504, CNEEMA, le chisel et le cultivateur n°163, pp 163-168.
- Dalleine.E.** 1974. "La préparation des terres et le labour de qualité", édit CNEEMA, n °193 et 194, pp 13-18.
- Dalleine.E.** 1981. "Labours de printemps en limon humide", CEMAGREF, Bull n °283-284, pp 12-15.
- Dalleine.E.** 1982. "Evolution récente du matériel de travail du sol", CEMAGREF, Bull n °290-291, pp 15-33.
- Dunin , F.X.**1976. Infiltration: Its simulation for field conditions. In facets of Hydrology. pp. 199-227.
- Fenster , C.R and G.A.Peterson,** 1979: Effects of no-tillage fallow as compared to conventional tillage in a wheat fallow system. UNL-Nebraska-Lincoln research bulletin 289p.Oct.1979
- Greenwood et al.** 1970. Cited by Sims, H.J.1977. Cultivation and fallowing practices. In 'soil factors in crop production in a semi-arid environment. (Eds. J.S.Russel and E.L. Greacen) pp. 243-61.
- Hadas A., Wolf D. and I.Meirson.** 1978. Tillage implements-soil structure relationships and their effects on crop stands.soil .Sc.Soc Am. J. Vol 42 , pp. 632-637.
- Haldore.H, NE.Borlaug and R.Glenn A.** 1982. "Wheat in the third world "Ed. CIMMYT, Mexico. 174 p.
- Hamadache.A.** 1996 "La préparation du sol", manuelle, INVA/ ITGC. 12p.
- Hamadache.A.** 2000 "Semis du blé d'hiver, Brochure de vulgarisation, ITGC. 57 p.
- Hamadache.A.** 2001 "Stades et variétés de blé, Brochure, ITGC. 22P.
- Hamadache.A.** 2001 "Les cultures traditionnelles du blé en Algérie, possibilités d'amélioration Brochure, ITGC. 20 p.
- Holmes, J.W, Greacen, E.L. and Gurr C.G. cited by Sims,** H.J. 1977. Cultivation and fallowing practices. In 'soil factors in crop production in a semi-arid environment'. (Eds. J.S.Russel and E.L. Greacen) pp. 243-61.
- J.P.Gouet et G.Philippeau,** 1986 " Comment interpréter les résultats d'une analyse de variance ?" SESI-ITCF. France .P.56.

- Karrou. M , El.Mourid, H.Boulal, M.Boutfirass et M. El Gharous**, 2001
« Ecophysiologie des céréales en zones semi-arides ». INRA-Maroc, pp. 53-80.
- Kehal. M.** 1979. " Travail du sol : Résultat d'un essai comparatif, charrue à disques et outils à dents". Céréaliculture n°10. ITGC. Alger. pp. 9-14 .
- Kelkouli .M**, 2000. « Utilisation rationnelle de l'eau et technique de récolte des eaux de pluie ». Rap annuel du projet 'OFWH in WANA'. ITGC/ICARDA. 49 p.
- Kelkouli .M**, 2001. « Résultats d'essais d'irrigation alternée, eau du barrage / eau souterraine ». Rap annuel du projet 'OFWH in WANA'. ITGC/ICARDA. 32 p.
- Kettab.A.** 2001. "Prévision climatique et gestion stratégique des ressources en eau au Maghreb" recueille du Forum scientifique international, pp 10-11.
- Khaldoune, A. Kelkouli, M. Kahlerras, S. Amroune, R.** 1997 "Techniques d'irrigation de complément des céréales en Algérie", brochure, éditée par l'ITGC. 20 p.
- Loizides, P.** 1978. crop rotations under rainfed conditions in a Mediterranean climate in relation to soil moisture and fertilizer requirements. FAO consultant Roma.
- Lindstrom, M. J . F.E. Kochler and R.I. Papendick.** 1974. Tillage effects on fallow water storage in the eastern Washington dryland region. Aragon. J. 66: pp. 312-316.
- Maatougui M E**, 1996. "Caractérisation agro écologique du nord de l'Algérie"
Céréaliculture, ITGC, Sidi Bel Abbés, 36 p.
- Mahieddine.M.** 1984. « Relation bilan hydrique consommation en eau du poivron ». Thèse, INA El-Harrach. PP.30-34 et 44-51.
- Massé.J.**1989."Ni trop profond, ni trop motteux", connaître les exigences de la plante pour en tenir compte. Cultivar n°259. Du 15 au 30 septembre. pp. 36-43.
- Ney, B.** 1984. Fonctionnement hydrique des sols à argile gonflante cultivés. Ann. Agro. Science du sol, cent. De recherche des Antilles et de la Guyane. Pp. 1232-9718.
- Nonguierma.A. Dautrebande.S.** 1994. "application opérationnelle de la télédétection pour études hydrologiques en zone soudano-sahélienne"rev secheresse, n° 5 : pp 107-115
- Oweis. T.** 1999. "Supplemental irrigation", Attigh efficient water use practice, ICARDA, 16p.
- Papendick, R.I., M.J. Lindstrom and W.L. Gochran** 1973. soil mulch effects on seedbed temperature and water during fallow in eastern Washington. Soil Sci. Soc. Am Proc pp. 307-314.
- Reeves, T.G. and Smith, I.S.** 1973.J.Dep.Agric. Viet 71, 74-5 . Cited by Sims, H.J. 1977. Cultivation and fallowing practices. In 'soil factors in crop production in a semi-arid environment'. (Eds.J.S. Russel and E.L Greacen) pp. 243-261.
- Robert.D, Gate.P, Françoise et Couvreur.,** 1993 "les stades du blé : développement du blé et élaboration du rendement". Fiche technique ITCF, pp 6-7.
- Roberston, L.S. , A.Erickson, and C.M. Hansen** 1977. Tillage systems for Michingan soils and crops. I. Deep primary supplemental and no-till. Bull. E 1941, East Lansing.
- Saxton, K.E, D.K/Mc Cool, and Papendick**, 1981. Slot mulch for runoff and erosion control. J. Soil water conservation. pp. 44-47.

- Schultz, J.E**1972. The effect of surface treatments on soil water storage and yield of wheat. Aust. **J.Exp. Agric Anim.** Pp. 236-242.
- Smika, D.E.** 1981: Present status of eco-fallow in Colorado. Ecofallow conference. Lamar Colorado, Feb. 10, 1981.
- Smika, D.E.** 1983: Soil water change as related to position of wheat straw mulch on the soil surface. **Soil Sci. Soc .Am.J.** : pp. 988-991.
- Smika, D.E. and Unger , P.W.** , 1986: Effect of surface residues on soil water storage. Advances in soil sciences, vol 5, p 115.
- Soltner.D.** 1983. "Les grandes productions végétales". Collection sciences et techniques agricoles 13eme édition. p. 9-22.
- Thill, D.C ., R.E. Witters and R.I. Papendick,** 1978 . Interactions of early and late planted winter wheat their environment. Agron. J. pp. 1041-1047.
- Unger, P.W.** 1978. Straw-mulch rate effect on soil water storage and sorghum yield. Soil Sc.Soc. Am.J. pp. 486-491.
- Unger, P.W. and Stewart B.A.** 1978. Soil management for efficient water use: An overview. In Limitations to efficient water use in crop production. ASA.C. p. 1983.
- Unger, P.W.** 1989. "Conservation des sols et des eaux: façons culturales appropriées". Bulletin pédologique de la FAO, n°54. 272 p.
- Wies, A. F, and D.W. Stanforth.** 1973. Weed control in conservation tillage. In : A.B. (ed.), conservation tillage, the proceedings of a national conference. Soil cons. Am., Ankeny, Iowa, pp. 108-114.
- Zeghouane.O,**2000, " Réflexion sur le programme de reconversion : le contexte actuel et les perspectives de relance de l'agriculture". Céréaliculture n°34, pp. 7-13.

Annexes

Annexe 1:

Pluviométrie, prélèvements d'humidité et l'irrigation pour la première chaîne 1996/1997 (CH1)

Dates	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
1							
2			3.6				
3			2.8	8.0			
4			1.0	5.6			P13
5		0.4	4.0				I4
6	2.2	2.5	4.0				
7		2.9				1.1	2.7
8			2.2		1.6	0.4	
9			9.0			9.8	P14
10		2.1		P1		1.5	
11				P2			
12				P3	0.1	P11	
13						0.3	
14		4.3					
15		7.4					
16		0.1					8.1
17	0.1		8.2		P7 + I1	10.6	6.9
18	3.0	10.8		P4		0.5	
19		3.6			P8	0.3	
20						24.5	3.9
21						5.7	
22				P5	P9 + I2	4.7	
23			1.7			3.1	6.6
24		6.5	7.4				
25		1.7	6.9				
26				P6		P12	
27							
28	0.3	1.5	0.5		I3		
29		0.2			P10		
30		1.4					
Total	5.6	45.3	51.3	13.6	1.7	71.5	30.4

Annexe 2 :

Blocs	traitements	RDT qx/ha	PMG	GR/EP	EPIS/M2
T1	B1	1.57	17.93	14.02	191
	B2	1.49	21.22	18.78	179
	B3	1.96	18.98	17.95	163
	B4	2.05	20.51	15.67	184
	Moyenne	1.77	19.66	16.61	179.25
T2	B1	4.09	22.29	17.21	118
	B2	4.17	21.14	19.35	132
	B3	3.49	19.89	16.29	127
	B4	4.06	18.83	18.14	136
	Moyenne	3.95	20.54	17.75	128.25
T3	B1	6.19	21.36	18.22	161
	B2	7.18	25.60	21.64	153
	B3	5.96	24.15	19.40	151
	B4	5.69	22.23	17.86	148
	Moyenne	6.26	23.33	19.28	153.25
T4	B1	7.94	21.86	22.36	154
	B2	10.40	23.93	23.68	168
	B3	9.33	22.19	25.52	145
	B4	6.45	22.79	20.15	177
	Moyenne	8.53	22.69	22.93	161.00
Moyenne générale		5.13 T4A	21.56 T3A	19.14 T4A	155.4 T1A
Ecart type résiduel		0.90 T3B	1.32 T4A	1.43 T3B	9.58 T4B
Coefficient de variance		17.6 T2C	6.1 T2B	7.5 T2B	6.2 T3B
Ppds 5% et 1%		HS T1D	S T1B	HS T1B	HS T2C

Tableau récapitulatif des résultats expérimentaux de la première chaîne (1996/1997)

Annexe 3 : Date de prélèvements des échantillons et des irrigations et stades de culture correspondants:

Date de semis: 27/11/1996

Date de levée: 28/12/1996

Date de récolte: 16/06/1997

Prélèvements et stades de culture:

P1 = 10/02/97 Début tallage P8 = 19/03/97 Plein montaison

P2 = 11/02/97 Début tallage P9 = 22/03/97 Fin montaison

P3 = 12/02/97 Plein tallage P10 = 29/03/97 Début épiaison

P4 = 18/02/97 Plein tallage P11 = 12/04/97 ... Floraison

P5 = 22/02/97 Fin tallage P12 = 26/04/97 Grains laitoux

P6 = 26/02/97 Fin tallage P13 = 04/05/97 Grains laitoux pâteux

P7 = 17/03/97 Début montaison P14 = 09/05/97 Grains pâteux

Dates d'irrigation et stade de culture:

- I1 = 17/03/97 Début montaison
 I2 = 22/03/97 Fin montaison
 I3 = 28/03/97 Début épiaison
 I4 = 05/05/97 Grains laiteux pâteux

Annexe 4 :

Jour et Mois	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
1			1.5	3.5			21.9
2				4.3			1.3
3	11.3			5.2			0.4
4				0.2			
5		6.1		2.0			
6	2.1	0.7				I 4	
7	1.6				P4		
8						1.4	
9		0.6			I 1	0.1	0.1
10						0.3	
11	2.7				1.1	1.7	
12	8.3	3.7			2.1	I 5	I 6
13	16.7	0.5	3.9				9.9
14	2.4		0.5	P1	2.2		1.8
15					P5	P8	
16							
17							
18	4.9				I 2		
19		7.1				P9	
20		4.2				0.3	12.1
21	26.8			P2		9.2	
22	16.2	0.9		0.1		9.8	9.5
23		8.0	6.4		P6	0.5	30.0
24			1.8	1.9	I 3		1.3
25	0.4			12.0			0.1
26	6.9	2.0					
27						2.3	
28	2.1			P3			
29					9.4	P10	
30		0.2	2.1		P7		
Total	102.4	34.0	16.2	29.2	14.8	25.6	88.4

Annexe 5 :

Blocs	Traitements	RDT qx/ha	PMG	GR/EP	EPIS/M2
T 1	B 1	4.50	29.99	20.32	145
	B 2	4.90	30.25	22.36	135
	B 3	5.00	28.15	22.65	130
	B 4	4.18	27.26	23.85	155
	Moyenne	4.64	28.91	22.30	141.25
T 2	B 1	17.05	18.48	22.65	310
	B 2	16.31	19.55	21.63	306
	B 3	15.89	18.71	20.12	273
	B 4	16.25	22.40	21.47	258
	Moyenne	16.38	19.78	21.47	286.75
T 3	B 1	23.43	24.29	26.52	250
	B 2	23.50	26.42	25.58	351
	B 3	22.75	30.39	24.41	288
	B 4	23.50	28.84	27.13	276
	Moyenne	23.30	27.49	25.91	291.25
T 4	B 1	28.00	25.49	23.92	330
	B 2	23.95	27.19	24.31	280
	B 3	24.50	28.81	26.24	293
	B 4	24.00	26.25	27.80	278
	Moyenne	25.11	26.68	25.57	295.25
Moyenne générale		17.36 T4 A	25.72 T1 A	23.81 T3 A	253.63 T4 A
Ecart type résiduel		0.98 T3 B	2.00 T3 A	1.3 T4 A	29.49 T3 A
Coefficient de variance		5.6 T2 C	7.8 T4 A	5.5 T1 B	11.6 T2 A
Ppds 5% et 1%		HS T1 D	HS T2 B	HS T2 B	HS T1 B

Tableau récapitulatif des résultats expérimentaux de la deuxième chaîne (1997/1998)

Annexe 6 : Date de prélèvements des échantillons et des irrigations et stades de culture correspondants:

Date de semis: 17/12/1997

Date de levée: 27/12/1997

Date de récolte: 10/06/1998

Prélèvements et stades de culture:

P1 = 14/02/98 Début tallage P6 = 23/03/98 ----- Début épiaison

P2 = 21/02/98Plein tallage P7 = 31/03/98 ----- Début Floraison

P3 = 28/02/98Fin tallage P8 = 15/04/98 ----- Début formation de grain

P4 = 07/03/98 Deux noeuds P9 = 20/04/98 ----- Grains laitoux

P5 = 15/03/98Début gonflement P10 = 29/04/98 ----- Grains pâteux

Dates d'irrigation et stade de culture:

I1 = 09/03/98 Montaison

I2 = 20/03/98Epiaison

I3 = 13/04/98Début formation de grain

I4 = 12/05/98Grains pâteux

Annexe 7 :

Jour et Mois	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
1		2.2	0.4	29.0	29.2		1.1
2		0.7		9.2	2.6		
3		1.4		31.4	0.6		4.5
4				1.0	2.3		P7
5		0.2					
6							
7		0.6					
8					P1		I3
9				5.8		P4	
10			2.2	5.0			P8
11				2.6			
12				0.3	0.2		
13				2.0			
14			0.8		0.9		
15			2.6	0.7	0.1		
16				1.4	1.0	3.8	P9
17			13.3		1.5		I4
18			19.9				
19	2.6		4.0		P2	P5	
20		0.3					
21						I1	
22			0.2				
23			4.5		2.3		
24	0.3	6.2	1.2		P3		
25	3.5	1.3	0.1		0.3	P6	
26	12.5	0.8			2.7		
27					30.9		
28				21.0	5.3	I2	
29	5.8						
30	1.7	7.4	7.3				
Total	26.7	21.1	56.5	109.4	79.9	3.8	5.6

Annexe 8:

Blocs	Traitements	RDT qx/ha	PMG	GR/EP	EPIS/M2			
T 1	B 1	13.80	15.42	31.60	249.00			
	B 2	15.00	17.04	33.30	262.00			
	B 3	14.55	17.44	29.80	238.00			
	B 4	12.50	14.30	28.70	261.00			
	Moyenne	13.96	16.05	30.85	252.5			
T 2	B 1	16.00	19.56	30.66	305.00			
	B 2	18.00	19.28	31.60	283.00			
	B 3	15.50	22.05	32.20	281.00			
	B 4	17.50	21.22	26.66	285.00			
	Moyenne	16.75	20.53	30.28	288.50			
T 3	B 1	16.50	21.40	34.60	243.00			
	B 2	18.50	19.83	32.20	294.00			
	B 3	17.50	19.45	33.70	254.00			
	B 4	18.50	21.72	34.80	296.00			
	Moyenne	17.75	20.60	33.83	271.75			
T 4	B 1	22.50	22.86	37.36	266.00			
	B 2	20.00	19.78	37.70	283.00			
	B 3	19.50	19.18	34.46	305.00			
	B 4	20.50	20.55	36.66	304.00			
	Moyenne	20.63	20.59	36.54	289.50			
Moyenne générale		17.27	T4 A	19.44	T3 A	32.88	T4 A	275.56
Ecart type résiduel		1.21	T3 B	1.56	T4 A	1.86	T3 AB	18.0
Coefficient de variance		7.0	T2 B	8.0	T2 A	5.6	T1 B	6.5
Ppds 5% et 1%		HS	T1 C	HS	T1 B	S	T2	NS

Tableau récapitulatif des résultats expérimentaux de la troisième chaîne (1998/1999)

Annexe 9 : Date de prélèvements des échantillons et des irrigations et stades de culture correspondants:

Date de semis : 13/12/1998

Date de levée: 03/01/1999

Date de récolte: 17/06/1999

Prélèvements et stades de culture:

P1 = 09/03/99 Deux noeuds P6 = 26/04/99 Grains laiteux pâteux

P2 = 19/03/99 Début montaison P7 = 04/05/99 Grains pâteux

P3 = 24/03/99 Début épiaison P8 = 10/05/99 Grains pâteux dur

P4 = 09/04/99 Formation de grain P9 = 16/05/99 Grains pâteux dur

P5 = 19/04/99 Grains laiteux

Dates d'irrigation et stade de culture:

I1 = 21/04/99 Epiaison à floraison

I2 = 28/04/99 Formation de grain

I3 = 08/05/99 Grains pâteux

I4 = 17/05/99 ... Grains pâteux dur

Annexe 10:

Horizons	Horizon 1		Horizon 2		Horizon 3	
Niveaux	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 1	Niveau 2
Profondeurs en cm	0 à 10	10 à 20	20 à 30	30 à 40	40 à 50	50 à 60
Densité apparente Chaîne 1 (gr/cm ³)	1.42	1.56	1.41	1.37	1.28	1.38
Densité apparente Chaîne 2 (gr/cm ³)	1.29	1.62	1.61	1.67	1.58	1.59
Densité apparente Chaîne 3 (gr/cm ³)	1.71	1.46	1.65	1.76	1.69	1.55

Variation de la densité apparente des trois essais.

Annexe 11 :

Résultats de l'analyse de tous les effets : variable « rendement 1 » de la chaîne 1

effet	DI effet	MC effet	DI erreur	MC erreur	F	P niveau
1	3	34.0246	12	0.8835	38.511	0.000002

Comparaison des moyennes deux à deux pour la plus faible différence significative (LSD)

Traitement	{1} 1.7675	{2} 3.9525	{3} 6.255	{4} 8.5300
1 {1}	—	0.00689	0.0000204	0.00000003
2 {2}	0.00649	—	0.0046802	0.0000168
3 {3}	0.000020	0.004680	—	0.05052
4 {4}	0.0000003	0.000017	0.005052	—

Annexe 12 :

Résultats de l'analyse de tous les effets : variable « PMG 1 » de la chaîne 1

effet	DI effet	MC effet	DI erreur	MC erreur	F	P niveau
1	3	12.11817	12	2.231921	5.429482	0.013621

Comparaison des moyennes deux à deux pour la plus faible différence significative (LSD)

Traitement	{1} 19.6600	{2} 20.5375	{3} 23.33500	{4} 22.69250
1 {1}	—	0.422386	0.004556	0.014073
2 {2}	0.422386	—	0.021251	0.063995
3 {3}	0.004556	0.021251	—	0.554390
4 {4}	0.014073	0.063995	0.554390	—

Annexe 13 :

Résultats de l'analyse de tous les effets : variable « GR/EPI 1 » de la chaîne 1

effet	DI effet	MC effet	DI erreur	MC erreur	F	P niveau
1	3	30.30672	12	3.606604	8.403117	0.002806

Comparaison des moyennes deux à deux pour la plus faible différence significative (LSD)

Traitement	{1} 16.60500	{2} 17.74750	{3} 19.28000	{4} 22.92750
1 {1}	—	0.411542	0.069625	0.000507
2 {2}	0.411542	—	0.276045	0.002279
3 {3}	0.069625	0.276045	—	0.018739
4 {4}	0.000507	0.002279	0.018739	—

Annexe 14 :

Résultats de l'analyse de tous les effets : variable « EPI/M2 1 » de la chaîne 1

effet	DI effet	MC effet	DI erreur	MC erreur	F	P niveau
1	3	1789.229	12	109.0208	16.41181	0.000151

Comparaison des moyennes deux à deux pour la plus faible différence significative (LSD)

Traitement	{1} 179.2500	{2} 128.2500	{3} 153.2500	{4} 161.0000
1 {1}	—	0.000016	0.004211	0.029393
2 {2}	0.000016	—	0.005407	0.000813
3 {3}	0.004211	0.005407	—	0.314541
4 {4}	0.029393	0.000813	0.314541	—

Annexe 15 :

Résultats de l'analyse de tous les effets : variable « rendement 2 » de la chaîne 2

effet	DI effet	MC effet	DI erreur	MC erreur	F	P niveau
1	3	343.9558	12	1.070015	321.4497	0.00000

Comparaison des moyennes deux à deux pour la plus faible différence significative (LSD)

Traitement	{1} 4.645000	{2} 16.37500	{3} 23.29500	{4} 25.1125
1 {1}	—	0.00000	0.00000	0.00000
2 {2}	0.00000	—	0.000001	0.00000
3 {3}	0.00000	0.000001	—	0.028704
4 {4}	0.00000	0.00000	0.028704	—

Annexe 16 :

Résultats de l'analyse de tous les effets : variable « PMG 2 » de la chaîne 1

effet	DI effet	MC effet	DI erreur	MC erreur	F	P niveau
1	3	66.65817	12	3.647448	18.27529	0.00009

Comparaison des moyennes deux à deux pour la plus faible différence significative (LSD)

Traitement	{1} 28.91250	{2} 19.78500	{3} 27.48500	{4} 26.93500
1 {1}	—	0.00002	0.311304	0.168806
2 {2}	0.00002	—	0.000099	0.000190
3 {3}	0.311304	0.000099	—	0.690980
4 {4}	0.168806	0.000190	0.690980	—

Annexe 17 :

Résultats de l'analyse de tous les effets : variable « GR/EPI 2 » de la chaîne 1

effet	DI effet	MC effet	DI erreur	MC erreur	F	P niveau
1	3	20.37512	12	1.970054	10.34241	0.001204

Comparaison des moyennes deux à deux pour la plus faible différence significative (LSD)

Etude de l'effet de différentes techniques culturales utilisées en grandes cultures sur la rétention du sol en eau dans les conditions du semi-aride, région du Haut Cheliff, cas du blé.

Traitement	{1} 22.29500	{2} 21.46750	{3} 25.91000	{4} 25.56750
1 {1}	—	0.420700	0.003373	0.006373
2 {2}	0.420700	—	0.000758	0.001393
3 {3}	0.003373	0.000758	—	0.735998
4 {4}	0.006373	0.001393	0.735998	—

Annexe 18 :

Résultats de l'analyse de tous les effets : variable « EPI/M2 2 » de la chaîne 1

effet	DI effet	MC effet	DI erreur	MC erreur	F	P niveau
1	3	22498.25	12	796.0833	28.26118	0.000010

Comparaison des moyennes deux à deux pour la plus faible différence significative (LSD)

Traitement	{1} 141.2500	{2} 286.7500	{3} 291.2500	{4} 295.2500
1 {1}	—	0.000010	0.000007	0.000005
2 {2}	0.000010	—	0.825345	0.677618
3 {3}	0.000007	0.825345	—	0.844454
4 {4}	0.000005	0.677618	0.844454	—

Annexe 19 :

Résultats de l'analyse de tous les effets : variable « rendement 3 » de la chaîne 3

effet	DI effet	MC effet	DI erreur	MC erreur	F	P niveau
1	3	30.26182	12	1.314531	23.02100	0.000029

Comparaison des moyennes deux à deux pour la plus faible différence significative (LSD)

Traitement	{1} 13.9625	{2} 16.7500	{3} 17.7500	{4} 20.6250
1 {1}	—	0.004910	0.000540	0.000003
2 {2}	0.004910	—	0.241015	0.000449
3 {3}	0.000540	0.241015	—	0.004024
4 {4}	0.000003	0.000449	0.004024	—

Annexe 20 :

Résultats de l'analyse de tous les effets : variable « PMG 3 » de la chaîne 1

effet	DI effet	MC effet	DI erreur	MC erreur	F	P niveau
1	3	20.46478	12	1.939162	10.55341	0.001105

Comparaison des moyennes deux à deux pour la plus faible différence significative (LSD)

Traitement	{1} 16.0500	{2} 20.52750	{3} 20.60000	{4} 20.59250
1 {1}	—	0.000669	0.000589	0.000597
2 {2}	0.000669	—	0.942519	0.948456
3 {3}	0.000589	0.942519	—	0.994048
4 {4}	0.000597	0.948456	0.994048	—

Annexe 21 :

Résultats de l'analyse de tous les effets : variable « GR/EPI 3 » de la chaîne 1

effet	DI effet	MC effet	DI erreur	MC erreur	F	P niveau
1	3	33.60807	12	3.461150	9.710087	0.001566

Comparaison des moyennes deux à deux pour la plus faible différence significative (LSD)

Traitement	{1} 30.8500	{2} 30.2800	{3} 33.8250	{4} 36.5450
1 {1}	—	0.672490	0.043096	0.000980
2 {2}	0.672490	—	0.019497	0.000462
3 {3}	0.043096	0.019497	—	0.060943
4 {4}	0.000980	0.000462	0.060943	—

Annexe 22 :

Résultats de l'analyse de tous les effets : variable « EPI/M2 3 » de la chaîne 1

effet	DI effet	MC effet	DI erreur	MC erreur	F	P niveau
1	3	1210.729	12	335.4792	3.608955	0.045803

Comparaison des moyennes deux à deux pour la plus faible différence significative (LSD)

Etude de l'effet de différentes techniques culturales utilisées en grandes cultures sur la rétention du sol en eau dans les conditions du semi-aride, région du Haut Cheliff, cas du blé.

Traitement	{1} 252.500	{2} 288.500	{3} 271.750	{4} 289.5000
1 {1}	—	0.016662	0.162988	0.014439
2 {2}	0.016662	—	0.220252	0.939728
3 {3}	0.162988	0.220252	—	0.195621
4 {4}	0.014439	0.939728	0.195621	—

Annexe 23 :

Analyse globale des trois chaînes d'outils : Facteur rendement de trois chaînes

effet	Lambda De Wilks	R/Rao	DI 1	DI 2	P niveau
1	0.002580	28.77715	9	24	0.00000

Comparaison des moyennes deux à deux pour la plus faible différence significative (LSD)

Traitement	{1} 1.76750	{2} 3.95250	{3} 6.25500	{4} 8.53000
1 {1}	—	0.006490	0.000020	0.000000
2 {2}	0.006490	—	0.004680	0.000017
3 {3}	0.000020	0.004680	—	0.005052
4 {4}	0.000000	0.000017	0.005052	—

Annexe 24 :

Analyse globale des trois chaînes d'outils : Facteur PMG de trois chaînes

effet	Lambda De Wilks	R/Rao	DI 1	DI 2	P niveau
1	0.022607	10.18944	9	24	0.000003

Comparaison des moyennes deux à deux pour la plus faible différence significative (LSD)

Traitement	{1} 19.6600	{2} 20.53750	{3} 23.3350	{4} 22.69250
1 {1}	—	0.422386	0.004556	0.014073
2 {2}	0.422386	—	0.021251	0.063995
3 {3}	0.004556	0.021251	—	0.554390
4 {4}	0.014073	0.063995	0.554390	—

Annexe 25 :

Analyse globale des trois chaînes d'outils : Facteur GR/EPI de trois chaînes

effet	Lambda De Wilks	R/Rao	DI 1	DI 2	P niveau
1	0.054582	6.266764	9	24	0.000151

Comparaison des moyennes deux à deux pour la plus faible différence significative (LSD)

Traitement	{1} 16.60500	{2} 17.74750	{3} 19.2800	{4} 22.92750
1 {1}	—	0.411542	0.069625	0.000507
2 {2}	0.411542	—	0.276045	0.002279
3 {3}	0.069625	0.276045	—	0.018739
4 {4}	0.000507	0.002279	0.018739	—

Annexe 26:

Analyse globale des trois chaînes d'outils : Facteur EPI/M2 de trois chaînes

effet	Lambda De Wilks	R/Rao	DI 1	DI 2	P niveau
1	0.032232	8.438463	9	24	0.000014

Comparaison des moyennes deux à deux pour la plus faible différence significative (LSD)

Traitement	{1} 179.250	{2} 128.250	{3} 153.250	{4} 161.0000
1 {1}	—	0.000016	0.004211	0.029393
2 {2}	0.000016	—	0.005407	0.000913
3 {3}	0.004211	0.005407	—	0.314541
4 {4}	0.029393	0.000913	0.314541	—

Annexe 27:

Etude de l'effet de différentes techniques culturales utilisées en grandes cultures sur la rétention du sol en eau dans les conditions du semi-aride, région du Haut Cheliff, cas du blé.

Dates		10/02/97	11/02/97	12/02/97	18/02/97	22/02/97	26/02/97	17/03/97	19/03/97	22/03/97	29/03/97	12/04/97	26/04/97	04/05/97	09/05/97
Prélèvements		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14
T1	0-10	19.88	18.25	16.88	12.42	12.20	12.18	07.36	07.06	11.66	14.97	16.05	10.37	06.58	04.88
	10-20	19.47	18.85	17.42	14.68	15.19	12.81	08.42	07.42	12.84	11.37	10.98	13.89	08.72	05.38
	20-30	19.50	17.66	18.21	13.75	12.88	13.51	06.94	06.77	09.28	09.52	09.83	05.41	05.13	04.09
	30-40	17.70	19.24	18.29	14.62	12.72	12.96	06.58	06.71	12.62	10.11	16.11	05.83	05.49	04.99
	40-50	18.55	14.35	14.15	12.86	12.95	12.42	07.07	07.98	08.15	09.03	09.99	01.65	01.63	01.21
	50-60	16.34	15.65	15.15	12.67	12.19	12.44	06.03	06.84	08.05	09.13	11.57	02.16	02.11	00.83
T2	0-10	20.49	20.33	17.38	11.57	11.46	12.71	07.24	26.53	11.89	23.74	18.25	06.58	07.89	08.57
	10-20	19.17	21.77	20.03	14.13	15.38	12.69	09.67	28.35	11.67	22.55	20.83	13.32	09.65	10.29
	20-30	18.65	18.03	18.53	10.41	10.94	11.76	06.17	26.11	12.97	20.86	20.58	08.64	09.03	07.97
	30-40	17.47	19.27	18.15	18.13	14.66	12.49	06.14	24.37	11.89	18.98	18.31	13.76	09.85	07.25
	40-50	17.91	15.98	17.40	14.09	12.11	11.19	07.93	17.99	09.13	17.16	18.99	12.12	07.98	06.12
	50-60	16.37	16.72	16.24	10.32	11.99	10.21	06.96	21.95	08.41	15.17	12.80	11.46	09.24	06.78
T3	0-10	21.85	19.88	19.95	15.12	08.91	14.26	07.02	26.15	11.56	21.76	21.51	19.51	12.60	11.54
	10-20	20.24	22.02	19.55	12.57	13.01	11.01	09.08	25.71	13.16	22.24	22.49	17.03	14.30	13.66
	20-30	20.64	19.02	18.33	18.14	11.86	10.69	07.96	19.80	10.05	23.58	21.76	22.04	14.75	15.01
	30-40	17.87	19.38	19.57	14.90	11.28	12.23	08.75	20.82	08.01	23.36	25.18	19.62	17.44	14.47
	40-50	19.90	16.18	14.77	13.66	11.91	09.84	05.93	18.36	09.12	21.53	23.25	17.54	15.39	14.66
	50-60	15.83	15.12	15.53	11.07	12.06	07.93	08.20	17.58	07.26	22.87	21.15	20.44	14.95	16.12
T4	0-10	19.50	19.38	20.21	14.17	13.62	12.85	08.75	27.05	11.97	22.04	20.12	21.46	11.00	14.11
	10-20	21.15	21.69	19.39	16.11	13.98	14.18	07.21	25.29	11.75	21.42	23.34	20.20	14.39	14.49
	20-30	19.91	19.29	18.02	15.37	12.94	13.11	07.55	22.77	11.19	20.89	22.46	18.07	09.15	16.32
	30-40	17.50	18.58	18.68	14.59	14.19	14.02	07.03	23.51	10.91	21.21	19.65	18.55	13.31	18.56
	40-50	16.21	16.29	15.31	15.35	13.24	13.83	07.10	20.12	08.24	21.88	19.38	13.51	11.57	15.24
	50-60	15.16	16.55	14.79	12.30	13.17	12.54	06.62	18.90	09.40	21.46	23.96	12.09	11.69	14.66

Evolution de la teneur en eau du sol (humidité pondérale) durant les stades phénologiques du blé sous l'effet de la première chaîne d'outil avec 4 traitements, 6 horizons et 14 prélèvements année 1996/1997.

Annexe 28:

Dates		14/02/98	21/02/98	28/02/98	07/03/98	15/03/98	23/03/98	31/03/98	15/04/98	20/04/98	29/04/98
Prélèvements		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
T1	0-10	17.80	16.43	19.45	13.12	15.44	12.50	10.84	11.21	11.33	12.88
	10-20	17.80	16.10	17.65	13.10	15.03	12.32	11.28	10.89	10.77	12.12
	20-30	15.00	14.79	15.00	11.15	14.11	10.82	11.01	11.04	10.87	12.31
	30-40	17.00	14.29	14.80	12.04	13.01	12.25	09.55	11.46	11.63	11.69
	40-50	16.00	14.72	13.33	12.21	14.12	12.63	10.66	10.68	11.11	11.77
	50-60	16.04	15.26	14.66	13.28	13.31	11.65	09.68	11.22	10.79	12.23
T2	0-10	16.76	15.19	19.50	13.54	14.09	13.55	12.53	11.45	11.45	12.87
	10-20	18.57	14.44	18.50	13.21	17.14	14.45	14.39	11.65	11.65	13.81
	20-30	15.11	14.86	16.17	12.22	14.33	11.89	11.78	10.05	10.05	12.74
	30-40	16.87	14.43	14.83	13.35	12.41	13.11	11.52	10.19	10.11	13.26
	40-50	15.92	12.23	13.55	13.36	12.14	13.01	13.11	10.65	10.15	12.21
	50-60	16.23	14.14	14.65	13.52	13.22	11.33	10.89	10.45	10.05	13.51
T3	0-10	16.59	15.03	18.31	13.11	16.94	12.03	14.46	14.31	14.12	13.61
	10-20	18.31	16.47	18.69	13.79	17.96	12.55	15.12	15.41	15.60	12.49
	20-30	15.56	14.22	15.21	11.98	13.35	12.25	16.05	14.95	15.61	12.66
	30-40	16.52	13.70	13.54	12.12	14.67	13.31	15.51	15.67	15.01	14.66
	40-50	16.33	12.94	12.47	13.07	12.82	13.64	16.25	15.01	14.88	12.49
	50-60	15.39	14.60	15.29	12.23	13.28	12.98	16.37	13.89	14.02	11.75
T4	0-10	17.58	16.05	18.01	12.55	15.54	13.99	16.18	15.23	14.77	13.55
	10-20	17.96	14.21	17.13	14.55	17.08	14.87	16.68	14.83	15.29	13.43
	20-30	16.57	15.32	15.87	12.03	13.81	13.12	16.77	15.22	14.55	11.97
	30-40	15.57	13.34	14.17	11.71	14.11	12.88	17.33	14.78	15.45	13.13
	40-50	14.98	13.88	13.52	13.54	13.05	12.44	15.23	14.57	13.57	11.83
	50-60	16.50	14.14	15.74	12.56	12.25	12.34	14.85	13.53	14.53	12.33

Evolution de la teneur en eau du sol (humidité pondérale) durant les stades phénologiques du blé sous l'effet de la deuxième chaîne d'outil avec 4 traitements, 6 horizons et 10 prélèvements année 1997/1998.

Annexe 29 :

Etude de l'effet de différentes techniques culturales utilisées en grandes cultures sur la rétention du sol en eau dans les conditions du semi-aride, région du Haut Cheliff, cas du blé.

Dates		09/03/99	19/03/99	24/0/99	09/04/99	19/04/99	25/04/99	04/05/99	10/05/99	16/05/99
Prélèvements		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
T1	0-10	18.65	17.64	16.01	15.21	11.75	09.17	10.22	08.86	08.48
	10-20	17.63	19.11	15.07	13.15	11.25	09.83	09.64	09.90	08.22
	20-30	18.67	16.11	15.76	14.19	10.97	09.15	07.21	06.61	07.66
	30-40	18.59	16.53	15.28	13.99	12.03	10.85	06.83	09.06	06.54
	40-50	17.01	14.13	14.06	13.51	12.66	09.88	09.31	06.59	09.05
	50-60	15.49	14.49	14.86	15.95	12.34	11.12	09.93	09.33	08.83
T2	0-10	18.75	18.61	17.40	17.11	11.03	16.81	14.85	14.62	11.41
	10-20	18.65	19.69	19.10	15.85	12.18	16.11	15.23	13.62	11.63
	20-30	16.74	18.77	16.18	15.54	10.74	14.66	13.54	12.91	11.22
	30-40	18.18	17.31	19.12	15.49	12.31	12.46	14.74	13.51	12.50
	40-50	16.66	15.54	14.08	13.88	11.05	12.31	12.91	13.17	11.59
	50-60	16.38	14.74	17.00	14.16	12.95	13.69	13.15	12.57	12.27
T3	0-10	18.62	18.22	18.21	17.01	13.22	16.66	15.02	19.16	14.58
	10-20	17.78	18.92	17.57	15.88	12.34	14.34	15.40	19.73	14.12
	20-30	16.25	16.91	15.45	16.33	11.59	13.54	13.11	17.67	14.16
	30-40	17.79	16.79	16.59	15.11	12.59	14.46	12.19	14.68	13.00
	40-50	17.05	14.01	13.68	13.71	11.98	12.91	11.41	15.21	11.77
	50-60	15.71	13.93	14.96	14.31	12.86	13.09	12.37	14.69	12.45
T4	0-10	17.98	18.99	17.97	16.49	11.23	17.53	13.33	16.11	12.01
	10-20	18.18	20.09	20.47	18.77	12.77	15.75	15.40	18.51	14.53
	20-30	18.11	16.63	15.21	16.89	11.68	13.35	13.07	15.01	12.21
	30-40	17.97	15.05	17.01	13.95	13.12	14.15	12.97	13.47	12.60
	40-50	16.66	14.54	14.63	13.24	13.33	13.01	11.64	14.16	12.13
	50-60	17.30	14.72	14.65	13.76	11.69	13.37	11.28	11.94	11.61

Evolution de la teneur en eau du sol (humidité pondérale) durant les stades phénologiques du blé sous l'effet de la troisième chaîne d'outil avec 4 traitements, 6 horizons et 9 prélèvements année 1998/1999.

Annexe 30 :

Dates		10/02/97	11/02/97	12/02/97	18/02/97	22/02/97	26/02/97	17/03/97	19/03/97	22/03/97	29/03/97	12/04/97	26/04/97	04/05/97	09/05/97
Prélèvements		H 1	H 2	H 3	H 4	H 5	H 6	H 7	H 8	H 9	H 10	H 11	H 12	H 13	H 14
T1	0-10	0.278036	0.25915	0.239696	0.176364	0.17324	0.172956	0.104612	0.100252	0.165572	0.212574	0.22791	0.147254	0.093436	0.069296
	10-20	0.303732	0.29406	0.271752	0.229008	0.236964	0.199836	0.131352	0.115752	0.200304	0.177372	0.171288	0.216684	0.136032	0.083928
	20-30	0.274950	0.249006	0.256761	0.193875	0.181608	0.190491	0.097854	0.095457	0.130848	0.134232	0.138603	0.076281	0.072333	0.057669
	30-40	0.242480	0.263588	0.250573	0.200294	0.174264	0.177552	0.090146	0.091927	0.172894	0.138507	0.220707	0.079871	0.075213	0.068363
	40-50	0.237440	0.18368	0.18112	0.164608	0.16576	0.158976	0.090496	0.102144	0.10432	0.115584	0.127872	0.02112	0.020864	0.015488
50-60	0.197892	0.21597	0.20907	0.174846	0.168222	0.171672	0.083214	0.094392	0.111109	0.125994	0.159666	0.029808	0.029118	0.011454	
T2	0-10	0.290958	0.288686	0.246796	0.164294	0.162732	0.180482	0.102808	0.376726	0.168838	0.337108	0.259434	0.093436	0.112038	0.121694
	10-20	0.299052	0.339612	0.312468	0.220428	0.239928	0.197964	0.150852	0.44226	0.182052	0.35178	0.324048	0.207792	0.15054	0.160524
	20-30	0.262965	0.254223	0.261273	0.146781	0.154254	0.165816	0.086997	0.368151	0.182877	0.294126	0.290178	0.121824	0.127323	0.112377
	30-40	0.239339	0.263999	0.248655	0.248381	0.200842	0.171113	0.084118	0.333869	0.162893	0.260026	0.250847	0.188512	0.134946	0.099325
	40-50	0.229248	0.204544	0.22272	0.180352	0.155008	0.143232	0.101504	0.230272	0.116864	0.219648	0.243072	0.155136	0.102144	0.078336
50-60	0.225906	0.230736	0.224112	0.142416	0.165462	0.140898	0.096048	0.30291	0.116058	0.209346	0.17664	0.158148	0.127512	0.093564	
T3	0-10	0.310270	0.282296	0.28329	0.214704	0.126522	0.202492	0.099684	0.37133	0.164152	0.308992	0.305442	0.277042	0.17892	0.163868
	10-20	0.346944	0.343512	0.30498	0.196092	0.202956	0.171756	0.141648	0.401076	0.205296	0.346944	0.350844	0.265668	0.22308	0.213096
	20-30	0.291024	0.288182	0.258453	0.255774	0.167226	0.150729	0.112236	0.27918	0.141705	0.332478	0.306818	0.310764	0.207975	0.211641
	30-40	0.244819	0.265506	0.268109	0.20413	0.154536	0.167551	0.119875	0.285234	0.109737	0.320032	0.344066	0.268794	0.238928	0.19839
	40-50	0.254720	0.207104	0.189056	0.174848	0.152448	0.125952	0.075904	0.235008	0.116736	0.275584	0.2976	0.224512	0.196992	0.187648
50-60	0.218454	0.208656	0.214314	0.152786	0.166428	0.109434	0.11316	0.242604	0.100188	0.315606	0.29187	0.282072	0.20631	0.222456	
T4	0-10	0.278900	0.275196	0.286982	0.201214	0.193404	0.18247	0.12425	0.38411	0.169974	0.312968	0.285704	0.304732	0.1562	0.200362
	10-20	0.329940	0.338364	0.302484	0.251316	0.218088	0.221208	0.112476	0.394524	0.1833	0.334152	0.364104	0.31512	0.224484	0.226044
	20-30	0.280731	0.271989	0.254082	0.216717	0.182454	0.184851	0.106455	0.321057	0.157779	0.294549	0.316546	0.254787	0.129015	0.230112
	30-40	0.239750	0.254546	0.255916	0.199883	0.194403	0.204404	0.096311	0.322087	0.149467	0.290577	0.269205	0.254135	0.182347	0.254272
	40-50	0.207488	0.208512	0.195968	0.19648	0.169472	0.177024	0.09088	0.257536	0.105472	0.280064	0.248064	0.172928	0.148096	0.195072
50-60	0.209208	0.22839	0.204102	0.16974	0.181746	0.173052	0.091356	0.26082	0.11592	0.296148	0.330648	0.166842	0.161322	0.202308	

Evolution de la teneur en eau du sol (humidité volumétrique) durant les stades phénologiques du blé sous l'effet de la première chaîne d'outil avec 4 traitements, 6 horizons et 14 prélèvements année 1996/1997.

Annexe 31:

Etude de l'effet de différentes techniques culturales utilisées en grandes cultures sur la rétention du sol en eau dans les conditions du semi-aride, région du Haut Cheliff, cas du blé.

Dates		14.02.98	21.02.98	28.02.98	07.03.98	15.03.98	23.03.98	31.03.98	15.04.98	20.04.98	29.04.98
Prélèvements		H 1	H 2	H 3	H 4	H 5	H 6	H 7	H 8	H 9	H 10
T1	0-10	0.22962	0.211947	0.250905	0.169248	0.199176	0.160125	0.139836	0.144609	0.146157	0.166152
	10-20	0.28836	0.26082	0.28593	0.21222	0.243486	0.199584	0.182736	0.176418	0.174474	0.196344
	20-30	0.2415	0.238119	0.2415	0.179515	0.227171	0.174202	0.177261	0.177744	0.175007	0.198191
	30-40	0.2839	0.238643	0.24382	0.201068	0.217267	0.204575	0.159485	0.191382	0.194221	0.195223
	40-50	0.2528	0.232576	0.210614	0.192918	0.223096	0.199554	0.168428	0.168744	0.175538	0.185966
50-60	0.255036	0.242634	0.233094	0.211152	0.211629	0.185235	0.153912	0.178398	0.171561	0.194467	
T2	0-10	0.216204	0.195951	0.25155	0.174999	0.181761	0.174795	0.161637	0.147705	0.147705	0.166023
	10-20	0.300834	0.233928	0.2997	0.214002	0.277668	0.23409	0.233118	0.18873	0.18873	0.223722
	20-30	0.243271	0.239246	0.260337	0.196742	0.230713	0.191429	0.189658	0.161805	0.161805	0.205114
	30-40	0.281729	0.240981	0.247661	0.222945	0.207247	0.218937	0.192384	0.170173	0.168837	0.221442
	40-50	0.251536	0.193234	0.21409	0.211088	0.191812	0.205568	0.207138	0.16827	0.16037	0.192918
50-60	0.258057	0.224826	0.232935	0.214968	0.210198	0.180147	0.173151	0.166155	0.159795	0.214809	
T3	0-10	0.214011	0.193887	0.236199	0.169119	0.218526	0.155187	0.186534	0.184599	0.182148	0.175569
	10-20	0.296622	0.266814	0.302778	0.223398	0.290952	0.20331	0.244944	0.249642	0.25272	0.202338
	20-30	0.250516	0.228942	0.244881	0.192878	0.214835	0.197225	0.258405	0.240696	0.251321	0.203826
	30-40	0.275884	0.22879	0.226118	0.202404	0.244889	0.222277	0.259017	0.261689	0.250667	0.244822
	40-50	0.258014	0.204452	0.197026	0.206506	0.202556	0.215512	0.25675	0.237158	0.235104	0.197342
50-60	0.244701	0.23214	0.243111	0.194457	0.211152	0.206382	0.260283	0.220851	0.222918	0.186825	
T4	0-10	0.226782	0.207045	0.232329	0.161895	0.200466	0.180471	0.208722	0.196467	0.190533	0.174795
	10-20	0.290952	0.230202	0.277506	0.23571	0.276696	0.240894	0.270216	0.240246	0.247698	0.217566
	20-30	0.266777	0.246662	0.255507	0.193683	0.222341	0.211232	0.269997	0.246042	0.234255	0.192717
	30-40	0.260019	0.222778	0.236639	0.195557	0.235637	0.215096	0.289411	0.246826	0.258015	0.219271
	40-50	0.236684	0.219304	0.213616	0.213932	0.20619	0.196552	0.240634	0.230206	0.214406	0.186914
50-60	0.26236	0.221826	0.250266	0.199704	0.194775	0.196206	0.236115	0.215127	0.231027	0.196047	

Evolution de la teneur en eau du sol (humidité volumétrique) durant les stades phénologiques du blé sous l'effet de la deuxième chaîne d'outil avec 4 traitements, 6 horizons et 10 prélèvements année 1997/1998.

Annexe 32 :

Dates		09/03/99	19/03/99	24/0/99	09/04/99	19/04/99	25/04/99	04/05/99	10/05/99	16/05/99
Prélèvements		H 1	H 2	H 3	H 4	H 5	H 6	H 7	H 8	H 9
T1	0-10	0.318915	0.301164	0.273771	0.260091	0.200925	0.156907	0.174762	0.151606	0.145008
	10-20	0.257398	0.279006	0.220022	0.19199	0.16425	0.143518	0.140744	0.14454	0.120012
	20-30	0.308055	0.265815	0.26004	0.234135	0.181005	0.150975	0.118965	0.109065	0.12639
	30-40	0.327184	0.290928	0.268928	0.246224	0.211728	0.19096	0.120208	0.159466	0.115104
	40-50	0.287469	0.238797	0.237614	0.228319	0.213954	0.166972	0.157339	0.111371	0.152946
	50-60	0.240095	0.224595	0.23033	0.247225	0.19127	0.17236	0.153915	0.144615	0.136865
T2	0-10	0.320625	0.318231	0.29754	0.292581	0.188613	0.287451	0.253935	0.250002	0.195111
	10-20	0.27229	0.287474	0.27886	0.23141	0.177828	0.235206	0.222358	0.198852	0.169798
	20-30	0.27621	0.309705	0.26697	0.25641	0.17721	0.24189	0.22341	0.213015	0.18513
	30-40	0.319968	0.304666	0.336512	0.272624	0.216666	0.219296	0.259424	0.237776	0.22
	40-50	0.281554	0.262626	0.237952	0.234572	0.186746	0.208039	0.218179	0.222573	0.195871
	50-60	0.26389	0.22847	0.2635	0.21948	0.200725	0.212195	0.203825	0.194835	0.190185
T3	0-10	0.318402	0.311662	0.311391	0.290871	0.226062	0.284886	0.256942	0.327636	0.249318
	10-20	0.259598	0.276232	0.256522	0.231848	0.180164	0.209364	0.22494	0.289058	0.206152
	20-30	0.268125	0.279015	0.254925	0.269445	0.191235	0.22341	0.216315	0.291555	0.23364
	30-40	0.313104	0.295504	0.291984	0.265936	0.221584	0.254496	0.214544	0.258368	0.2288
	40-50	0.288146	0.236769	0.231192	0.231399	0.202462	0.218179	0.192829	0.257049	0.198913
	50-60	0.243505	0.215915	0.23188	0.221805	0.19933	0.202995	0.191735	0.227695	0.192975
T4	0-10	0.307458	0.324729	0.307287	0.281979	0.192033	0.299763	0.227943	0.275481	0.205371
	10-20	0.265428	0.293314	0.298862	0.274042	0.186442	0.22995	0.22484	0.270246	0.212138
	20-30	0.298815	0.274395	0.250965	0.278685	0.19272	0.220275	0.215665	0.247665	0.201465
	30-40	0.316272	0.26488	0.299376	0.24552	0.230912	0.24904	0.228272	0.237072	0.22176
	40-50	0.281554	0.246726	0.247247	0.223756	0.225277	0.219869	0.196716	0.239304	0.204997

Evolution de la teneur en eau du sol (humidité volumétrique) durant les stades phénologiques du blé sous l'effet de la troisième chaîne d'outil avec 4 traitements, 6 horizons et 9 prélèvements année 1998/1999.

Annexe 33 :

Etude de l'effet de différentes techniques culturales utilisées en grandes cultures sur la rétention du sol en eau dans les conditions du semi-aride, région du Haut Cheliff, cas du blé.

Dates		10.02.97	11.02.97	12.02.97	18.02.97	22.02.97	26.02.97	17.03.97	19.03.97	22.03.97	29.03.97	12.04.97	26.04.97	04.05.97	09.05.97
Prélèvements		Δ S1	Δ S2	Δ S3	Δ S4	Δ S5	Δ S6	Δ S7	Δ S8	Δ S9	Δ S10	Δ S11	Δ S12	Δ S13	Δ S14
T1	0-10	2.78036	2.59150	2.39595	1.78364	1.73240	1.72955	1.04512	1.00252	1.65572	2.12574	2.27910	1.47254	0.93436	0.69296
	10-20	2.90884	2.76605	2.55724	2.02686	2.05102	1.86396	1.17932	1.08002	1.82938	1.91973	1.99599	1.81969	1.14734	0.76612
	20-30	2.89341	2.71533	2.64256	2.11441	2.09286	1.95163	1.14603	1.05604	1.65576	1.55802	1.54045	1.46482	1.04182	0.70798
	30-40	2.58720	2.55297	2.53667	1.97084	1.77935	1.84021	0.94000	0.93692	1.51871	1.36369	1.79655	0.78076	0.73773	0.63016
	40-50	2.39965	2.23634	2.15845	1.82451	1.70012	1.68264	0.90321	0.97035	1.38607	1.27045	1.74289	0.50495	0.48038	0.41925
	50-60	2.17666	1.99825	1.95095	1.69727	1.66991	1.65324	0.86855	0.98268	1.07705	1.20789	1.43769	0.25464	0.14991	0.13471
T2	0-10	2.90958	2.89685	2.45795	1.64294	1.62732	1.80482	1.02808	3.76725	1.68838	3.37108	2.59434	0.93436	1.12038	1.21694
	10-20	2.95005	3.14149	2.79632	1.92361	2.01330	1.89223	1.26830	4.09493	1.75445	3.44444	2.92191	1.50614	1.31289	1.41109
	20-30	2.81008	2.96917	2.85870	1.83604	1.97091	1.81890	1.18924	4.05205	1.82464	3.22953	3.07553	1.64908	1.38931	1.36450
	30-40	2.51152	2.59111	2.54964	1.97581	1.77548	1.68464	0.85557	3.51010	1.72885	2.77076	2.70512	1.55168	1.31134	1.05851
	40-50	2.34293	2.34271	2.35687	2.14366	1.77925	1.57172	0.92811	2.82070	1.39878	2.39837	2.46959	1.71824	1.18544	0.88830
	50-60	2.27577	2.17640	2.23416	1.61394	1.60235	1.42065	0.98776	2.66591	1.16461	2.14497	2.09856	1.56642	1.14828	0.85950
T3	0-10	3.10270	2.88229	2.83290	2.14704	1.26522	2.02492	0.99694	3.71133	1.64152	3.08992	3.05442	2.77042	1.78920	1.63868
	10-20	3.28607	3.12904	2.94135	2.05398	1.64739	1.87124	1.20666	3.86203	1.84724	3.27968	3.28148	2.71355	2.01000	1.88482
	20-30	3.18984	3.05847	2.81716	2.25933	1.85091	1.61242	1.26942	3.40128	1.73500	3.39711	3.28830	2.88216	2.15527	2.12368
	30-40	2.67921	2.66844	2.63281	2.29952	1.60881	1.59140	1.16055	2.82207	1.25721	3.26255	3.25891	2.89779	2.23451	2.04940
	40-50	2.49769	2.36305	2.28582	1.89489	1.53492	1.46751	0.97889	2.60121	1.13236	2.97808	3.21283	2.46653	2.17960	1.92948
	50-60	2.36567	2.07880	2.01685	1.63807	1.59438	1.17693	0.94532	2.38806	1.08462	2.95595	2.94735	2.53292	2.01651	2.05052
T4	0-10	2.78900	2.75196	2.86982	2.01214	1.93404	1.82470	1.24250	3.84110	1.69974	3.12968	2.85704	3.04732	1.56200	2.00362
	10-20	3.03420	3.06780	2.94733	2.26265	2.05745	2.01839	1.18363	3.89317	1.76637	3.23560	3.24904	3.09925	1.90342	2.13203
	20-30	3.05335	3.05176	2.78283	2.34016	2.00271	2.03029	1.09465	3.57790	1.70539	3.14360	3.40324	2.84953	1.76749	2.28078
	30-40	2.60240	2.63267	2.54999	2.08300	1.88428	1.94627	1.01383	3.21572	1.53623	2.92563	2.92875	2.54461	1.55681	2.42192
	40-50	2.23619	2.31529	2.25942	1.98181	1.81937	1.90714	0.93585	2.89811	1.27469	2.85320	2.58634	2.13531	1.65221	2.24672
	50-60	2.08348	2.18451	2.00035	1.83110	1.75609	1.75038	0.91118	2.59178	1.10696	2.88106	2.89356	1.69885	1.54709	1.98690

Variation de la teneur en eau du sol (humidité volumétrique) durant les stades phénologiques du blé sous l'effet de la première chaîne d'outil avec 4 traitements, 6 horizons et 14 prélèvements année 1996/1997.

Annexe 34 :

Dates		14/02/98	21/02/98	28/02/98	07/03/98	15/03/98	23/03/98	31/03/98	15/04/98	20/04/98	29/04/98
Prélevements		Δ S1	Δ S2	Δ S3	Δ S4	Δ S5	Δ S6	Δ S7	Δ S8	Δ S9	Δ S10
T1	0-10	2.29620	2.11947	2.50905	1.69248	1.99176	1.61250	1.39836	1.44609	1.46157	1.66152
	10-20	2.58990	2.36383	2.68417	1.90734	2.21331	1.80417	1.61286	1.60513	1.60315	1.81248
	20-30	2.64930	2.49499	2.63715	1.95887	2.35328	1.86893	1.79998	1.77081	1.74740	1.97267
	30-40	2.62700	2.38381	2.42660	1.90291	2.22219	1.89388	1.66373	1.84563	1.84614	1.96707
	40-50	2.68350	2.35609	2.27217	1.96993	2.20181	2.02064	1.63956	1.80063	1.84879	1.90594
	50-60	2.53918	2.37605	2.21854	2.02035	2.17362	1.92394	1.61170	1.73571	1.73549	1.90211
T2	0-10	2.16204	1.95951	2.51550	1.74666	1.81761	1.74795	1.61637	1.47705	1.47705	1.66023
	10-20	2.68519	2.14939	2.75625	1.94334	2.29714	2.04442	1.97377	1.68217	1.68217	1.94872
	20-30	2.72052	2.35587	2.80018	2.05372	2.54190	2.12759	2.11388	1.75267	1.75267	2.14418
	30-40	2.62500	2.40113	2.53999	2.09843	2.18980	2.05183	1.91021	1.66989	1.65321	2.13278
	40-50	2.66632	2.17107	2.30875	2.17016	1.99529	2.12247	1.99761	1.69221	1.64603	2.07180
	50-60	2.54796	2.09030	2.23512	2.13028	2.01005	1.92852	1.90144	1.67212	1.60062	2.03863
T3	0-10	2.14011	1.93887	2.36199	1.69119	2.18526	1.55187	3.37077	1.84599	1.82148	1.75569
	10-20	2.55316	2.30350	2.69488	1.96258	2.54739	1.79248	3.89425	2.17120	2.17434	1.88953
	20-30	2.73569	2.47878	2.73829	2.08138	2.52943	2.00267	3.95733	2.45168	2.52020	2.03082
	30-40	2.63200	2.28866	2.35499	1.97641	2.29962	2.09751	3.51114	2.51192	2.50994	2.24324
	40-50	2.66949	2.16621	2.11572	2.04455	2.23772	2.18894	3.20206	2.49423	2.42885	2.21082
	50-60	2.51357	2.18296	2.20068	2.00481	2.06854	2.10947	3.07072	2.29004	2.29011	1.92083
T4	0-10	2.26782	2.07045	2.32329	1.61895	2.00466	1.80471	3.18888	1.95467	1.90533	1.74795
	10-20	2.58867	2.18623	2.54917	1.98802	2.38581	2.10682	3.63726	2.18355	2.19115	1.96180
	20-30	2.78864	2.38427	2.66506	2.14696	2.49518	2.25063	3.85809	2.42644	2.40976	2.05141
	30-40	2.63398	2.34715	2.46073	1.94620	2.28989	2.13164	3.75665	2.45934	2.46135	2.05994
	40-50	2.48351	2.21041	2.25127	2.04744	2.20913	2.05824	3.27805	2.38516	2.36210	2.03092
	50-60	2.49517	2.22065	2.31941	2.06818	2.00482	1.96379	2.95053	2.22666	2.22716	1.91480

Annexe 35 :

Etude de l'effet de différentes techniques culturales utilisées en grandes cultures sur la rétention du sol en eau dans les conditions du semi-aride, région du Haut Cheliff, cas du blé.

Dates		09/03/99	19/03/99	24/0/99	09/04/99	19/04/99	25/04/99	04/05/99	10/05/99	16/05/99
Prélèvements		Δ S1	Δ S2	Δ S3	Δ S4	Δ S5	Δ S6	Δ S7	Δ S8	Δ S9
T1	0-10	3.18915	3.01644	2.73771	2.60091	2.00925	1.66807	1.74762	1.51506	1.45008
	10-20	2.88156	2.90325	2.46896	2.26040	1.82587	1.60162	1.57753	1.48023	1.32510
	20-30	2.82726	2.72410	2.40031	2.13062	1.72627	1.47246	1.29854	1.26802	1.23201
	30-40	3.17619	2.78371	2.64484	2.40179	1.96366	1.70967	1.19586	1.34260	1.20747
	40-50	3.07326	2.64862	2.53271	2.37271	2.12841	1.78966	1.38773	1.35413	1.34024
	50-60	2.63782	2.31696	2.33972	2.37772	2.02612	1.69666	1.55627	1.27993	1.44905
T2	0-10	3.20625	3.18231	2.97540	2.92581	1.88613	2.87451	2.53935	2.50002	1.95111
	10-20	2.96457	3.02852	2.88200	2.61995	1.83220	2.61328	2.38146	2.24427	1.82454
	20-30	2.74250	2.98589	2.72915	2.48910	1.77519	2.39548	2.22894	2.05933	1.77464
	30-40	2.98089	3.07180	3.01741	2.64517	1.96933	2.30593	2.41417	2.25395	2.02565
	40-50	3.00761	2.83641	2.87232	2.53598	2.01700	2.13667	2.38801	2.30174	2.07935
	50-60	2.67722	2.46548	2.60726	2.27026	1.93735	2.10117	2.11002	2.08704	1.93028
T3	0-10	3.18402	3.11562	3.11391	2.90871	2.26062	2.84886	2.56842	3.27636	2.49318
	10-20	2.89995	2.93897	2.83956	2.61359	2.03113	2.47125	2.40841	3.07847	2.27735
	20-30	2.63856	2.77623	2.55723	2.50646	1.85699	2.16384	2.20577	2.89806	2.19896
	30-40	2.90614	2.87259	2.73454	2.67690	2.06409	2.38953	2.15429	2.74961	2.31220
	40-50	3.00624	2.66136	2.61588	2.48817	2.12023	2.36337	2.03686	2.57708	2.13856
	50-60	2.65825	2.26342	2.31536	2.26752	2.00896	2.10537	1.92282	2.42372	1.95944
T4	0-10	3.07458	3.24729	3.07287	2.81979	1.92033	2.99763	2.27948	2.75481	2.05371
	10-20	2.86448	3.09021	3.03074	2.78010	1.89237	2.64856	2.26391	2.72863	2.08754
	20-30	2.82121	2.83854	2.74913	2.76363	1.89581	2.25112	2.20247	2.58955	2.06801
	30-40	3.07543	2.69637	2.75170	2.62102	2.11816	2.34657	2.21963	2.42368	2.11612
	40-50	2.98913	2.55303	2.73311	2.34638	2.28094	2.34454	2.12494	2.38188	2.13378

Variation de la teneur en eau du sol (humidité volumétrique) durant les stades phénologiques du blé sous l'effet de la troisième chaîne d'outil avec 4 traitements, 6 horizons et 9 prélèvements année 1998/1999.

Annexe 36 :

Dates	11.02.97	12.02.97	18.02.97	22.02.97	26.02.97	17.03.97	19.03.97	22.03.97	29.03.97	12.04.97	26.04.97	04.05.97	09.05.97	
Prélèvements	ΔS2-ΔS1	ΔS3-ΔS2	ΔS4-ΔS3	ΔS5-ΔS4	ΔS6-ΔS5	ΔS7-ΔS6	ΔS8-ΔS7	ΔS9-ΔS8	ΔS10-ΔS9	ΔS11-ΔS10	ΔS12-ΔS11	ΔS13-ΔS12	ΔS14-ΔS13	
T1	0-10	-0.18886	-0.19454	-0.63332	-0.03124	-0.00294	-0.68443	-0.0426	0.6532	0.47002	0.15336	-0.80656	-0.53818	-0.2414
	10-20	-0.14279	-0.20881	-0.53038	0.02416	-0.18706	-0.68464	-0.0993	0.74936	0.12035	0.04626	-0.1763	-0.67235	-0.38122
	20-30	-0.17808	-0.072765	-0.52815	-0.021555	-0.141225	-0.805605	-0.089985	0.599715	-0.09774	-0.008565	-0.09463	-0.423	-0.33394
	30-40	-0.02423	-0.0263	-0.566825	-0.191485	0.060855	-0.900215	-0.00308	0.58179	-0.155015	0.432855	-1.01579	-0.04303	-0.10757
	40-50	-0.16331	-0.077875	-0.333955	-0.12439	-0.01748	-0.77943	0.067145	0.415715	-0.115615	0.47244	-1.23794	-0.02457	-0.06113
50-60	-0.17841	-0.0473	-0.25368	-0.02736	-0.01667	-0.79469	0.11413	0.09437	0.13094	0.2298	-1.18305	-0.00473	-0.1152	
T2	0-10	-0.02272	-0.4189	-0.82502	-0.01562	0.1775	-0.77674	2.73918	-2.07888	1.68270	-0.77674	-1.65998	0.18602	0.09656
	10-20	0.19144	-0.34517	-0.87271	0.08969	-0.12107	-0.62393	2.82563	-2.34048	1.68999	-0.52253	-1.41577	-0.19325	0.0982
	20-30	0.15909	-0.10047	-1.03266	0.134865	-0.15201	-0.629655	2.86281	-2.22741	1.404885	-0.1539	-1.42755	-0.258765	-0.02481
	30-40	0.07959	-0.04147	-0.57383	-0.20033	-0.090835	-0.82907	2.654525	-1.78125	1.04191	-0.065635	-1.153445	-0.24034	-0.25283
	40-50	-0.00022	0.01416	-0.21321	-0.364415	-0.207525	-0.643615	1.892595	-1.42192	0.99958	0.071225	-0.751355	-0.532795	-0.29714
50-60	-0.09937	0.05776	-0.62032	-0.01149	-0.18170	-0.43289	1.67815	-1.50130	0.98036	-0.04641	-0.53214	-0.41814	-0.28878	
T3	0-10	-0.27874	0.00994	-0.68586	-0.88182	0.75970	-1.02808	2.71646	-2.07178	1.44840	-0.0355	-0.284	-0.98122	-0.16052
	10-20	-0.15703	-0.18769	-0.88737	-0.40659	0.22385	-0.66468	2.65537	-2.01479	1.43244	0.00175	-0.56788	-0.70355	-0.12518
	20-30	-0.13137	-0.241305	-0.557835	-0.40842	-0.238485	-0.343005	2.13186	-1.666275	1.662105	-0.10881	-0.40614	-0.726885	-0.03159
	30-40	-0.010775	-0.03563	-0.33329	-0.69071	-0.01741	-0.430945	1.661515	-1.56486	2.00534	-0.00364	-0.36112	-0.663275	-0.185115
	40-50	-0.134645	-0.077225	-0.390935	-0.35997	-0.067405	-0.48862	1.622315	-1.468945	1.845715	0.23475	-0.7463	-0.28693	-0.250165
50-60	-0.28707	-0.06195	-0.37878	-0.04369	-0.41745	-0.23161	1.44274	-1.30344	1.87133	-0.0066	-0.41443	-0.51641	0.03401	
T4	0-10	-0.01704	0.11786	-0.85768	-0.0781	-0.10934	-0.5822	2.5986	-2.14136	1.42994	-0.27264	0.19028	-1.48532	0.44162
	10-20	0.0336	-0.12047	-0.69488	-0.20519	-0.03907	-0.83476	2.70954	-2.1268	1.48923	0.01344	-0.14978	-1.19584	0.22861
	20-30	-0.00159	-0.268935	-0.442665	-0.337465	0.027585	-0.93564	2.48325	-1.87251	1.43811	0.25974	-0.55371	-1.08204	0.513285
	30-40	0.03027	-0.082685	-0.48699	-0.198715	0.06199	-0.932445	2.20189	-1.67949	1.3894	0.00312	-0.38414	-0.9878	0.86511
	40-50	0.0791	-0.05687	-0.277605	-0.16244	0.087765	-0.971185	1.96216	-1.62342	1.57851	-0.26686	-0.45103	-0.4831	0.594505
50-60	0.10103	-0.18416	-0.18925	-0.07501	-0.00571	-0.8392	1.6806	-1.48482	1.7741	0.0125	-1.19471	-0.15176	0.43981	

Variation de la teneur en eau du sol (humidité volumétrique) durant les stades phénologiques du blé sous l'effet de la première chaîne d'outil avec 4 traitements, 6 horizons et 14 prélèvements année 1996/1997.

Annexe 37 :

Etude de l'effet de différentes techniques culturales utilisées en grandes cultures sur la rétention du sol en eau dans les conditions du semi-aride, région du Haut Cheliff, cas du blé.

Dates		21.02.98	28.02.98	07.03.98	15.03.98	23.03.98	31.03.98	15.04.98	20.04.98	29.04.98
Prélèvements		$\Delta S2-\Delta S1$	$\Delta S3-\Delta S2$	$\Delta S4-\Delta S3$	$\Delta S5-\Delta S4$	$\Delta S6-\Delta S5$	$\Delta S7-\Delta S6$	$\Delta S8-\Delta S7$	$\Delta S9-\Delta S8$	$\Delta S10-\Delta S9$
T1	0-10	-0.17673	0.38998	-0.81657	0.29928	-0.37928	-0.21414	0.04773	0.01548	0.19995
	10-20	-0.228065	0.32034	-0.776835	0.30597	-0.40914	-0.19131	-0.007725	-0.00198	0.209325
	20-30	-0.154605	0.142465	-0.678475	0.39461	-0.484355	-0.068945	-0.029175	-0.023405	0.22527
	30-40	-0.24319	0.04279	-0.523885	0.319275	-0.328305	-0.210155	0.1619	0.00051	0.12093
	40-50	-0.327405	-0.083925	-0.30224	0.231885	-0.18117	-0.38108	0.161065	0.048165	0.05715
	50-60	-0.16313	-0.15751	-0.19819	0.153275	-0.24968	-0.312245	0.12401	-0.000215	0.16662
T2	0-10	-0.20253	0.55599	-0.76694	0.07095	-0.06966	-0.13198	-0.13932	-0.0387	0.22188
	10-20	-0.435795	0.606855	-0.81291	0.353805	-0.25272	-0.07065	-0.2916	-0.06714	0.33369
	20-30	-0.354655	0.434315	-0.746465	0.488185	-0.41431	-0.013715	-0.361205	-0.05101	0.442515
	30-40	-0.223865	0.138855	-0.441555	0.081365	-0.13797	-0.14162	-0.25032	-0.0099	0.48279
	40-50	-0.49525	0.13768	-0.13859	-0.17487	0.12718	-0.124865	-0.305395	-0.04618	0.425765
	50-60	-0.457665	0.144825	-0.104845	-0.12023	-0.081525	-0.02708	-0.22932	-0.0713	0.43781
T3	0-10	-0.20124	0.42312	-0.6708	0.49407	-0.63339	0.31347	-0.01935	-0.02451	-0.06579
	10-20	-0.24966	0.39138	-0.7323	0.584805	-0.754905	0.364905	0.013815	0.003135	-0.284805
	20-30	-0.25691	0.259515	-0.656915	0.448055	-0.52676	0.51407	-0.06506	0.06852	-0.489385
	30-40	-0.34334	0.066335	-0.378985	0.32321	-0.20211	0.4896	-0.07519	-0.00198	-0.2667
	40-50	-0.50328	-0.05049	-0.07117	0.193175	-0.04878	0.38989	-0.0846	-0.06538	-0.218035
	50-60	-0.330615	0.017725	-0.19587	0.063725	0.04093	0.475895	-0.29512	6.5E-05	-0.389275
T4	0-10	-0.19737	0.25284	-0.70434	0.38571	-0.19995	0.28251	-0.12255	-0.02015	-0.15738
	10-20	-0.402435	0.36294	-0.56115	0.397785	-0.278985	0.287865	-0.211125	-0.05934	-0.22935
	20-30	-0.404375	0.280795	-0.5181	0.34822	-0.234555	0.440435	-0.274625	0.00759	-0.35835
	30-40	-0.28683	0.11358	-0.51453	0.34369	-0.15825	0.6654	-0.3377	-0.016675	-0.40141
	40-50	-0.273105	0.040865	-0.20383	0.16169	-0.150895	0.591985	-0.265065	0.00201	-0.33118
	50-60	-0.27452	0.09876	-0.25123	-0.063355	-0.041035	0.419955	-0.15708	-0.023055	-0.31238

Variation de la teneur en eau du sol (humidité volumétrique) durant les stades phénologiques du blé sous l'effet de la deuxième chaîne d'outil avec 4 traitements, 6 horizons et 10 prélèvements année 1997/1998.

Annexe 38 :

Dates	19/03/99	24/03/99	09/04/99	19/04/99	25/04/99	04/05/99	10/05/99	16/05/99	
Prélèvements	$\Delta S2-\Delta S1$	$\Delta S3-\Delta S2$	$\Delta S4-\Delta S3$	$\Delta S5-\Delta S4$	$\Delta S6-\Delta S5$	$\Delta S7-\Delta S6$	$\Delta S8-\Delta S7$	$\Delta S9-\Delta S8$	
T1	0-10	-0.17271	-0.27873	-0.1368	-0.59166	-0.44118	0.17955	-0.23256	-0.06498
	10-20	0.021685	-0.434285	-0.20856	-0.43453	-0.32425	0.075905	-0.0973	-0.15513
	20-30	-0.10316	-0.323795	-0.269685	-0.40435	-0.25381	-0.17392	-0.03052	-0.036015
	30-40	-0.39248	-0.138875	-0.243045	-0.43813	-0.25399	-0.51381	0.14674	-0.135135
	40-50	-0.42464	-0.115915	-0.159995	-0.244305	-0.33875	-0.401925	-0.0336	-0.01389
	50-60	-0.32086	0.02276	0.038	-0.3516	-0.32946	-0.14039	-0.27634	0.16912
T2	0-10	-0.02394	-0.20691	-0.04959	-1.03968	0.98838	-0.33516	-0.03933	-0.54891
	10-20	0.06395	-0.146525	-0.262045	-0.78775	0.78108	-0.23182	-0.137195	-0.419725
	20-30	0.243395	-0.256745	-0.29005	-0.66391	0.61029	-0.15664	-0.169505	-0.284695
	30-40	0.090915	-0.054395	-0.37224	-0.67584	0.3866	0.10824	-0.160215	-0.228305
	40-50	-0.1712	0.03591	-0.33634	-0.518975	0.11967	0.25134	-0.08627	-0.22239
	50-60	-0.22174	0.05178	-0.237	-0.33291	0.16382	0.00885	-0.02298	-0.15678
T3	0-10	-0.0684	-0.00171	-0.2052	-0.64809	0.58824	-0.28044	0.70794	-0.78318
	10-20	0.04902	-0.099405	-0.22597	-0.582465	0.44012	-0.06284	0.67006	-0.80112
	20-30	0.13767	-0.219	-0.05077	-0.64947	0.306875	0.041905	0.69229	-0.699105
	30-40	-0.03365	-0.13805	-0.05764	-0.61281	0.325435	-0.235235	0.59532	-0.437415
	40-50	-0.34488	-0.046485	-0.127705	-0.367945	0.243145	-0.32651	0.54022	-0.43852
	50-60	-0.39483	0.05194	-0.04784	-0.25856	0.09641	-0.18255	0.5009	-0.46428
T4	0-10	0.17271	-0.17442	-0.25308	-0.89946	1.0773	-0.7182	0.47538	-0.7011
	10-20	0.225785	-0.05947	-0.25064	-0.88773	0.75619	-0.38465	0.46472	-0.64109
	20-30	0.01733	-0.08941	0.0145	-0.867825	0.355315	-0.04865	0.38708	-0.52154
	30-40	-0.37906	0.05533	-0.13068	-0.502865	0.228415	-0.12694	0.20405	-0.30756
	40-50	-0.4361	0.180085	-0.386735	-0.065435	0.0636	-0.219605	0.25694	-0.248095
	50-60	-0.37909	0.00218	-0.18643	-0.15282	0.10316	-0.27774	0.26409	-0.19711

Variation de la teneur en eau du sol (humidité volumétrique) durant les stades phénologiques du blé sous l'effet de la troisième chaîne d'outil avec 4 traitements, 6 horizons et 9 prélèvements année 1998/1999.

Annexe 39 : Mesure de la variation du stock d'eau dans le sol

L'eau est tellement précieuse pour l'agriculteur, que sa maîtrise est devenue l'objectif primordial de tous les chercheurs spécialisés. Les études relatives à ce domaine sont nombreuses et variées, cependant, dans notre cas, nous allons nous intéresser à l'effet du travail du sol par différentes chaînes d'outil sur la teneur en eau du sol, ceci par la méthode directe de mesure de l'humidité du sol, traduit sous forme de profils hydriques.

Ce qui nous donne une idée sur la variation du stock d'eau dans le sol. Ces prélèvements réguliers permettent en effet, de tracer des profils hydriques sur une culture, ce qui permet de déterminer les quantités d'eau utilisées et prévoir les apports nécessaires pour éviter le déficit hydrique. Néanmoins, ce qui nous intéresse pour cette étude, est le choix des outils permettant d'aboutir au meilleur profil possible, pour une meilleure conservation en eau du sol.

Nous tenons à rappeler que plusieurs travaux et hypothèses ont été réalisés dans ce domaine d'étude, mais la plupart concernaient plus les indices qualitatifs du labour (porosité, résistance à la pénétration, compaction etc..), que la variation du stock d'eau dans le sol, en fonction des outils utilisés pour le travail du sol.

Les prélèvements ont été réalisés en fonction des conditions climatiques concernant l'échelle temps, et en fonction de l'humidité du sol pour le déclenchement de l'irrigation.

Le rationnement a touché les stades végétatifs différents, parfois au début du cycle, parfois un peu plus avancé, cela en fonction de l'humidité du sol. Les principaux stades de culture concernés par l'irrigation et les profils hydriques sont : le stade fin tallage, stade floraison et stade grain laiteux pâteux.

Nous avons suivi l'évolution du stock d'eau dans le sol par les mesures des profils hydriques pour tous les traitements. Pour comprendre la variation du stock d'eau dans le sol, nous avons choisi parmi les quatre traitements les plus représentatifs :

Le *traitement 1* qui représente le témoin sans irrigation, en trois temps (prélèvement initial, le deuxième, quatre jours après et le troisième, après six à huit jours) pour suivre l'assèchement du sol.

Le *traitement 2* qui représente le deuxième avec deux irrigations, en trois temps (le premier prélèvement avant l'irrigation, le deuxième quatre jours après et le troisième, six à huit jours après l'irrigation). La même technique a été appliquée pour tout le reste des autres traitements. Par différence, du profil initial d'humidité, nous pouvons déterminer la variation du stock d'eau dans le sol.

Pour chaque traitement, les mesures d'humidité s'effectuent au même endroit, pour limiter les irrégularités. Pour interpréter les résultats, nous avons choisi de reporter graphiquement les profils hydriques, qui sont comme suit : deux traitements, le premier en sec, le deuxième irrigué (T1 et T2), deux stades de culture : fin tallage et floraison, ceci, pour les trois chaînes d'outil. Les autres profils sont représentés en annexe.

Les dates et les désignations des profils hydriques indiquent la nature et les périodes durant lesquelles les mesures ont été effectuées.

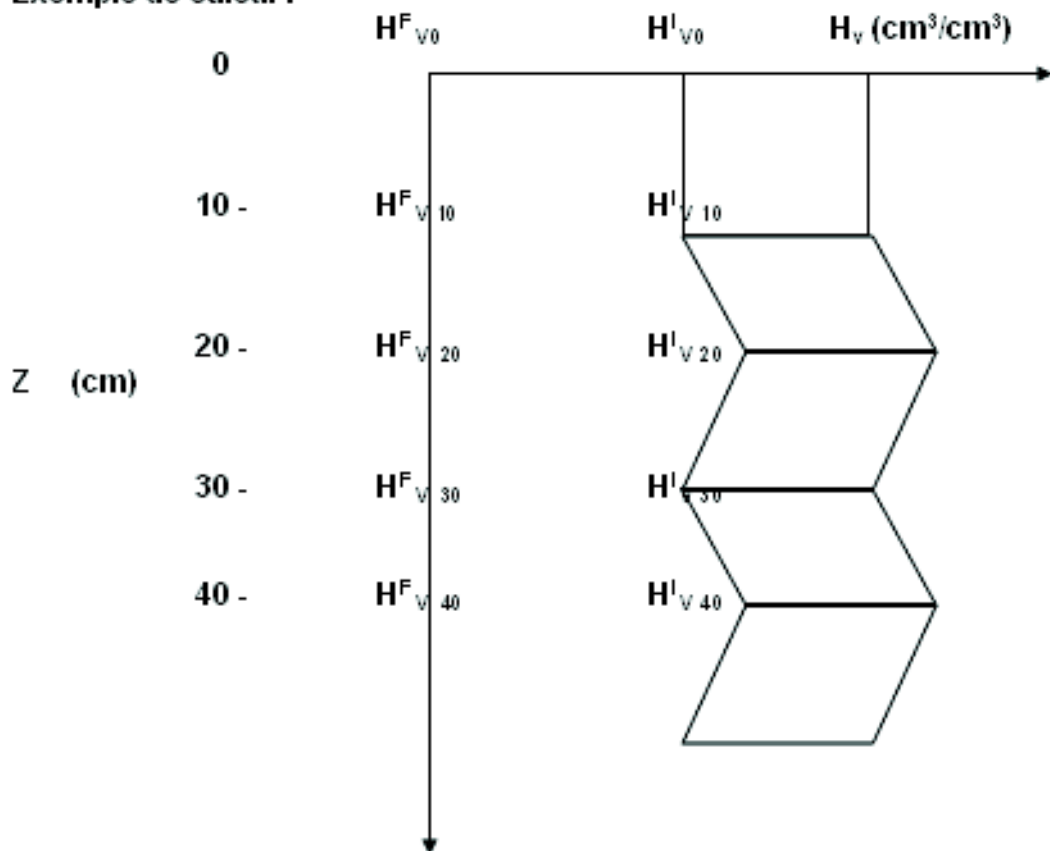
Pour discuter l'allure des profils d'humidité des trois chaînes d'outil, nous sommes basés sur les critères tel que :

Le profil qui retient le plus longtemps possible, l'humidité durant l'assèchement du sol;

Le profil dont la teneur en eau est élevée ;

Voir la relation entre le profil hydrique et la production de la culture.

Exemple de calcul :

Exemple de calcul :**Variation du stock d'eau entre deux prélèvements**

$$\Delta S_j^{Ej} = \sum (H_f - H_i) \Delta Z$$

avec : H_f = teneur en eau volumique finale ;

H_i = teneur en eau volumique initiale ;

ΔS = variation du stock d'eau ;

ΔZ = profondeur du sol selon le profil.

Intégration trapézoïdale :

Nous considérons un volume unitaire de sol :

$$V_{\text{sol}} = S \times \Delta z = 1 \text{ cm}^2 \times \Delta z$$

Avec : S = surface unitaire égale à 1 cm^2

Δz = épaisseur de la couche considérée.

Le volume d'eau correspondant sera :

$$V_{\text{eau}} = 1 \text{ cm}^2 \times \Delta z \times H_v$$

L'intégration nous donne par exemple entre 10 et 20 cm :

$$\Delta S = (H_{V10f} - H_{V10I}) + (H_{V20f} - H_{V20I}) \times \Delta z/2$$

avec : ΔS = variation du stock d'eau (cm)

Δz = épaisseur de la couche à mesurée

H_{V10f} = teneur en eau volumétrique finale de 0 à 10 cm

H_{V10I} = teneur en eau volumétrique initiale.

Intégration rectangulaire :

Pour un volume unitaire de sol :

$$V_s = S \times \Delta z = 1 \text{ cm}^2 \times \Delta z$$

V_s = c'est la surface unitaire prise d'un cm^2

Δz = épaisseur de la couche du sol considérée.

Le volume d'eau correspondant à cette couche est :

$$V_{\text{eau}} = 1 \text{ cm}^2 \times \Delta z \times H_v$$

La variation du stock d'eau pour cette couche est :

$$\Delta S = (H_{V10f} - H_{V20I}) \times \Delta z$$

ΔS = variation du stock d'eau (cm)

Δz = épaisseur de la couche considérée (10 cm)

$H_{V10f} = H_{V0f}$ = teneur en eau volumétrique finales pour les profondeurs 0 et 10 cm.

$H_{V20I} = H_{V0I}$ = teneur en eau volumétrique initiale.

La variation du stock d'eau cumule les pertes par évaporation et par drainage.

La teneur en eau est prise constante le long de la couche 0-10 cm.

L'intégration rectangulaire n'intéresse que cette couche du sol. Les valeurs mesurées sont illustrées dans les annexes de 33 à 38. _