

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE MOHAMED KHEIDAR – BISKRA-
FACULTE DES SCIENCES EXACTE ET SCIENCES DE VIE ET NATURE
DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de magister en sciences agronomique

Option :

Agriculture et environnement en régions arides

Thème :

Effet du semis direct et l'association de la luzerne annuelle
(*Medicago sativa*) sur le comportement de la culture du blé dur
(*Triticum durum*) dans une région semi-aride

Présenté par :

MENASRIA HANANE

Devant le jury:

Mr BELHAMRA M.	Professeur, Université de Biskra	Président
Mr OUDJEHIH B.	Professeur, université de Batna	Directeur du mémoire
Mr BENBELKACEM A.	Dir. Recherches, INRA Constantine	Examineur
Mr DJERAH A.	MAA, Université de Biskra	Invité

ANNEE 2011-2012

PLAN DE TRAVAIL

Page

INTRODUCTION

1

I-REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

1.1 : Connaissances acquises sur la technique du semis direct	3
1.1.1-Définition et principe du semis direct	3
1.1.2-Le semis direct et ses variantes	4
1.1.2.1-Semis direct sans travail du sol (no-till)	4
1.1.2.2-Semi direct avec travail du sol en bandes lors du semis (strip-till)	5
1.1.2.3-Semis direct avec travail du sol (Billonnage) (ridge-till)	5
1.1.2.4-Paillis de semis (Mulch-till)	5
1.1.3-Historique du semis direct	5
1.1.3.1-Evolution du semis direct à l'échelle mondiale	5
1.1.3.2-Développement du semis direct en Algérie	7
1.1.4-Matériels et équipement du semis direct	9
1.1.5-Avantages et contrainte du semis direct	10
1.1.5.1-Avantages du semis direct	10
1.1.5.2-Contraintes du semis direct	13
1.1.6- Les condition de réussite du semis direct	13
1.1.6.1- Choix et conduite des cultures	14
1.1.6.2- Entretien des cultures	14
1.1.6.3- La gestion des résidus	14
1.1.6.4- Contrôle des adventices sous semis direct	15
1.1.6.5- La rotation des cultures	15
1.2 - Association des cultures végétales	17
1.2.1-Définition des cultures associées	17
1.2.2-Les types de cultures associées	17
1.2.2.1- L'association variétale	17
1.2.2.2- L'association d'espèces	18
1.2.2.3-Association avec des cultures pérennes ou semis sous couvert végétal	18
1.2.2.4-Association avec une plante auxiliaire	20
1.2.3- Intérêt de l'utilisation de cultures associées en semis direct	20

II- MATERIEL ET METHODES

2.1-Situation géographique et caractéristiques pédoclimatique du site expérimental	21
2.2- Matériel végétal	23
2.3-Méthodes	23
2.3.1- Conduite culturale	23
2.3.2- Dispositif expérimental	24
2.3.3- Paramètres du sol évalués	27
2.3.3.1- Bilan hydrique	27
2.3.3.2-Bilan de matière organique du sol	27
2.3.3.3- Niveau du sol en éléments N.P.K	27
2.3.4- Paramètres du végétal évalués	28
2.3.4.1- La hauteur du blé à la récolte	28
2.3.4.2-Rendement en grains et en paille du blé	28
2.3.4.2.1- Rendement grains et ces composantes	28
2.3.4.2.2 -Rendement en paille	28
2.3.4.2.3- Biomasse aérienne du blé au stade gonflement	29
2.3.4.3- Teneur en protéines du grain récolté	29

III-RESULTATS ET DISCUSSIONS

3.1- Impact de la sécheresse sur l'essai	30
3.2- Effets du système de culture sur les paramètres du sol	30
3.2.1-Matière organique	30
3.2.2-Humidité	32
3.2.3- Effets du système de culture sur les teneurs en NPK du sol	34
3.2.3.1-Azote exporté par la culture et stocké dans le sol	34
3.2.3.2-Phosphore	35
3.2.3.3 Potassium	36
3.3- Effets du système de culture sur la longueur du blé à la récolte	38
3.4-Le Rendement en grains et en paille du blé	39
3.4.1- Le rendement réel en grains et ses composantes	39
3.4.1.1- Le rendement en grains	39
3.4.1.2- Composantes du rendement en grains	40
3.4.1.2.1-Nombre de plants au m ² au stade gonflement	40
3.4.1.2.2-Nombre de talles épi par m ²	41
3.4.1.2.3-Nombre de grains par épis	42
3.4.1.2.4-Poids de milles grains	43
3.4.2- Rendement en paille	44
3.5-La production de biomasse sèche aérienne du blé au stade gonflement	45
3.6-Le taux de protéines du grain de blé	46
Discussion générale	48
CONCLUSION GENERALE	49
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE	50

Résumé :

L'étude porte sur la comparaison des effets à la fois du semis direct et l'association de la luzerne annuelle (*Medicago sativa*) sur le comportement de la culture du blé dur dans une région semi-aride.

Après une année d'étude, différents paramètres du sol et de la plante sont évalués. La comparaison des résultats du semis direct et du labour conventionnel sur le comportement de la culture du blé seul (mono-spécifique) ou en association avec la luzerne n'a pas révélé de différences significatives pour la quasi-totalité des paramètres du sol et du blé.

Néanmoins, il est observé que le semis direct contribue relativement à l'amélioration du taux de la matière organique et du niveau des éléments N et P du sol par rapport au semis conventionnel.

Par ailleurs, l'association de la culture de blé avec la luzerne s'est montrée favorable à l'évolution de certains paramètres de rendement.

Les essais effectués méritent d'être repris sur une plus longue durée, permettant de mieux juger de l'intérêt de l'application du semis direct et de l'association des cultures.

Mots clés : semis direct, cultures associées, blé dur, luzerne, semis conventionnel (labour).

Summary:

The study focuses on comparing the effects of both no-till and the association of annual medic (*Medicago sativa*) on the behavior of durum wheat in a semiarid region.

After a year of study, various parameters of the soil and the plant are evaluated. Comparing the results of no-tilling and conventional tillage on the behavior of the wheat crop alone (mono-specific) or in combination with alfalfa did not reveal significant differences for almost all soil parameters and wheat.

Nevertheless, it is observed that direct seeding helps in improving the rate of organic matter and the level of elements N and P soil compared to the conventional sowing.

Moreover, the association of the wheat crop with alfalfa has been favorable to the evolution of certain performance parameters.

The tests need to be taken over a longer period, to better judge the value of the application of direct seeding and intercropping.

Keywords: no till, companion crops, durum wheat, alfalfa, tilling

INTRODUCTION

Le travail du sol remplit plusieurs fonctions. Il favorise la croissance et le développement de la culture, améliore la circulation de l'eau et de l'air dans le sol et limite les infestations des mauvaises herbes (**Viaux, 1999**).

En milieu semi-aride, les techniques mécanisées de travail du sol, à moyen ou à long terme, ont montré leur limite pour la gestion durable de la ressource sol. Elles peuvent entraîner la dégradation de la structure du sol par la maîtrise insuffisante de l'érosion et la décadence du stock en matières organiques (**Mrabet, 2001a**). Ces techniques engendrent également l'émiettement excessif, le tassement et la compaction des sols ainsi que le ruissellement de l'eau de surface, l'appauvrissement et le dessèchement des terres (**Mrabet, 2001a**). Ainsi, elles ne permettent pas un développement agricole durable. Ces techniques sont donc peu accommodées aux conditions pédoclimatiques des zones semi-arides.

Depuis une trentaine d'année, se sont développées des techniques de semis qui ont de moins en moins recours au travail du sol. Ces techniques dites "techniques simplifiées" ont recours à un système de culture qui permet en même temps, l'amélioration des productions et la préservation des ressources naturelles ainsi que de l'environnement (**Viaux, 1999**)

Le semis direct est une simplification du travail du sol. Il consiste à implanter une culture sans labour préalable (absence totale de l'action d'un outil aratoire), tout en effectuant une ouverture dans le sol pour déposer la semence à la profondeur souhaitée. Cette démarche assure ainsi à la graine les conditions les plus favorables à la germination, à la levée, à la croissance et à l'obtention de bons rendements (**Mrabet, 2001a**)

Ce processus d'innovation va donc bien au delà d'un simple changement de pratiques de travail du sol ; il reconfigure le fonctionnement de l'agro-système et sa gestion.

Cependant, deux problèmes majeurs sont rencontrés en non-labour, le maintien d'un état structural favorable et le contrôle des adventices sans multiplier le recours aux herbicides (**De Tourdonnet, 2008**). L'enjeu est de remplacer le contrôle mécanique (travail du sol) ou chimique (traitements phytosanitaires) par l'utilisation des régulations biologiques (Création de porosité par les racines et les vers de terre, étouffement des adventices par des plantes de couverture). Cela nécessite la culture deux (ou plusieurs) espèces associées sur la même parcelle.

En Algérie, ces pratiques culturales sont peu connues et se trouvent encore au stade expérimental.

Il est donc nécessaire de multiplier les travaux de recherche dans les différentes zones en vue d'accumuler davantage de données permettant de mieux juger ces techniques culturales simplifiées et d'élaborer des itinéraires de production rentable et préservant le potentiel sol et l'environnement.

C'est précisément dans cette optique que la présente étude est entreprise dans la station de SRPV de Ain-Touta à climat semi-aride.

Ce travail se propose d'évaluer en conditions semi-arides, l'apport d'une part du semis direct du blé et d'autre part de l'association de deux espèces, le blé et la luzerne. Il s'agit de comparer différents systèmes de cultures pour identifier les paramètres du sol et de la plante les plus influencés et de conclure sur la pratique culturale la plus avantageuse.

Nous présentons dans ce mémoire dans l'ordre:

- ✓ Une revue bibliographique permettant de se renseigner sur l'état des connaissances acquises sur les différentes techniques du semis direct, les pratiques de l'association des cultures et leur couplage.
- ✓ La démarche expérimentale, précisant les conditions d'étude et la méthodologie suivie.
- ✓ Les résultats obtenus et leurs commentaires.

I-REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

1.1 : Connaissances acquises sur la technique du semis direct

1.1.1-Définition et principe du semis direct :

Avant de définir le semis direct, il est important de définir l'agriculture de conservation. L'agriculture de conservation se réfère à plusieurs pratiques qui permettent la gestion du sol pour des utilisations agraires altérant au minimum sa composition, sa structure et sa biodiversité naturelle et le préservant de l'érosion et de la dégradation (**FAO, 2006 in Hobbs, 2007**). Cela implique le semis direct, les techniques culturales simplifiées ou labour de conservation, la non-incorporation des résidus de récolte et les couverts végétaux ou engrais verts. Les techniques de labour de conservation comprennent un gradient continu, allant de la réduction du nombre d'outils aratoires jusqu'à l'élimination complète de toute action mécanique sur le sol (**Viaux, 1999**).

Le semis direct est une partie intégrante de l'agriculture de conservation que l'on peut définir comme un ensemble de pratiques qui visent : une bonne gestion des ressources édaphiques alternent au minimum la composition et la structure du sol et le préservant de la dégradation et de l'érosion (**Boual et al., 2007**).

Le semis direct est un travail minimum du sol sans retournement effectué sur un couvert de résidus en surface. Le non travail du sol est principalement utilisé comme un moyen de protéger les sols contre l'érosion et le compactage, à conserver l'humidité et de réduire les coûts de production (**Mrabet, 2006**).

Le système de labour simplifié du sol comprend un gradient continu allant de la réduction du nombre de d'outils aratoires jusqu'à l'élimination complète de toute action mécanique sur le sol (**Campy, 2003**). Il s'agit surtout de l'utilisation d'outils à dents ou à lames (**Mrabet, 2001a**). La situation extrême est le zéro-labour ou semis direct (**Viaux, 1999**).

La notion du semis direct désigne une technique culturale simplifiée basée sur l'introduction directe de la graine dans le sol. C'est une technique admise comme une technique conservatrice du sol et la stabilisatrice des rendements (**Angar et al., 2010**).

Dans le système de semis direct, les opérations culturales se limitent à l'ensemencement de la culture. Un seul passage du semoir dépose les semences et les engrais dans le sol. Les

résidus de culture demeurent à la surface du sol, assurant ainsi une protection contre l'érosion. (Mrabet, 2001a)

Le semis direct est basé sur quatre principes (Mrabet, 2001a) :

- La suppression totale du travail du sol y compris le labour;
- La couverture permanente du sol par des résidus de récolte;
- Le semis avec des semoirs spéciaux à travers cette couverture de résidus;
- Contrôler les mauvaises herbes sans perturbation du sol

Il faut également savoir que l'utilisation du semis direct doit tenir compte de la gestion des fertilisants, de la rotation et de la lutte contre les adventices (Boulal et al., 2007).

Le semis est une étape cruciale dans un système de semis direct. En effet, le semoir est alors l'unique outil de travail de sol, toutes les autres opérations reliées au travail du sol étant omises et économisées (Harvey, 2005).

1.1.2-Le semis direct et ses variantes

Les méthodes culturales de conservation comprennent **sans labour (no-till)**, **semis en bande (strip-till)**, **billonnage** ou en **crête (ridge-till)** et **de pailis de semis (Mulch-till)**. Chaque méthode nécessite différents types d'équipements spécialisés ou modifiés et des adaptations en matière de gestion ; le choix de l'une ou l'autre sera déterminé par la culture à ensemercer; le type et la quantité de résidus et la texture et les conditions du sol.

1.1.2.1-Semis direct sans travail du sol (no-till):

Cette méthode consiste de semis directement sur des sols non préparés, dans les résidus (sans labour). Sa gestion dépend de la capacité du semoir à maintenir une profondeur de semis adéquate malgré les variations des conditions de sol et des quantités de résidus (Massicotte et al., 2000).

Cette technique est appliquée dans le cas des céréales et le soja, principalement sur les sols sableux et limoneux avec une quantité modérée de résidus mais déconseillée sur les sols argileux (limono-argileux et argileux), elle peut aussi convenir pour le semis direct de maïs sur un précédent soya en sol léger (Massicotte et al., 2000).

1.1.2.2-Semis direct avec travail du sol en bandes lors du semis (strip-till)

Dans cette technique consiste à travaillé à l'aide de divers accessoire, d'étroites bandes de sol sont labourées avec le reste du champ en friche (**Massicotte et al., 2000**).

En présence de conditions difficiles (sol massif, abondance de résidus), cette technique favorise le maintien d'une profondeur de semis plus uniforme et un contact sol-semence plus adéquat (**Massicotte et al., 2000**). Le travail en bandes est une avenue intéressante pour la culture de Maïs.

1.1.2.3-Semis direct avec travail du sol (Billonnage) (ridge-till)

Une autre approche est celle qui consiste à planter les cultures en rangs sur les crêtes permanente environ 10 à 15 cm de haut. Les sols sont travaillés sur des bandes étroites l'automne précédent ou au printemps, quelques jours avant le semis (**Massicotte et al., 2000**).

Elle ne s'applique qu'aux cultures semées en rangs à grand espacement. Les résidus de la récolte précédente sont effacés hors crête sommets adjacents dans des sillons pour faire place à la nouvelle récolte plantée sur les crêtes. Le maintien des crêtes est indispensable et nécessite.

Cette méthode favorise un réchauffement et un assèchement plus rapide du sol, mais nécessite un passage de plus que les deux autres approches (**Massicotte et al., 2000**).

1.1.2.4-Paillis de semis (Mulch-till)

C'est un autre système de travail du sol réduit qui laisse au moins un tiers de la surface du sol couverte de résidus de récolte.

1.1.3-Historique du semis direct

1.1.3.1-Evolution du semis direct à l'échelle mondiale

Les labours simplifiés, dits aussi de conservation, ont été pratiqués en Mésopotamie, dans la vallée et le delta du Nil en Egypte et en Amérique du Sud par les agriculteurs indigènes pendant des milliers d'années (**Mrabet, 2001a**). Ils datent des temps de la révolution néolithique (6500 ans). Les fermiers se servaient seulement d'une branche pour creuser le sol, y mettaient la graine puis la couvraient par la terre (**Mrabet, 2001a ; Derpsch, 1998 cité par Triplett et al., 2008**).

La version moderne de cette forme de semis est apparue dans les années 1980 après avoir été longuement testés en Amérique du nord sur les sols vulnérables qui avaient subi de graves problèmes d'érosion suite aux tempêtes de poussières des années 1920-1930 (DUST BOWL). Elle consiste au moment du semis à respecter le plus possible la vie des sols.

Aux Etats-Unis, les années 1930 sont marquées par une crise économique et agricole majeure (**Carof, 2006**). Dans les Grandes Plaines, une mauvaise gestion agricole du sol, un travail du sol profond et répété, concomitante à des épisodes de sécheresse entraîne des pertes de terres cultivées par érosion éolienne (**Hobbs, 2007 ; Carof, 2006**). Dès 1935, les pouvoirs publics prennent conscience de certains effets néfastes du labour et déclarent que l'érosion est une menace nationale (**Masutti, 2004 cité par Carof, 2006**). Parmi les solutions proposées émerge une technique culturale qui consiste à travailler le sol superficiellement pour y maintenir des résidus de récolte pendant la période d'inter-culture.

L'expérience nord-américaine s'étend hors des frontières du pays. La technique élaborée aux Etats-Unis se répand au Canada et surtout au Brésil qui connaît à la fin des années 1960 d'importants problèmes d'érosion hydrique (**Bernoux et al., 2006 cité par carof, 2006**).

Selon **Mrabet, (2006)**, le non travail est pratiqué avec succès sur environ 90 millions d'hectares à travers le monde, mais particulièrement dans le Nord et le Sud de l'Amérique et le système de blé-riz dans le Sud de l'Asie.

Malgré le fait que les États-Unis ont la plus grande surface cultivée sous semis direct, il est intéressant de noter que dans ce pays seulement 21% est conduit en semis direct de toutes la surface cultivée. Au Brésil, environ 50%, en Argentine 55%, et au Paraguay 60% de tous les surfaces cultivée (**Mrabet, 2006**). Le non travail représente environ 3,6% dans la reste du monde, y compris en Europe, en Afrique et en Asie (**Mrabet, 2006**). En dépit de longue durée de recherche dans cette partie du monde, non-labour n'a eu que de faibles taux d'adoption. Le semis direct en Europe à ce moment est peu développé (estimé à <1% à 2% de ses terres agricoles). Actuellement, la France et l'Espagne sont les deux pays en Europe où ces techniques sont le plus pratiqué (**Derpsch, 2005 cité par Mrabet, 2006**).

En Afrique, **Benites et al., (1998) et Steiner (1998) in Mrabet et al., (2001b)**, le semis direct est déjà pratiqué dans plusieurs pays africains (Angola, Bénin, Kenya, Mozambique, Niger, Afrique du sud, Tanzanie, Zambie et Zimbabwe) **Benites et al., (1998) et Steiner (1998)**

in **Mrabet et al., (2001b)**. Particulièrement, au Ghana, 30 000 hectares sont semés sans labour (**Derpsch, 2001 cité par Mrabet et al., 2001b**).

Le Maroc précurseur du semis direct au Maghreb, a commencé à porter un intérêt à cette pratique au début des années 80. De son côté, la Tunisie entamait ses premiers essais en 1999 (**Mrabet, 2001a ; Ben Salem et al., 2006**)

La construction de semoirs adaptés accélère l'essor de l'agriculture de conservation. En 2000, plus de 35 % de la sole nationale est cultivée selon les principes de cette agriculture (**Magleby, 2002 cité par Carof, 2006**).

Les travaux de recherche et de développement sur l'agriculture de conservation et plus particulièrement sur le semis direct en Algérie sont très limités, en effet comparativement au Maroc et à la Tunisie où ce système a été testé et où les superficies réservées à ce système ne cessent de s'accroître. L'Algérie, n'a démarré des études sur le système du semis direct que depuis 2004 (**Zaghouane et al., 2006**).

1.1.3.2-Développement du semis direct en Algérie

Les travaux de recherche et de développement sur l'agriculture de conservation (AC), les techniques culturales simplifiées (TCS) et plus particulièrement sur le semis direct (SD) en Algérie sont très limités (**Zaghouane et al., 2006**), les études sur le semis direct n'ont entamé que depuis 2004.

Les premiers résultats encouragent ceux obtenus par ailleurs dans le bassin méditerranéen. En effet, **Mahdi (2004)**, a pu montrer chez une culture de blé dur sous pivot dans le sud que le système du semis direct est plus rentable que le semis conventionnel, tant au niveau de conservation du sol que sur celui de l'économie des charges et de l'énergie, ainsi que pour le rendement.

Tableau n°1 : Résultats de l'effet du semis direct et du semis conventionnel sous pivot sur une céréale en zone sud d'Algérie (**Mahdi, 2004**)

Technique	Temps de travail (sols + semis) (heure/ha)	Poids de 1000 grains (g)	Rendements (q/ha)
Semis direct	0,8	62,94	72,9
Semis conventionnel	1,6	58,16	63,0

Cette tendance est confirmée par **Brama (2004)** dans une étude sur la luzerne (*Médicago sativa* L) en conditions pluviales, qui conclue que le caractère économique du système du semis direct est largement plus avantageux en comparaison avec le semis conventionnel.

Une autre étude a démarré en 2004, en zone pluviale, a permis de mettre en évidence que le système du semis direct dans une culture de blé dur favorise le parasitisme (**Abdellaoui et al., 2006**).

En parlant de l'acceptation, l'agriculture de conservation est chose nouvelle en Algérie, parce qu'elle est qualitativement différente du semis conventionnel.

Les résultats issus des études sur l'agriculture de conservations (AC), le semis direct (SD) et les techniques culturales simplifiées (TCS) entrepris par les étudiants de l'INA (Institut national d'agronomie). Ceux obtenus à travers le monde et en Afrique du Nord sont très encourageants (**Zaghouane et al., 2006**).

Suite aux deux ateliers organisés à l'ITMA de Sétif du 08 au 10 Juin 2009 et du 13 au 18 Octobre 2010, un programme pilote a été élaboré par une vingtaine de wilayas, en collaboration avec les cadres des wilayas concerné (tableau 2 et 3).

Par ailleurs, l'association « trait d'union » de Sétif, active avec l'ITGC, pour introduire l'agriculture de conservation et voir son effet sur la préservation et la durabilité des ressources naturelles (eau et sol) depuis la campagne 2008-2009.

Tableau n° 2 : Bilan du projet pilote sur l'Agriculture de conservation campagne 2009/2010) (ITGC Alger).

Wilayas	Cultures	Réalisation (ha)		
		SD	TCS	total
Sétif	Céréale, Lentille et Pois chiche	103	37	140
Constantine	Céréale	179	275	454
Mila	Céréale	10	5	15
Ain Timouchent	Céréale, Pois chiche	6	0	6
Sidi Bell Abbes	Céréale	0	8	8
Bourdj Bou Arréridj	Blé dur	80	0	80
Oum El-Bouaghi	Céréale	800	0	800
Tiaret	Blé dur	20	0	20
Total (ha)		1198	325	1523

Tableau n° 3 : Bilan du projet pilote sur l'Agriculture de conservation campagne 2010/2011) (ITGC Alger).

Wilayas	Cultures	Réalisation (ha)		
		SD	TCS	total
Khenchela	Blé dur	38	0	38
	Orge	14	0	14
Saida	Blé tendre	8	0	8
Guelma	Blé dur	38	20	58
	Blé tendre	45	380	425
	Lentille	5	30	35
M'sila	Blé dur	7,5	0	7,5
	Orge	9	0	9
El Bayadh	Blé dur	2	0	2
	Orge	9	0	9
Djelfa	Blé dur	3,1	0	3,1
	Orge	7,6	0	7,6
Laghouat	Blé dur	5	0	5
Tiaret	Blé tendre	20	0	20
Mila	Lentille	15	0	15
	Blé dur	16	0	16
	Blé tendre	10	0	10
Sétif	Blé dur	200	56	256
	Blé tendre	43	0	43
	Orge	15	67	82
	Avoine	0	20	20
	Lentille	101,5	18	119,5
	Pois chiche	12	0	12
	Triticale	0	30	30
	Vesce	41	0	41
	Vesce avoine	29	0	29
	Avoine fourrager	17	0	17
	Pois fourrager	13	0	13
Oum El-Bouaghi	Blé dur	173	295	468
	Blé tendre	92	250	342
	Orge	160	2109	2269
	Fourrage	15	11	26
Constantine	Céréales	569	540	1109
Total (ha)		1732,7	3826	5558,7

L'évaluation quantitative de la production dans ce mode d'agriculture fait ressortir pour le semis direct SD, un rendement de 21qx/ha pour les céréales et 22qx/ha pour les légumes secs. Ce qui représente, comparativement, avec le semis conventionnel une évolution de rendement de 2qx /ha et 3qx /ha respectivement.

1.1.4-Matériels et équipement du semis direct

Pour réussir la conduite du semis direct, il est nécessaire de disposer d'outils spécifiques. Le semis est réalisé à l'aide d'un semoir spécial qui peut semer et déposer les engrais dans un sol non perturbé et couvert de résidus de récolte. (Mrabet, 2001a).

Un semoir direct est composé de trois types d'organes : Organes ouvreurs (coutres) ; organes semeurs et roues tasseuses.

Plusieurs types de semoirs existent. Ils sont classés selon l'organe semeur, en deux catégories semoir à disque ou semoir à soc,

D'après **Bourarach et al., (1998) cité par Mrabet, (2001a)** le semoir à soc est le plus conseillé. Ainsi, pour les conditions semi-arides nord-africaines où les sols au moment du semis sont secs, le semoir semis direct à soc permet à la fois de creuser un sillon et d'y déposer les semences à des profondeurs opportunes. Des roues de tassement servent à remplir le sillon, assurer un bon contact semence-sol et contrôler la profondeur de semis. En effet, la précision de placement de la semence et de l'engrais est la clé du succès. (**Mrabet et al., 2001a**). L'organe ouvreur ou coutre est essentiel pour éviter le bourrage des organes semeurs et réaliser des semis aux profondeurs appropriés (**Mrabet, 2001a**). Les roues tasseuses ont pour rôles de couvrir le sillon et améliorer le contact sol-grains.

Dans la classe des semoirs directs on distingue :

- les semoirs pour le semis en ligne, destinés aux spéculations courantes, ces semoirs peuvent être équipés par deux trémies (une trémie principale et une trémie pour petite graine).
- les semoirs de précision, où la distribution peut être mécanique ou pneumatique.

Les caractéristiques les plus recherchées dans un semoir direct sont :

- la polyvalence et la précision (large gamme dose, vitesse de travail, uniformité de distribution) ;
- la capacité d'application d'une grande pression sur les organes ouvreurs, dans les différentes conditions de sol et présence de résidus végétaux, c'est pour cette raison que le poids du semoir revêt une grande importance ;
- la faculté d'assurer un bon contact entre la semence et le sol.

1.1.5-Avantages et contrainte du semis direct :

1.1.5.1-Avantages du semis direct

1.1.5.1.1-Le semis direct réduit le coût de production

En semis conventionnel, les interventions de préparation du sol demandent des intrants considérablement plus élevés en investissements, entretien, carburant et en temps de travail comparé en semis direct (**Mrabet, 2001a, Lahmar et al., 2010 ; Bourarach, 1989**

cité par Mrabet 2001b). Le non labour ne demande qu'un passage pour le semis comparé à une ou plusieurs façons culturales en plus du semis traditionnel.

Les avantages d'adoption du système semis direct font plus que compenser le supplément de coût de la protection des cultures. Les succès du semis direct se manifestent par une augmentation de la surface exploitée, une suppression des coûts des labours et des façons superficielles, et une économie du temps du carburant, de la main d'œuvre et des charges d'équipements (**Mrabet, 2001a ; Brama, 2004 ; Zaghouane et al., 2006**).

1.1.5.1.1-Le semis direct améliore la qualité des sols

Les études et les essais réalisés sur le semis direct depuis l'adoption de ce système, ont montré que certaines caractéristiques physique et chimique des sols non travaillés et couvert de résidus sont modifiées (**Boulal et al., 2007**). La structure, la teneur en matière organique, l'humidité et le pH sont les propriétés du sol affectées par le semis direct ; plus particulièrement au niveau de surface (**Mrabet, et al., 2001a; Saber et al., 2002; Bessam et al., 2003; Ozpinar et al., 2006; Abdellaoui et al., 2010**) .

Ibno namr et al., (2004) et **Mrabet (2001a)** jugent que le semis direct permet, en plus d'une production de bonne qualité due à des conditions favorables au moment du remplissage des grains de céréales. (**Mrabet, 2001b**), une augmentation du taux de matière organique du sol. En semis direct, il n'y a pas de travail du sol en profondeur donc l'activité biologique du sol n'est pas perturbée. De plus, les résidus de culture sont une nouvelle source de matière organique à la surface du sol. Ce qui pourrait aider à conserver ou améliorer la structure du sol (**Hajabbasi et al., 2000**).

L'enrichissement en matière organique à la surface des sols permet une accumulation d'azote et de carbone en comparaison aux systèmes conventionnels (**Bessam et al., 2003 ; Angar et al., 2010 ; Boudabbous et al., 2010**) . Avec le temps le pH subi également une baisse sur la couche superficielle non travaillée, cette dés-alcalinisation serait due aux taux de séquestration de la matière organique sous le semis direct (**Mrabet, 2001b**). De plus le semis direct permet une conservation de l'eau du sol supérieure par rapport aux autres types de travaux du sol (**Boulal et al., 2007 ; Abdellaoui et al., 2010**).

Les débris végétaux protègent les agrégats de surface de l'impact des fortes pluies, ce qui limite le phénomène de battance. La couverture du sol par les résidus de culture, l'accumulation

de matière organique dans les premiers centimètres du sol et l'augmentation de la cohésion du sol sont favorables à la lutte contre l'érosion hydrique (**Nouira et al., 2007**).

En effet, le travail mécanique du sol est remplacé par l'activité biologique des plantes. La couverture du sol par les résidus de la culture précédente sert de protection et maintient l'humidité nécessaire aux semis. Les racines des plantes empêchent le sol de se compacter, permettant ainsi à l'eau et à l'air de circuler plus facilement (**Mrabet, 2001b**).

1.1.5.1.3-Le semis direct préserve l'environnement

Le semis direct préserve l'environnement en réduisant les pertes de sol et d'éléments nutritifs. Le non-labour est le moyen privilégié pour lutter contre l'érosion hydrique et éolienne. En effet, la couverture en résidus végétaux contrôle les pertes en eau par ruissellement et par le vent (**De Tourdennet et al., 2007**).

Le semis direct permet une prévention de la pollution des nappes phréatiques, des cours d'eau et des barrages par rétention des nitrates et des pesticides et par diminution de la charge solide des ruissellements (**Mrabet, 2001b**).

Les sols deviennent comme un réservoir de carbone et par conséquent le semis direct contribue à la réduction des émissions de gaz carbonique et l'effet de serre (**Mrabet, 2006**).

Sous semis direct il y a une reconstitution des sols dégradés par le travail mécanisé.

Généralement, ce système est qualifié comme un système écologique et l'agriculture en semis direct est une agriculture durable doublement verte, associant la production et la préservation de l'environnement (**Mrabet, 2001b**).

1.1.5.1.4-Le système de semis direct donne plus de rendement

Les travaux de recherche entamés sur plusieurs années au Maroc ont montré que les performances de rendements réalisées en semis direct étaient les meilleurs. Ainsi, au niveau des zones semi arides marocaines, des essais en station expérimentales ont confirmé la supériorité des rendements en grain réalisés en semis direct par rapport à ceux des labours conventionnels (**Mrabet, 2000 ; ElBrahli et al., 2009**).

D'autres résultats en Tunisie ont dévoilé que le semis direct réduit considérablement le rendement du blé par rapport à la méthode conventionnelle, en condition semi-arides avec des

pluviométries annuelles de 220 mm (**M'Hedhbi, 1995**) et 350 mm (**Bouhejba, 1997**). En Algérie, **D'bichi et al., (2005)** confirment la réduction du rendement du blé par l'application du semis direct.

Alors qu'à Sétif au niveau de la station de l'ITGC (Institut technique des grandes cultures), les résultats de recherche montrent que les rendements du blé dur sous semis direct sont plus performants que ceux obtenus sous semis conventionnel.

Boulal et al., (2007) indiquent que les résultats doivent être pris avec précaution, car les effets positifs du semis direct sur une parcelle n'apparaissent qu'après plusieurs années de sa pratique.

1.1.5.2-Contraintes du semis direct

Une difficulté de gérer les adventices, qui justifie souvent l'usage d'un désherbant total (glyphosate) (**Labreuche et al., 2007**), avec le risque de provoquer à long terme des résistances à ce produit chez certaines mauvaises herbes. Le premier cas de résistance à cet herbicide est aujourd'hui avéré (*Lolium rigidum*) (**Delabays, 1998**).

Par ailleurs, la suppression du travail du sol exige une gestion spécifique de la rotation (**Boulal et al., 2007**).

En absence de travail du sol, une grande quantité de résidus s'accumule en surface et le sol peut être plus froid et la croissance de la plante cultivée devient initialement plus lente (**Aibar, 2006**).

Les températures plus fraîches et la plus grande humidité du sol qui vont de paire avec le labour de conservation peuvent augmenter l'incidence de maladies causées par des champignons du sol (**Aiber, 2006**).

1.1.6- Les conditions de réussite du semis direct

Les conditions du succès du non travail du sol sont réunies, lorsque le sol est perméable et bien nivelé ; les sols tassés et saturés d'eau sont à éviter. Comme le sol n'est pas ou que très légèrement travaillé avec les techniques de semis sans labour, les inégalités topographiques restent et rendent le travail plus difficile, ils doivent être corrigées si possible avant le premier semis sans labour (**Anonyme, 2007**).

1.1.6.1- Choix et conduite des cultures

Le semis direct est un nouveau système d'exploitation du milieu. Il faut l'intégrer dans des systèmes de culture qui permettent d'optimiser la gestion des ressources naturelles et l'ensemble des facteurs de production dans les exploitations (**Mrabet, 2001b**).

Les modalités de mise en œuvre du semis direct sont très diverses, et dépendent en premier lieu des conditions climatiques de la zone concernée. Plus la pluviométrie est importante, plus les modalités sont nombreuses et diversifiées. En plus, au cours du temps, beaucoup de modifications ont eu lieu pour réussir au maximum l'adaptation du semis direct (**Mrabet, 2001c**). Ceci a permis de développer différents systèmes de semis direct selon les exigences agricoles et édaphiques. A cause de ces développements, le semis direct a été réussi dans plusieurs cultures. D'abord appliqué au maïs (*Zea mays* L.), le semis direct avec conservation de résidus gagne d'autres cultures, à commencer par le soja (*Glycine max*) et les céréales à petites graines (blé d'hiver, orge, blé tendre...), puis le cotonnier (*Gossypium hirsutum* L.) (**Triplett et al., 2008**), le sorgho, le tabac, les légumes et l'arachide et les cultures d'hiver (le trèfle, vesce, et seigle) (**Mrabet, 2001b**) et la citrouille (**Groff, 2011**).

1.1.6.2- Entretien des cultures

Le non travail désigne aussi le maintien des résidus à la surface du sol, ce qui probablement engendre plus de maladies, surtout des racines. En effet, le sol est plus froid et plus humide et les débris végétaux sont des sources de spores et autres formes de disséminations de maladies (**Mrabet, 2001a**).

Toutefois, la pratique de la rotation, jumelée à des lutte préventives contre ces maladies et l'utilisation de semences saines et traitées, diminue les risques d'attaques, avec le temps, l'activité biologique s'intensifie, l'aération du sol et les conditions hydriques et physiques s'améliorent, rendent le sol un milieu défavorable et résistant au développement des maladies.

1.1.6.3- La gestion des résidus

Les résidus des cultures sont les parties des plantes qui demeurent sur le sol après la récolte, le semis direct permet de garder une plus grande quantité de résidus sur le sol qui se trouve ainsi protégé. Cette couverture permanente du sol contribue au maintien et à l'augmentation du niveau de matière organique du sol (**Hajabbasiet al., 2000 ; Bessam et al., 2003**), à la rétention de l'eau dans le sol (**Fellahi et al., 2010**), à la réduction de l'érosion

hydrique et éolienne (**Escribano, 2006**), et à la limitation des transferts hydrique et thermique entre le sol et le milieu extérieur (**Boulal et al., 2007**).

La gestion des résidus est primordiale pour la réussite du semis direct. L'interaction entre la vigueur de la plante et la qualité de la gestion des résidus est la clé de la réussite de l'installation des cultures (**Mrabet, 2001b**). Un niveau élevé de résidus en surface peut causer des levées réduites et un début d'enracinement faible. La protection de la surface du sol contre les agents climatiques (pluie, vent, température et radiation) n'est assurée que par un niveau convenable de paillis en surface. Ainsi, on ne peut prétendre introduire le semis direct tout en exportant la totalité des résidus de récolte.

1.1.6.4- Contrôle des adventices sous semis direct

Le système non labour ne peut être durable que par la maîtrise de la propagation des mauvaises herbes (**El-Brahli et al., 1997**). Inversement, au travail du sol qui ramène les grains des mauvaises herbes enfouies en surface, le semis direct épuise rapidement le stock semencier de ces espèces. Rares sont les apparitions soudaines et tardives des adventices car aucun travail du sol ne ramène les graines à la surface (**Mrabet, 2001a**).

Un contrôle des adventices est néanmoins important au cours des premières années de transition. Au cours de cette période, le taux d'infestation floristique et la levée des graminées annuelles ont tendance à augmenter (**El-Brahli et Mrabet, 2000**). Pour cette raison, il faut essayer d'envisager une démarche efficace pour la lutte contre les mauvaises herbes par la prévention, la compétitivité des cultures, la rotation des cultures et un désherbage chimique. Il est conseillé d'appliquer des herbicides résiduels à action foliaire et racinaire qui sont relativement peu coûteux, tels que les herbicides anti-dicotylédones qui permettent un contrôle adéquat des mauvaises herbes. En effet, ces herbicides sont caractérisés par leur rémanence dans le sol et leur large spectre d'action (**El-Brahli et Mrabet, 2000**).

1.1.6.5- La rotation des cultures

Le semis direct doit être considéré comme un système et non pas comme une simple méthode de préparation du terrain. Pour que ce système soit efficace, il faut introduire la rotation des cultures, c'est-à-dire l'utilisation dans le temps et dans l'espace d'une séquence de cultures (**Mrabet, 2001**). La rotation des cultures est fondamentale pour la durabilité des systèmes de semis direct.

La gestion de la rotation prend une grande ampleur. La comparaison de plusieurs types de rotation en cas de semis direct a montré que la jachère chimique constitue le meilleur précédent pour les céréales en semis direct dans les zones pluviales. En effet, la pratique de ce type de rotation en cas de semis direct permet de stocker plus d'eau au niveau du sol par rapport aux autres rotations. En fait, ce type de précédent pour les céréales, accompagnant le semis direct, devient évident dans les zones semi-arides (**Boulal et al., 2007**).

1.2 Association des cultures végétales

1.2.1-Définition des cultures associées

Selon **Andrews et Kassam (1976)** cité par **Anonyme, (2009)** et **Vandermeer, 1989** cité par **Carof, 2006**, l'**association végétale** ou **cultures associées** ou l'**association culturale** est un système qui consiste à cultiver deux (ou plusieurs) espèces végétales ou variétés en même temps, sur la même parcelle.

Le principe des cultures associées repose sur l'association de deux cultures qui vont cohabiter dans la même parcelle (**Labreuche et al., 2007**).

1.2.2-Les types de cultures associées :

L'utilisation de ce système dans l'agriculture moderne et performante est devenue primordiale. Son amélioration demeure impérative pour répondre aux exigences de l'agriculture biologique, compte tenu de ses intérêts en termes de fertilisation azotée et de lutte contre les maladies, les ravageurs ou les adventices.

On distingue plusieurs types de culture associées, la plus simple consiste à cultiver en même temps deux cultures d'une même espèce végétale (Le semis et la récolte sont simultanés).

Aussi, la culture de deux ou plusieurs espèces végétales semées en même temps ou différées mais récoltées en même temps (cas de l'association d'une céréale et d'une légumineuse).

On peut également distinguer, des cultures annuelles associées aux cultures pérennes, c'est le cas de culture sous couvert végétal permanent.

Il existe aussi certaines associations comprennent une espèce auxiliaire mais qui ne sera pas récoltée

1.2.2.1- L'association variétale

Ce type d'association consiste à cultiver plusieurs variétés d'une même espèce sur une même parcelle, le semis est réalisé soit en mélange, soit en rang alterné, afin de combiner les différentes résistances des variétés vis-à-vis aux maladies.

1.2.2.2- L'association d'espèces

Ce couplage permet une certaine synergie entre deux ou plusieurs cultures. Citons à titre d'exemple l'association d'une légumineuse avec une céréale (luzerne /blé, pois protéagineux/ blé ou orge), qui permet à la céréale de bénéficier de l'apport d'azote de la légumineuse, tandis que la céréale fournit un effet barrière à la légumineuse vis-à-vis des contaminations secondaire.

1.2.2.3-Association avec des cultures pérennes ou semis sous couvert végétal

Les associations avec des cultures pérennes ou semis sous couvert végétal (**SCV**) sont des systèmes de culture dans lesquels la culture commerciale est semée directement dans un couvert végétal qui occupe le champ cultivé en permanence. Dans les SCV avec un couvert végétal vivant, la culture commerciale est associée à une espèce végétale pérenne pendant son cycle de croissance et de développement.

Après la récolte de la culture commerciale, la plante de couverture reste toujours vivante et occupe le sol du champ récolté jusqu'au semis de la culture suivante (**De Tourdonnet, 2008**).

Le semis sous couvert végétal présente plusieurs avantages (AFD, 2006):

➤ Avantages environnementaux :

Les SCV s'inspirent du mode de fonctionnement d'un écosystème forestier, en produisant une litière à la surface du sol, contribuant ainsi à :

- Une protection des sols et régénération de leur fertilité par la prévention de l'érosion ;
- Une séquestration du carbone efficace et importante (entre 1 et 3 t/ha/an) ;
- Une réduction de la consommation d'eau pour la production agricole ;
- Une réduction des doses d'engrais et de pesticides, diminuant leur impact sur la pollution des nappes phréatiques et améliorant la qualité et la sécurité alimentaire ;
- Une meilleure infiltration des flux d'eau et une réduction des risques d'inondation ;
- Le maintien, voire distinction de la biodiversité contrairement à un système basé sur la monoculture ;

➤ **Avantages agronomiques :**

La couverture végétale permanente du sol, en produisant une importante biomasse et grâce aux plantes utilisées munies d'un système racinaire puissant, permet :

- La création d'un environnement favorable au développement d'une activité biologique intense dans le sol ;
- L'augmentation du taux de matière organique dans le sol ;
- La fourniture des éléments nutritifs nécessaires aux plantes cultivées et le recyclage de ceux lessivés rendus alors accessibles aux cultures ;
- La conservation de l'eau du sol grâce à une meilleure infiltration, une évaporation réduite du fait de la protection du sol contre les fortes températures, une meilleure capacité de rétention en eau et l'utilisation de l'eau profonde du sol ;
- L'amélioration de la structure du sol en surface et en profondeur ;
- Le contrôle des adventices et des maladies des plantes ;
- L'augmentation de la productivité des cultures (quantité de produit formée par unité de volume et unité de temps) ;
- La diminution de l'impact des aléas climatiques (notamment pluviométrie).

➤ **Avantages économiques :**

- Allègement des temps des travaux et de leur pénibilité ;
- Une demande en main d'œuvre réduite ;
- Réduction des coûts et dépenses en carburants, en intrants (engrais, pesticides) et de l'acquisition, utilisation et entretien des équipements (tracteurs par exemple) ;
- Des productions agricoles diversifiées : l'association avec l'élevage est possible car les plantes de couverture peuvent être d'excellents fourrages ;
- Des niveaux de production comparables, voire supérieurs, à ceux de l'agriculture intensive moderne pour des coûts et dépenses minimisés.

1.2.2.4-Association avec une plante auxiliaire

Un système de culture dans lequel la culture auxiliaire est semée entre les rangs de la culture dite principale.

Généralement, les cultures auxiliaires sont des plantes à fleurs qui peuvent constituer des réservoirs de biodiversité. En effet, des parasitoïdes ou prédateurs des ravageurs des cultures peuvent y nicher et donc réduire la pression des ravageurs sur la culture principale (**Altieri, 1994 cité par Anonyme, 2009**). D'autres plantes attirent davantage les ravageurs que la culture principale et donc ces ravageurs ont une incidence et une virulence moindre sur la culture principale.

1.2.3- Intérêt de l'utilisation de cultures associées en semis direct

Le semis direct des cultures associées constituent une nouvelle approche de l'agriculture qui permet de s'affranchir du labour avec des effets à court-moyen terme sur l'arrêt de l'érosion, l'amélioration de la fertilité des sols et la stabilisation, voire l'augmentation des rendements, ainsi que la réduction de la consommation des carburants (**de Tourdonnet, 2008**).

C'est une innovation qui met en œuvre trois grands principes au niveau de la parcelle : pas de travail du sol, couverture végétale permanente du sol (vivante ou des résidus de récolte), des successions ou rotations culturales judicieuses en association avec des plantes de couverture.

II- MATERIEL ET METHODES

2.1-Situation géographique et caractéristiques pédoclimatique du site expérimental

L'expérimentation a eu lieu à la station de protection des végétaux (SRPV) d'Ain-Touta située à 30 km au sud de Batna. Le site se trouve à 909 m d'altitude.

La parcelle expérimentale est à sa première année de mise en culture après plus de 10 ans de jachère non travaillée.

Les précipitations moyenne annuelle sur les 20 dernières années (1989-2009) varient entre de 150 à 400 mm, avec une moyenne de 263,20 mm.

Le diagramme ombrothermique de cette période montre la présence d'une période sèche de la mi-mai à mi-Septembre. (Fig. n°1)

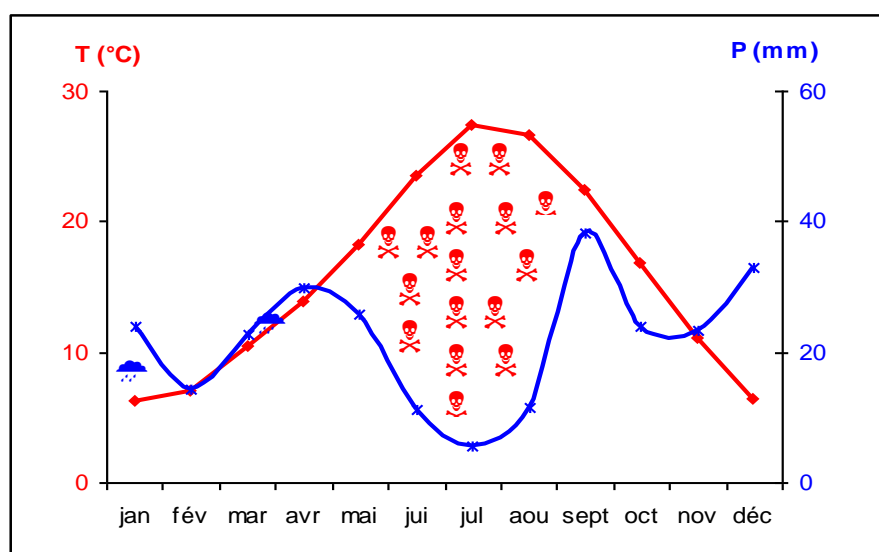


Fig. n ° 1: Diagramme de Gaussen, établi sur les moyennes des 20 dernières années (1989-2009) (Station SRPV Ain-Touta). (☔ Période humide, ☠ période sèche)

Les précipitations enregistrées au niveau du site (SRPV Ain-touta) au cours de l'année expérimentale (2009-2010) totalisent 397,50 mm. La température mensuelle moyenne maximale va de 37,4 (mois de juillet) à 9.86 (mois de Décembre).

Décembre, janvier et février sont les 3 mois les plus froids. Juin, juillet, Août et même septembre sont les plus chauds (Tableau n°4).

Tableau n° 4: Températures et précipitations moyennes mensuelles de la campagne d'essais 2009-2010 (station SRPV Ain-touta).

Mois	Température moyennes			Précipitation moyennes
	T _{max} (°C)	T _{min} (°C)	T _{moy} (°C)	P (mm)
Septembre	27,2	13,9	20,55	109
Octobre	23,3	8,5	15,9	21,8
Novembre	19,01	3,3	11,1	2,2
Décembre	9,86	0,78	5,32	39,3
Janvier	12,2	1,2	6,7	30,4
Février	13,8	1,9	7,85	61,6
Mars	16,5	4,1	10,3	48,6
Avril	21,8	7,4	14,6	28,5
Mai	24,5	8,1	16,3	21,7
Juin	32,06	15	23,53	31,6
Juillet	37,04	19,91	28,48	0,2
Août	35,88	18,79	27,34	2,6
Total				397,50

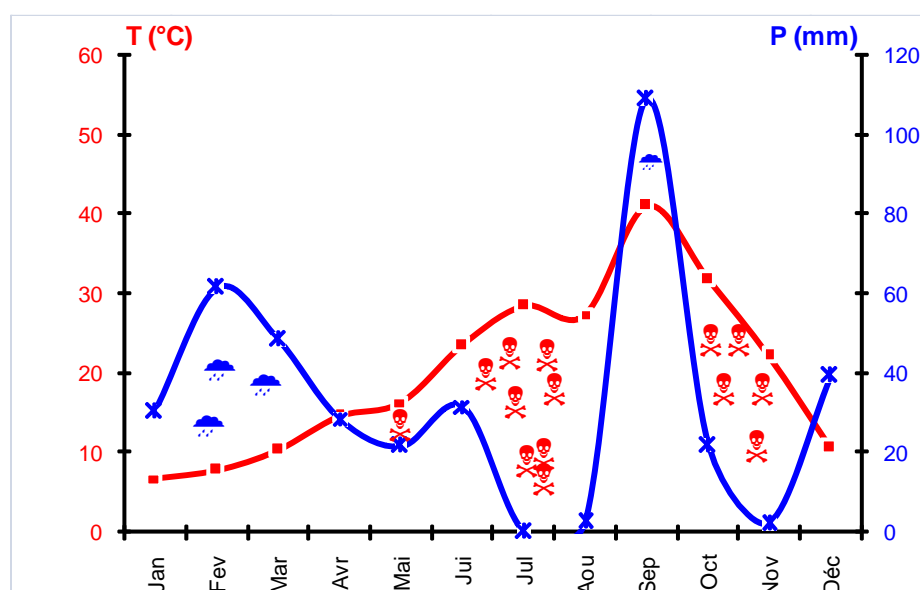


Fig. n°2 : Diagramme de Gaussen, pour l'année agricole 2009-2010 (Station SRPV Ain-Touta). (☁ Période humide, ☒ période sèche)

Le diagramme ombrothermique de Gaussen (Fig. n°2), indique que la campagne agricole 2009-2010 est particulièrement sèche, notamment au cours du cycle de la culture testée sauf entre la mi-décembre à la mi-mars.

Sur le plan pédologique, le sol de la parcelle d'essai est de texture limono-sableuse, avec un taux de matière organique de 2,1 %, une teneur en azote total de 0,2 %, un niveau élevé de phosphore assimilable (173,64 ppm) et de potassium (0,5%).

2.2-Matériel végétal

La variété de blé dur semée est « WAHA », en raison de sa bonne aptitude dans pour les régions semi-aride (**Abdellaoui, 2010**). La semence utilisée provient de la CCLS de Oum El-Bouagui.

La semence de la luzerne annuelle testée provient d'un commerçant de semences de Batna « *alfa alfa* ».

2.3-Méthodes

2.3.1- Conduite culturale

Un désherbage manuel est effectué avant le semis pour toute la grande parcelle. Aucun traitement chimique et apport d'engrais ne sont effectués.

Les grains du blé et de la luzerne annuelle sont mis en terre manuellement le même jour (19 janvier). La dose utilisée étant de 120 Kg / ha pour le blé et 05 Kg /ha pour la luzerne.

Au cours de développement de la culture, plusieurs opérations de désherbage manuel ont été effectuées.

Des arrosages sont réalisés périodiquement, quand la sécheresse est trop intense en vue de continuer les essais. L'apport supplémentaire d'irrigation est de 60 mm fractionné en plusieurs apports durant la période critique, 20mm au moi d'Avril et 40mm au moi de Mai avec des quantités égale car la quantité de précipitation de Janvier à Mars 2010 a enrichi le sol par 122,4mm et en Moi d'Avril de 28,5mm.

Pour éviter les dégâts des moineaux, des filets en tulle ont été installés sur les parties des parcelles destinées à la récolte de grains.

2.3.2- Dispositif expérimental

L'essai a été conduit en plein champ. Le dispositif adopté est celui des blocs complètement randomisés, avec quatre répétitions (Fig. n°3).

Les variantes de système de culture testées sont :

- Blé seul, semis direct (BSD),
- Blé seul, avec labour (BSL),
- Blé associé à la luzerne, semis direct (BLD),
- Blé associé à la luzerne, semé après labour (BLL).

Une parcelle élémentaire fait 2 m² (2m x 1 m) et comprend 5 lignes de blé seul ou associé en alternance avec la luzerne (Fig. n°4).

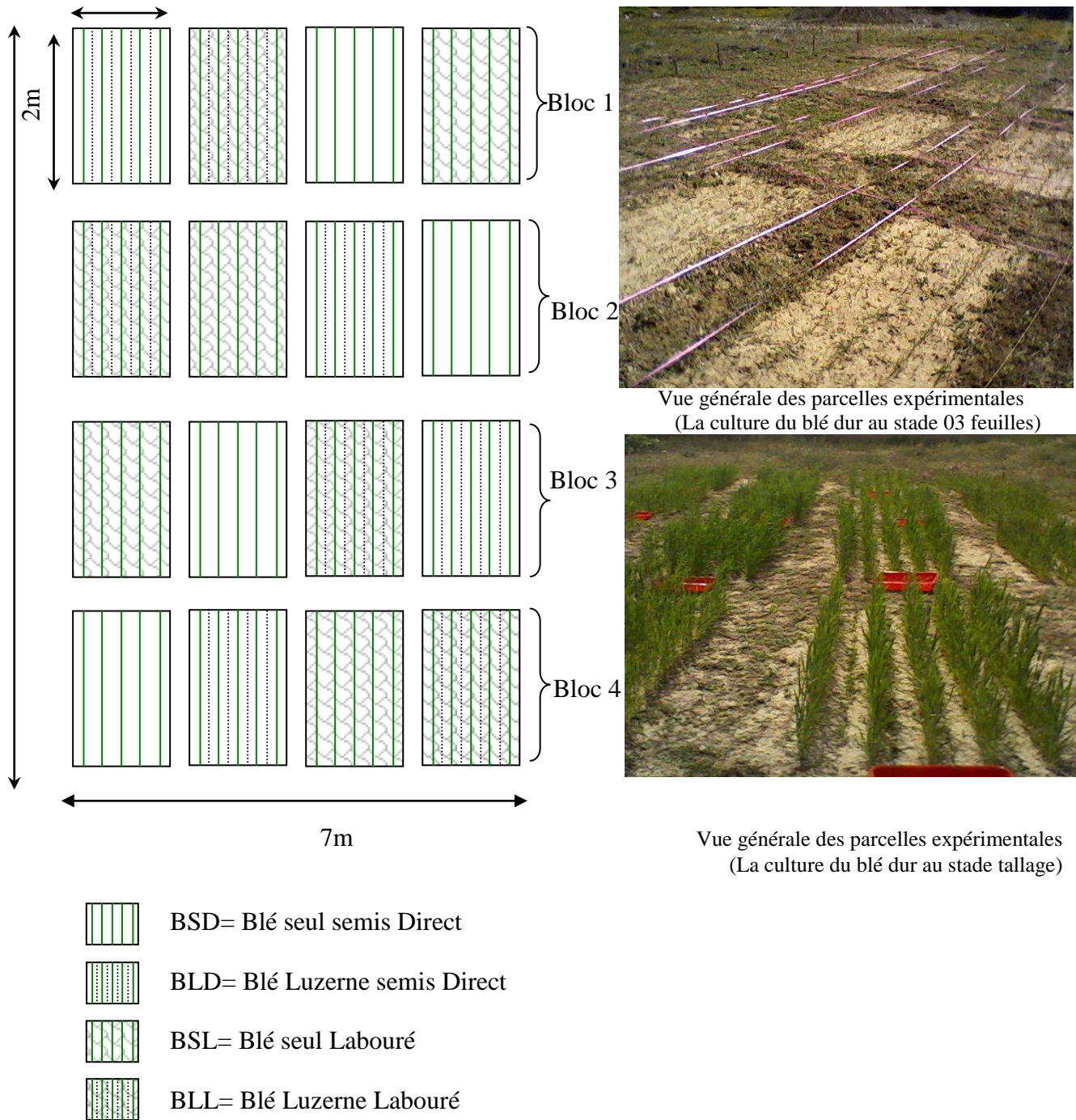
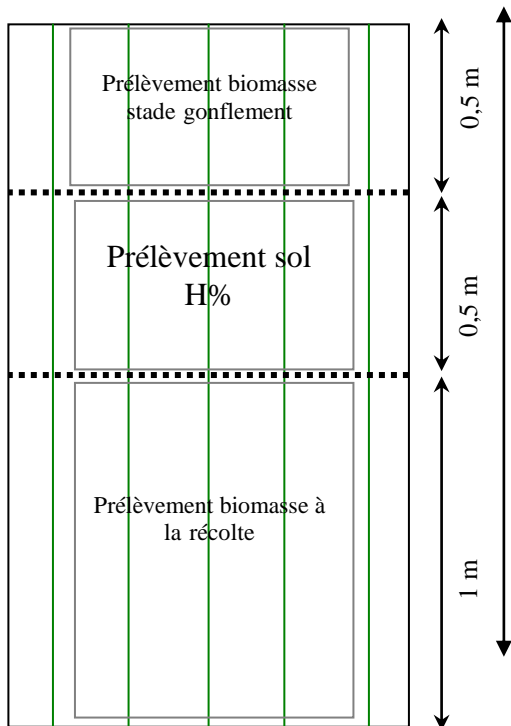


Fig. n° 3 : Schéma globale du dispositif expérimental



Vue d'une parcelle élémentaire montrant 5 lignes de blé dur (waha) au stade épisaison

Fig. n° 4 : Schéma détail d'une parcelle élémentaire

2.3.3- Paramètres du sol évalués

Les mesures des paramètres du sol des parcelles cultivées sont l'évolution de l'humidité du sol au cours du développement la culture blé, le niveau de matière organique et en élément NPK avant et après la culture.

2.3.3.1- Bilan hydrique :

L'évolution de la réserve en eau du sol est estimée sur les 30 premiers cm de profondeur, tous les 20 jours.

2.3.3.2-Bilan de matière organique du sol :

La matière organique joue un rôle essentiel dans le développement des végétaux ; elle contribue également à la stabilité structurale des sols et participe à la CEC (**Viaux, 1999**)

A fin de connaître l'effet de travail du sol sur le niveau de matière organique, des mesures sont effectuées entre 0-10 cm de profondeur sur les différents systèmes de cultures, en suivant la méthode ANNE.

2.3.3.3- Niveau du sol en éléments N.P.K

Pour déduire le taux d'exportation des éléments minéraux N, P et K du sol cultivé, des mesures sont effectuées entre 0-30 cm de profondeur sur les différents systèmes de cultures en suivant les méthodes Kjeldhal, Forey et Liber.

D'abord une analyse caractéristique effectuée avant la mise en culture pour connaître la réserve du sol en éléments N, P et K échangeable.

Ensuite une autre analyse de contrôle effectué à la récolte pour déterminer le niveau de disponibilité des éléments minéraux dans le sol.

Le taux d'exportation est déduit par le calcul. Il représente le pourcentage de la différence entre le niveau de la réserve en éléments minéraux avant la mise en culture est le niveau de leur disponibilité à la récolte.

2.3.4- Paramètres du végétal évalués

2.3.4.1- La hauteur du blé à la récolte

La hauteur du blé est mesurée au champ, du sol jusqu'au sommet des épis de la strate moyenne barbe non incluses.

2.3.4.2-Rendement en grains et en paille du blé

2.3.4.2.1- Rendement grains et ces composantes

✓ Rendement réel en grains du blé

Les rendements grain des différents systèmes de culture sont ceux réellement obtenus dans les parcelles élémentaires de 1 m².

✓ Composantes du rendement

- Nombre de plants /m²

Dans les parcelles élémentaires le nombre de plants est compté sur 0,5 m² puis ramené au m².

- Nombre de talles épi / m²

Dans chaque parcelle le nombre talles épi est compté sur 0.5m², puis ramené au m².

- Nombre de grains / épi

Cette composante de rendement est estimée sur la base de la moyenne de 20 épis pris au hasard dans chacune des parcelles élémentaires.

- Poids de 1000 grains

Après récolte, 1000 grains par parcelle élémentaire sont pris dans le tas, comptés et pesés. Le PMG de chaque traitement correspond à la moyenne des quatre répétitions.

2.3.4.2.2 -Rendement en paille

Le rendement en paille est déduit par calcul. Il représente la différence entre la biomasse totale est le poids de grains produit par l'unité de surface.

2.3.4.2.3- Biomasse aérienne du blé au stade gonflement.

Après le fauchage des plants entiers au stade gonflement, la biomasse totale produite par 0,5m² est pesée, puis convertie en matière sèche.

2.3.4.3- Teneur en protéines du grain récolté

Les échantillons de 50 g de grains sont moulus à l'aide d'un moulin. La teneur en protéines est déterminée par le dosage de l'azote par la méthode Kjeldhal.

La teneur en protéines du grain est déduite par calcul comme suit :

$$\text{Protéine (\%MS)} = \text{Teneur azote} \times 5,7 \text{ (Gate, 1995)}$$

2.3- Outil statistique :

Pour notre travail, nous avons opté pour l'analyse de variance, et la comparaison de moyennes par le test de NWMAN-KEULS à un seuil de 1% et 5%.

L'outil informatique est nécessaire pour telle analyse statistique des résultats. Nous avons utilisé pour cela deux logiciels de statistique et l'analyses des données : le logiciel STATI-ITCF version 4.0 et le logiciel STATISTICA 6.

III-RESULTATS ET DISCUSSIONS

3.1- Impact de la sécheresse sur l'essai

L'analyse de l'ensemble des résultats obtenus au cours de la présente étude révèle des différences de comportement et de productivité entre les différents systèmes de culture. Outre la pluviométrie enregistrée au cours de la campagne d'étude, inférieure à la moyenne des 10 dernières campagnes, sa répartition est moins favorable au développement de la céréale.

En effet, dans la région d'Ain-Touta, la saison de la sécheresse commence à apparaître à la mi-avril et devient sévère de la mi-mai à la récolte (début Juillet). Pour l'année expérimentale, on a enregistré 397,50 mm de précipitation. Par ailleurs, les précipitations accumulées pendant la saison de croissance et du développement (79,27 mm) sont nettement inférieures aux exigences du blé.

Aux problèmes de sécheresse s'ajoutent, l'effet des pluies orageuses du mois de Juin, l'attaque des moineaux et la date tardive des semis qui ont réduit les rendements.

3.2- Effets du système de culture sur les paramètres du sol :

3.2.1-Matière organique:

Le niveau de matière organique contenu dans le sol est parmi les critères essentiels de jugement de la dégradation du sol car elle possède une influence majeure sur les propriétés physiques et chimiques des sols. L'agrégation et la stabilité de la structure du sol augmentent avec le contenu en carbone des sols. Le faible niveau du sol en matière organique influe directement sur la dynamique de l'eau et la résistance à l'érosion par l'eau et/ou par le vent.

La céréaliculture algérienne est généralement conduite selon le mode conventionnel, avec l'exportation de toute la production, sans aucun apport d'amendement organique. En effet les travaux de **Kribaa et al., (2001)** effectués dans la région de Sétif indiquent que le travail du sol dégrade la structure de l'horizon labouré et réduit le taux de la matière organique.

Le dosage de la teneur en matière organique du sol effectué sur les 10 premiers centimètres de profondeur après une année de mise en culture ont permis de comparer l'effet du système de travail de sol (labour) et de l'association des espèces, sur l'évolution de la matière organique. La figure (5) présente les teneurs en matière organique mesurées dans les différents systèmes culturaux testés.

On observe que la plus importante teneur en matière organique est trouvée dans le système non labour (3.94 % pour non labour SsdD, contre 3.20 % avec labour SL). Quand les deux cultures (blé et luzerne) sont en plus associées (BLD), on enregistre un taux de MO de 4.09 %. Le sol cultivé en blé seul après un labour ne contient que la plus faible est de 3.10 % de MO.

On conclue donc que le semis direct couplé à l'association des deux espèces présente un léger avantage pour l'enrichissement du sol en matière organique.

Mrabet et al., (2001a) ont trouvé que le semis direct séquestre 13.6% de carbone après 11 ans de son adoption dans un sol argileux. **Bessam et Mrabet (2003)** ont trouvé que le taux de matière organique évolue de façon remarquable sous semis direct en fonction du temps, alors que sous le travail conventionnel, le sol garde sensiblement les mêmes taux. Cette part de la fertilité gratuite construite en semis direct permet d'augmenter la productivité des cultures avec moins d'engrais minéral et d'accroître le potentiel du sol (**Anonyme, 2001**).

Sabre et Mrabet (2002) ont signalé aussi une augmentation de la fraction labile de la matière organique du sol sous sol non travaillé par rapport au labour conventionnel. Cette fraction organique du sol contribue aussi au cycle des éléments nutritifs et de leurs disponibilités.

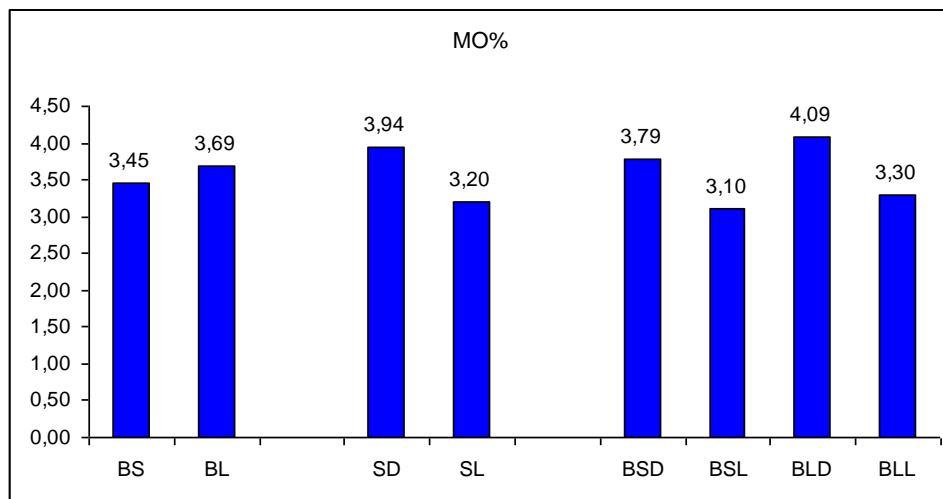


Fig.n°5 : Variation du taux de matière organique (%) du sol après récolte en fonction de type de travail et de type de culture (BS : blé seul ; BL : blé-luzerne ; SD : semis direct ; SL : sol labouré ; BSD : blé seul semis direct ; BSL : blé seul labouré ; BLD : blé luzerne semis direct ; BLL : blé luzerne labouré)

3.2.2-Humidité

La conservation de l'eau est un paramètre important de qualité du sol. Il constitue souvent un facteur limitant dans la productivité en agriculture (**Abdellaoui et al., 2010**). Le choix d'une technique de travail du sol repose essentiellement sur son aptitude à permettre au sol de stocker l'eau et la rendre disponible aux racines, particulièrement dans les climats à faible pluviométrie.

Plusieurs recherches, **al-Ouda, 2010 ; Abdellaoui et al., 2010** ; rapportent que le non labour améliore les propriétés de rétention en eau du sol en comparaison avec les techniques conventionnelles.

Pour apprécier l'effet du semis direct sur l'humidité du sol, des mesures sont effectuées au cours du cycle végétatif du blé dur au niveau de l'horizon (entre 0-25cm) où la plus grande masse racinaire est localisée (**Zi-Zen li et al., 2004 cité par Chennafi, 2010**).

Les résultats obtenus (Fig.6) révèlent qu'au cours de la phase végétative du blé (3 feuilles début tallage et plein tallage), le taux d'humidité dans les parcelles du semis direct (SD) est plus ou moins supérieur à celui relevé sur celles labourées. Il est à noter que le semis direct s'est montré plus économe en eau que le semis conventionnel au stade début tallage (Taux humidité de 19 % pour SD et 13.1 % pour SL).

Par la suite (stade montaison et maturité), on assiste au phénomène inverse, bien que les écarts se réduisent. Cette observation est en désaccord avec les résultats d'autres travaux (**Abdellaoui et al., 2010** et **Al-Ouda, 2010**) qui mentionnent que l'humidité du sol est élevée dans le système non labour, car l'accumulation des résidus des cultures précédentes en surface améliore les propriétés de rétention en eau du sol par rapport aux techniques conventionnelles. Cette particularité du semi direct offre à la culture un meilleur comportement en situation de déficit hydrique.

L'étude comparative de la rétention en eau entre la technique du semi direct et celle du conventionnelle réalisées en Algérie (**Abdellaoui et al., 2010**) et en Tunisie (**Nourri et al., 2004**) ont montrés que le non labour valorise mieux les apports d'eau en préservant la quantité d'eau présente dans le sol.

Nous nous méditons que la supériorité même faible du système avec labour sur le semis direct observée à la phase reproductrice du blé (épiaison-maturité) par deux phénomènes:

- La compétition des adventices pour l'humidité et les éléments nutritifs du sol (**Valantin-Morison et al., 2008**), grâce à leur système racinaire qui s'installe avant celui du blé, leur taux de croissance relativement élevé et leur précocité aux différents stades (**Valantin-Morison et al., 2008 et Skipperet al., 1996 cité par Bada, 2007**). La repousse des adventices était plus élevée au stade montaison comparativement au stade tallage malgré le désherbage manuel.

- Le taux d'infiltration d'eau dans le sol plus faible dans les parcelles semés directement. La dureté de la parcelle d'étude qui est une jachère non travaillée de plus de 15 ans, serait plus forte en semis direct qu'en semis conventionnel. **Angar et al., (2010)** qui ont suivis l'évolution du taux d'infiltration dans 03 sites en Tunisie ont trouvé que le taux l'humidité du sol des parcelles conduites en semis direct dépend de leur ancienneté, contrairement aux parcelles conduite en conventionnel qui présentent une humidité stable.

Biffin et al., (1990) cité par **Chennafi (2010)** rapportent que les pièces travaillantes des outils provoquent des modifications dans la dimension et la forme des fragments de terre et améliore la porosité et la cohésion.

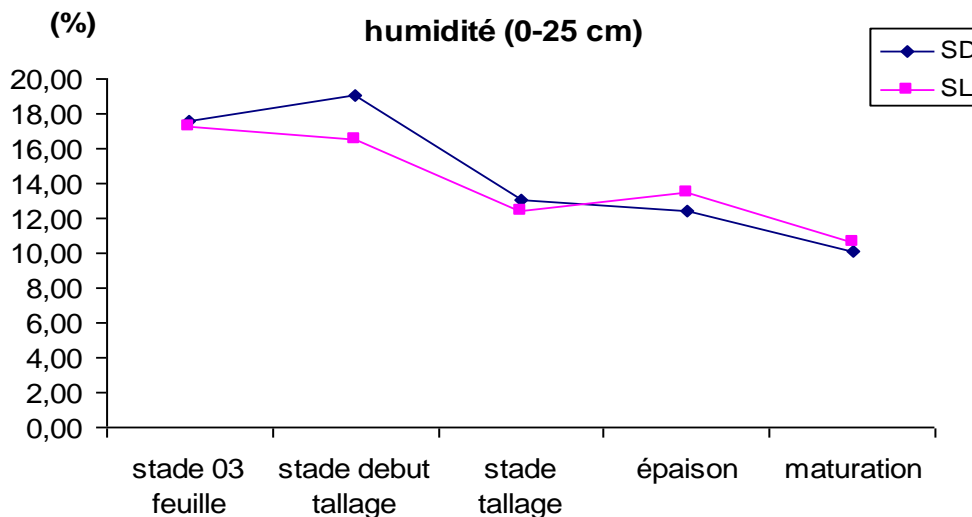


Fig. n° 6 : Variation du taux d'humidité du sol en condition de sol labouré (SL) et semis direct (SD) au cours des stades de développement de la culture

D'après **Mrabet (1997)**, le maintien d'un couvert végétal et la non manipulation du sol aident à prolonger la durée du dessèchement de la surface et gardent le sol plus humide une période de temps plus longue.

3.2.3- Effets du système de culture sur les teneurs en N, P et K du sol

3.2.3.1-Azote exporté par la culture et stocké dans le sol

La première source d'azote des sols provient essentiellement des matières organiques endogènes, des résidus de récolte, des cultures intermédiaires et des produits organiques exogènes (Vale, 2006 cité par Boudabous et al., 2010). L'azote organique est un compartiment clé du cycle biogéochimique de l'azote et joue un rôle très important dans la nutrition azotée des plantes (Scherer, 1993 cité par Boudabous et al., 2010).

En comparant le mode de travail du sol pour les deux types de culture (mono et bispécifique), on remarque que, le semis direct SD préserve mieux le niveau d'azote dans le sol que le semis conventionnel SL (Fig.7). En effet, les exportations par la culture sont de 24.4% de la teneur initiale (0.21 %) dans le premier cas et 34.52% dans le second (Tableau 6). Ce résultat est en accord avec les observations de Mrabet et al., (2001a). L'explication réside probablement dans le fait que le labour accélère davantage la dégradation de la matière organique, alors que le semis direct favorise son accumulation à la surface (Mrabet et al., 2001a et Bessam et al., 2003).

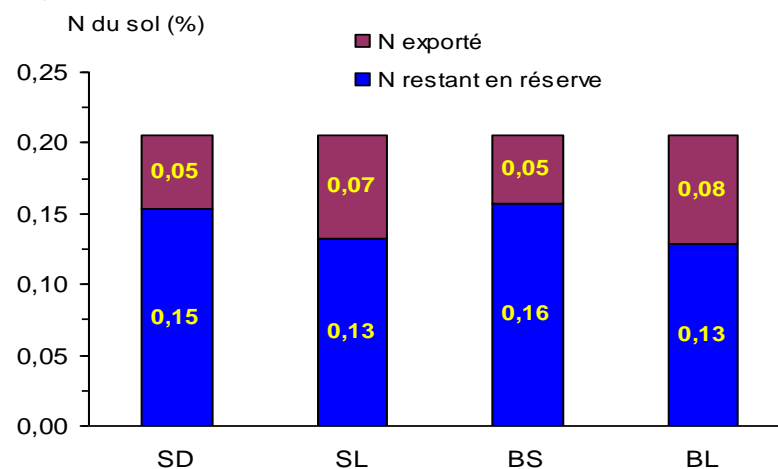


Fig. n°7 : Variation de la teneur en azote (%) du sol après récolte en fonction de type de travail et de type de culture (SD : semis direct ; SL : sol labouré, BS : blé seul ; BL : blé-luzerne ;

Par ailleurs, on remarque que le système monoculture (Blé seul) favorise relativement plus le stockage de l'azote total que la culture associée. Ainsi, le tableau (5) montre que les parcelles portant le blé seul n'exportent que 22.62 % de la teneur initiale, contre 36.31 % pour la culture associée.

Tableau n° 5 : Bilan du taux d'azote dans le sol sous les différents systèmes de culture

Système de culture	SD	SL	BS	BL
N Total avant la culture (% du sol)	0,21 (100 %)	0,21 (100 %)	0,21 (100 %)	0,21 (100 %)
N exporté (% du sol) (en % de la teneur initiale)	0,051 (24.40)	0,073 (34.52)	0,048 (22.62)	0,076 (36.31)
N restant en réserve (% du sol) (en % de la teneur initiale)	0,154 (75.60)	0,133 (65.48)	0,158 (77.38)	0,129 (63.69)

SD : semis direct ; SL : sol labouré, BS : blé seul ; BL : blé-luzerne

3.2.3.2-Phosphore

Les concentrations moyennes du phosphore assimilable du sol mesurées sur la profondeur de 0-25 cm (Tableau 6 et Fig.8), révèlent qu'en situation de semi direct, le niveau de cet élément est supérieur à celui du semis avec labour après récolte (126,38 ppm, contre 105,62 ppm). Ce la signifie que le taux d'exportation du P est de l'ordre de 27,22 % sans travail du sol (SD) et 39,17% avec labour (SL).

Le tableau 6 et fig.8 montrent aussi que la pratique de la culture mono-spécifique (BS) favorise fortement le maintien du phosphore dans le sol par rapport à la culture associée. Les exportations observées ce sont de 17.98 % de la réserve initiale en culture mono-spécifique, contre 48.41 % en mode mixte.

Labreuche et al., 2007 indiquent que l'accumulation de la matière organique à la surface du sol, conjointement à celle du phosphore, contribue à accroître la disponibilité du P car certains anions organiques se fixent sur des sites d'adsorption des ions phosphoriques.

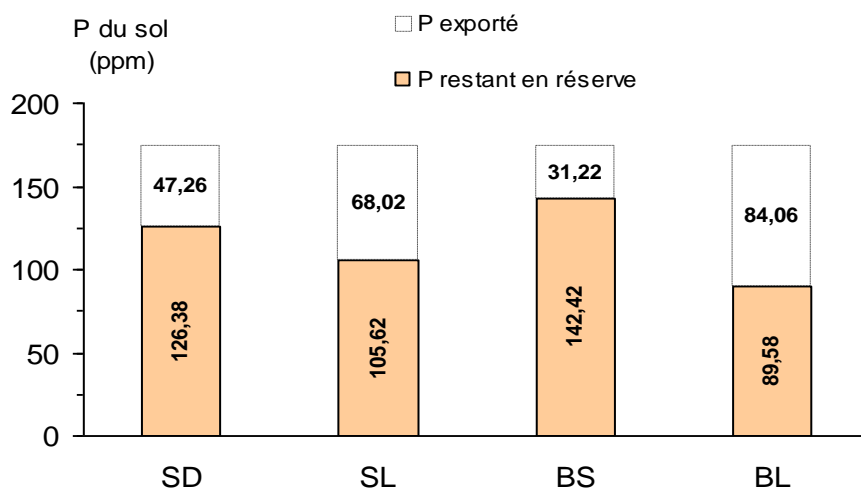


Fig. ° 8 : variation de la quantité du phosphore du sol après récolte en fonction de type de travail et de type de culture (BS : blé seul ; BL : blé-luzerne ; SD : semis direct ; SL : sol labouré)

Tableau n° 6: Bilan de la teneur en phosphore total assimilable du sol sous les différents systèmes de culture

Système de culture	SD	SL	BS	BL
P Total avant la culture (ppm)	173,64 (100 %)	173,64 (100 %)	173,64 (100 %)	173,64 (100 %)
P exporté (ppm) (en % de la teneur initiale)	47,26 (27,22)	68,02 (39,17)	31,22 (17,98)	84,06 (48,41)
P restant en réserve (ppm) (en % de la teneur initiale)	126,38 (72,78)	105,62 (60,83)	142,42 (82,02)	89,58 (51,59)

SD : semis direct ; SL : sol labouré, BS : blé seul ; BL : blé-luzerne

3.2.3.3-Potassium

Les valeurs moyennes du taux de K échangeable du sol à la récolte sous les différents systèmes de cultures sont consignées dans le tableau (7) et illustrées par la fig. (9).

On déduit de ces résultats que les effets du mode de préparation du sol et de l'association des cultures sur le taux de K du sol sont faibles.

Le travail du sol (SL) semble agir légèrement en faveur de la conservation du K dans le sol que le semis direct. En effet, les exportations de K par la culture sont de l'ordre de 34 % de la réserve initiale avec un labour et 37,5 % en semis direct. Ce résultat contredit celui de **Mrabet et al., (2001a, et 2001b)** qui ont trouvé que les niveaux de phosphore, d'azote et de potassium s'améliorent en semis direct par rapport au conventionnel.

En comparant les deux types de culture, on constate que la culture du blé seul tend à conserver moins le potassium dans le sol que le système mixte. La consommation en K par la culture est de 38 % du stock initial sous blé seul (BS) et 33,5% sous culture mixte (BL) (Tableau 8).

Tableau n°7 : Bilan de la teneur du sol en potassium échangeable sous les différents systèmes de culture

Système de culture	SD	SL	BS	BL
K avant la culture (% sol)	0,5 (100 %)	0,5 (100 %)	0,5 (100 %)	0,5 (100 %)
K exporté (%) (en % de la teneur initiale)	0,19 (37,5)	0,17 (34,0)	0,19 (38,0)	0,17 (33,5)
K restant en réserve (%) (en % de la teneur initiale)	0,31 (62,5)	0,33 (66,0)	0,31 (62,0)	0,33 (64,5)

SD : semis direct ; SL : sol labouré, BS : blé seul ; BL : blé-luzerne

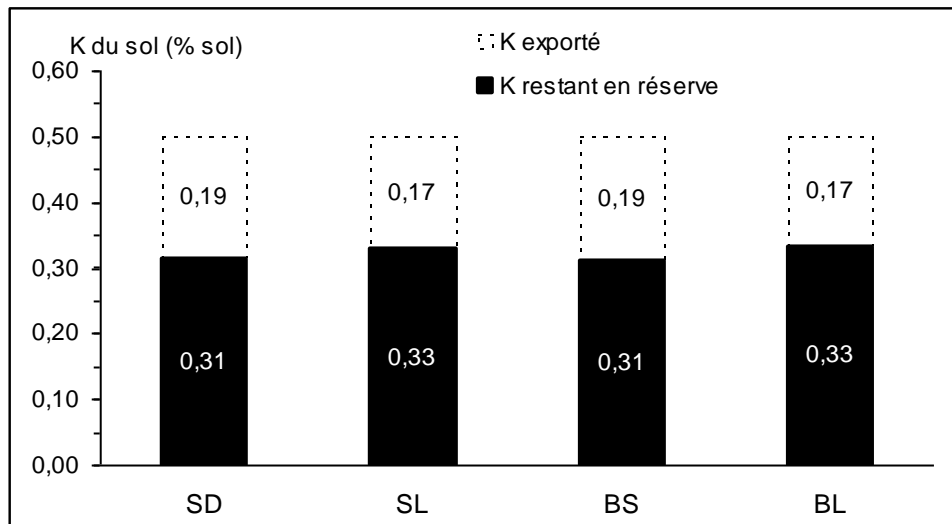


Fig. n°9 : Variation du potassium échangeable dans le sol (%) après récolte en fonction de type de travail du sol et de type de culture (BS : blé seul ; BL : blé-luzerne ; SD : semis direct ; SL : sol labouré)

de Tourdonnet et al., (2007) rapportent que l'effet du non labour sur les teneurs du sol de K est contradictoire : certains travaux montrent une augmentation de K dans le sol non travaillé (**Limousin and Tessier, 2006 cité par de Tourdonnet et al., 2007**; (**Franzuebbers and Hons, 1996** ; **Lal et al., 1990** et **Unger, 1991 cité par Limousin and Tessier, 2006 cité par de Tourdonnet et al., 2007**; **Ismail et al., 1994 cité par (Franzuebbers and Hons 1996)** ; **Ballet al., 1994** ; **Martin Rueda et al., 2007** ; **Murillo et al., 1998** cités par **de Tourdonnet et al., 2007**) Une étude conduite à Boigneville (France) montre une faible augmentation de K extractible sous semis direct (**de Tourdonnet et al., 2007**) comparé aux travaux menés dans d'autres pays européen ; une augmentation de K de la CEC de 7 à 8% sur 0-5 cm, de 2-4% à 5-10 cm, de 2% à 10-15cm, et pas de différence à 15-20cm. (**Limousin et Tessier 2006** cités par **de Tourdonnet et al., 2007**)

Alors que d'autres ne montrent pas de différence entre le sol non travaillé et le sol labouré ((**Matowo et al., 1999** ; **Rhoton, 2000**; **Hickman, 2002**) cité par **Limousin and Tessier 2006** ; **Ellmer et al., 2000** cité par **de Tourdonnet et al., 2007**).

En Amérique du Nord, lorsqu'une augmentation de K est observée, elle est inférieure à 35% de K échangeable total initial alors des augmentations plus importantes (30 à 75%) sont observées dans d'autres pays européens (**Ball et al., 1994** ; **Maillard et al., 1994** ; **Martin Rueda et al., 2007** cités par **de Tourdonnet et al., 2007**). L'observation de K échangeable est généralement observée en surface et l'impact des technique culturale sans labour (TCSL) est souvent non significatif en profondeur (**Rasmussen, 1999** ; **Murillo et al., 1998** ; **Martin Rueda et al., 2007**).

Certains auteurs mesurent sous technique culturale sans labour (TCSL) une diminution de K échangeable en profondeur (Ismael et al. 1994 cité par Franzluebbers and Hons 1996 ; Maillard et al., 1994) cités par de Tourdonnet et al., 2007).

3.3- Effets du système de culture sur la longueur du blé à la récolte

La hauteur moyenne des plants de blé, tous systèmes de conduite confondus est de 56.54 cm. Les résultats des mesures de la hauteur du blé à maturité sous des différents systèmes culturaux sont représentés par la fig.10.

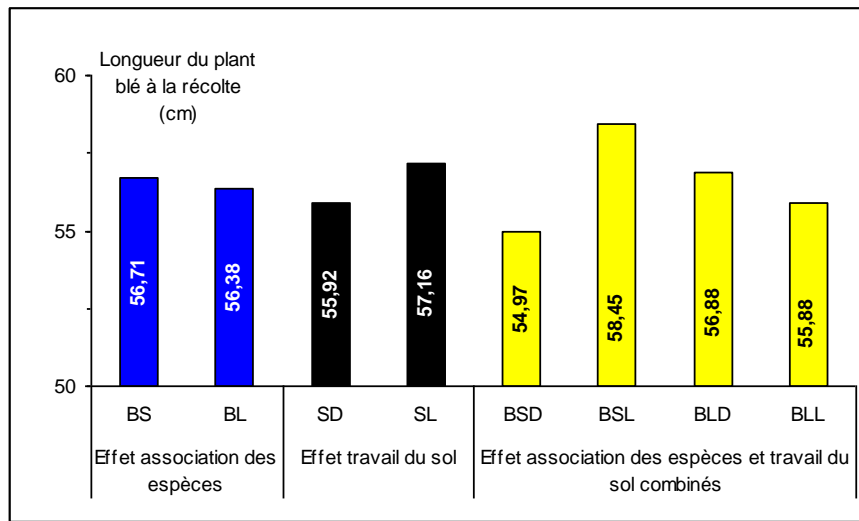


Fig. n°10 : Variation de la hauteur des plants de blé à la maturité en fonction de type de travail et de type de culture (BS : blé seul ; BL : blé-luzerne ; SD : semis direct ; SL : sol labouré ; BSD : blé seul semis direct ; BSL : blé seul labouré ; BLD : blé luzerne semis direct ; BLL : blé luzerne labouré)

Ils montrent qu'en moyenne la taille du blé issu du semis direct (SD) et celle des plants cultivés sur sol labouré (SL) ne diffèrent que de 2.2 % (1.2 cm en faveur du semis avec labour).

De même, l'association de la luzerne avec le blé n'améliore pratiquement pas la hauteur blé. La culture du blé seul (BS) produit des plants de 56.71 cm, celle blé- luzerne (BL) 56.38 cm).

En revanche, la taille du blé est plus importante (58.45 cm) lorsqu'on cultive le blé seul sur un sol labouré (BSL). Cette amélioration représente 2.7 à 6 % par rapport aux autres systèmes culturaux (BSD, BLD et BLL, fig. 10.). Les plants de petite taille (54.97 cm) sont produits par le système blé semé seul sans labour (BSD).

3.4-Le rendement en grains et en paille du blé

3.4.1- Le rendement réel en grains et ses composantes

3.4.1.1- Le rendement en grains

Les résultats obtenus (Fig. 11) montrent qu'en moyenne le travail du sol avant semis n'a pas d'impact significatif sur le rendement grains du blé. Le rendement de la culture de blé dur en semis direct est peu différent de celui du semis conventionnel (10,2, contre 9,9 qx/ha).

Comme le mode de travail du sol, l'association des espèces reste sans effet significatif sur le rendement grain (Blé seul = 10.3 qx/ha et Blé-luzerne = 9.9 qx/ha, Fig.11).

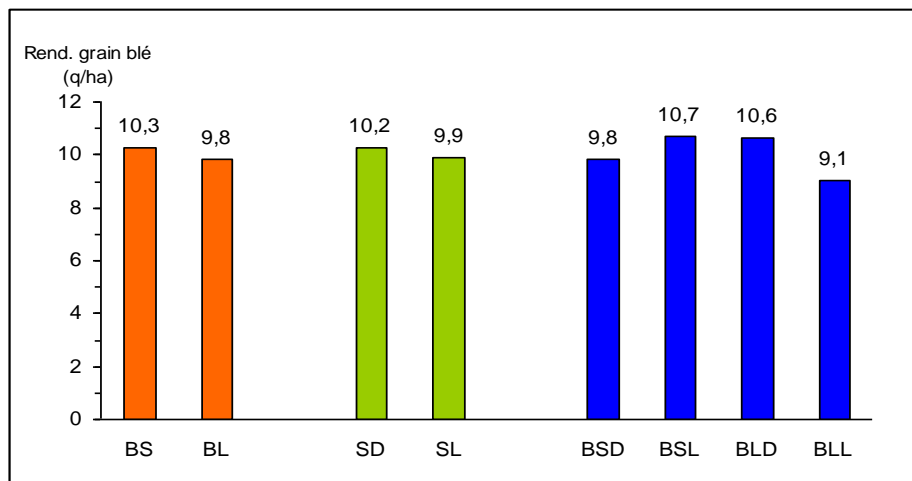


Fig. n°11 : Variation du rendement en grains du blé en fonction de type de travail et de type de culture (BS : blé seul ; BL : blé-luzerne ; SD : semis direct ; SL : sol labouré ; BSD : blé seul semis direct ; BSL : blé seul labouré ; BLD : blé luzerne semis direct ; BLL : blé luzerne labouré)

Ces résultats pourraient s'expliquer par la durée courte de l'essai qui ne porte que sur une seule campagne et la faible réussite de l'installation de la luzerne en culture associée. En effet, certains travaux ont montré que le semi direct présente des rendements moins bons qu'en techniques conventionnelles, quand il est nouvellement pratiqué. De même, **Abdellaoui (2010) et (M'hedhbi, 1995 et Bouhadjba, 1997 cités par Abdellaoui et al., (2010)** ont montré que le semis direct réduit les rendements du blé dans ses premières années d'installation. Dans cette même voie **Abdellaoui et al., (2010)** rapporte qu'après la 3^{ème} année, le non labour donne le meilleur rendement par rapport aux pratiques conventionnelles. Également, au Maroc, les travaux de recherche entamés sur plusieurs années chez les agriculteurs ont montré que le semi direct permet généralement des rendements de blé largement plus élevés, comparés à ceux obtenus avec les pratiques conventionnelles (**Mrabet, 2001a**).

Alors que, sur un autre essai réalisé à Sétif sur des espèces de céréale (blé dur et blé tendre) a montré que le rendement, après la 1^{ière} année de non travail, est supérieur à celui du travail conventionnel (15 q/ha SD contre 8 q/ha SC pour le blé dur et 11q/ha SD contre 8q/ha pour le blé tendre) (**Anonyme, 2008**).

3.4.1.2- Composantes du rendement en grains

Le niveau des rendements est apprécié à priori par le niveau des différentes composantes consécutives du rendement, (**Gate, 1995**). L'analyse de la variance a relevé un effet mode de travail du sol et mode d'association des espèces, non significatifs pour le poids de 1000 grains ; le nombre de grains par épis ; nombre de talles par m² et le nombre de plants par m² (Tableau 8).

Tableau n° 8: Valeur du test F indiquant la variabilité entre les traitements pour différentes composantes de rendement

Source variation	ddl	Grains/épi	plants/m ²	PMG	Talles épi/m ²
Type de culture	1	0,46 ⁽⁻⁾	3,73 ⁽⁻⁾	0,03 ⁽⁻⁾	1,23 ⁽⁻⁾
Type de semis	1	2,75 ⁽⁻⁾	0,15 ⁽⁻⁾	0,02 ⁽⁻⁾	0,08 ⁽⁻⁾
Inter Type culture x type semis	1	1,00 ⁽⁻⁾	1,14 ⁽⁻⁾	0,2 ⁽⁻⁾	0,38 ⁽⁻⁾

4.1.2.1-Nombre de plants par m² au stade gonflement

Cette composante est pratiquement peu influencée par le travail du sol, quand le blé est semé seul. La différence entre le blé seul en semis direct et le blé seul avec labour n'est que de 2 plants/ m² (BSD = 131, BSL = 133 plts/m²), (Fig.12). Cependant, la pratique de la monoculture présente un certains avantage sur celle où les deux espèces sont mélangées (Les parcelles en blé seul produisent 132 plants/m² et celles blé-luzerne 118.5 plants/m², Fig.12).

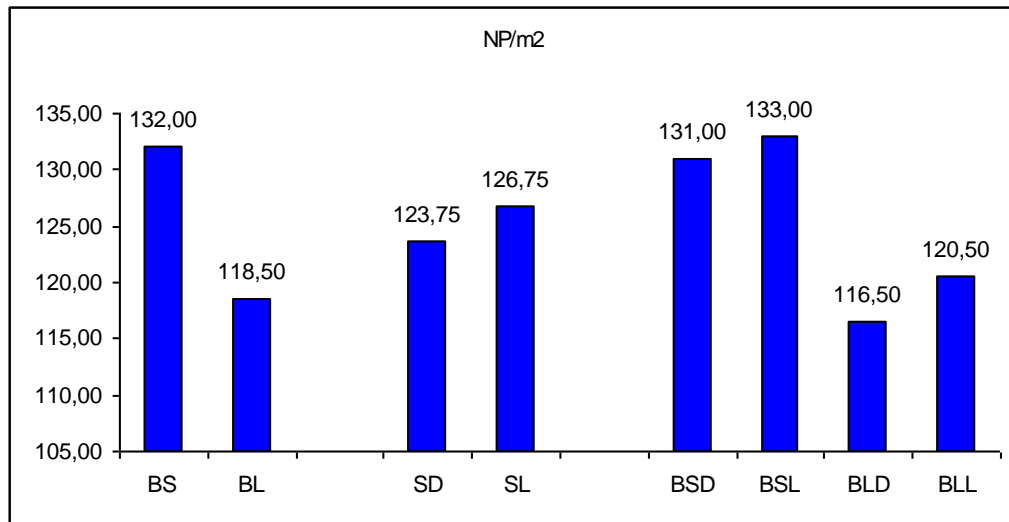


Fig. n° 12 : Variation du nombre de plants de blé par m² au stade gonflement, en fonction de type de travail et de type de culture (BS : blé seul ; BL : blé-luzerne ; SD : semis direct ; SL : sol labouré ; BSD : blé seul semis direct ; BSL : blé seul labouré ; BLD : blé luzerne semis direct ; BLL : blé luzerne labouré)

3.4.1.2.2-Nombre de talles épi par m²

Le nombre de talles moyen par m² pour l'ensemble des traitements est de 132.75 talles épi/m². Les résultats obtenus (Tableau 9) montrent que le blé non associé à la luzerne avec ou sans labour du sol, produit tout juste quelques talles épi/m² de plus que les parcelles portant la luzerne et le blé associés. Par ailleurs, le système Blé + luzerne conduit sans préparation du sol semble le moins productif des dispositifs testés (BLD = 127.5 talles épi /m²)

Au niveau du mode de travail de sol, le mode conventionnel favorise légèrement le tallage épi par rapport au semis direct. Le blé à manifester les meilleures aptitudes à l'émission des talles 134.25 talles épi/m².

Tableau n°9: Nombre de talles épi /m² dans les différents systèmes de culture du blé

Bloc	BSD	BSL	BLD	BLL
B1	126	148	122	142
B2	126	136	126	112
B3	136	130	114	160
B4	152	134	148	112
Moyenne	135	134	127.5	131.5

BSD : blé seul semis direct ; BSL : blé seul labouré ; BLD : blé luzerne semis direct ; BLL : blé luzerne labouré

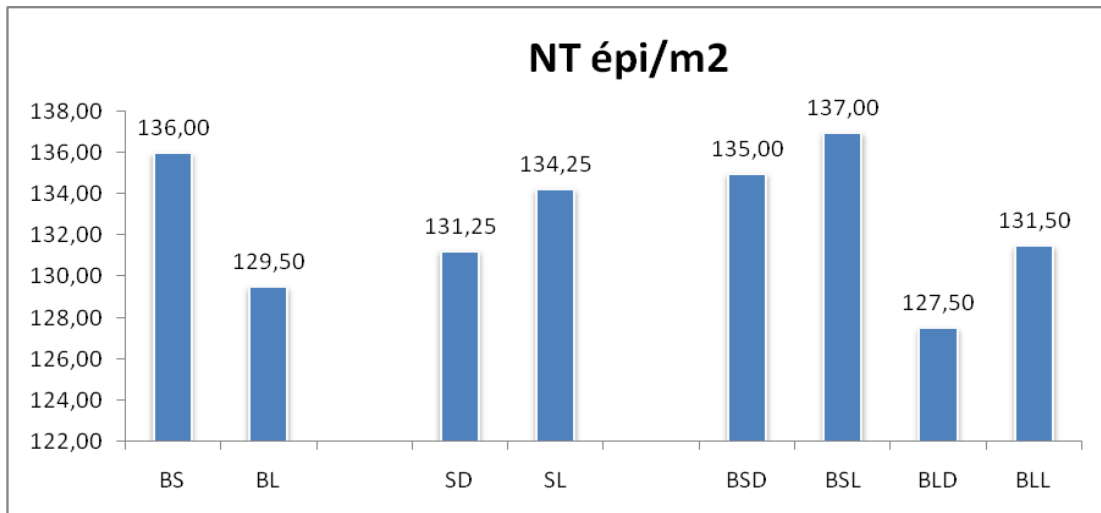


Fig. n °13: Variation du nombre de talles épi par m² en fonction de type de travail et de type de culture (BS : blé seul ; BL : blé-luzerne ; SD : semis direct ; SL : sol labouré ; BSD : blé seul semis direct ; BSL : blé seul labouré ; BLD : blé luzerne semis direct ; BLL : blé luzerne labouré)

3.4.1.2.3-Nombre de grains par épis:

Le nombre de grains par épis est amélioré par le semis direct par rapport au conventionnel (30.95 grains / épi pour le semis direct, contre 26.78 grains / épi pour les parcelles labourées).

On note également que la culture associée augmente le nombre de grains par épis d'environ 5% par rapport à la monoculture (Blé-luzerne = 30.45 grains / épi, 28.86 grains / épi pour le blé seul).

Lorsqu'on associe le semis directe au mélange des deux espèces, on obtient une meilleure densité en grain de l'épi (BLD = 31.96 grains / épi, Fig. 14)

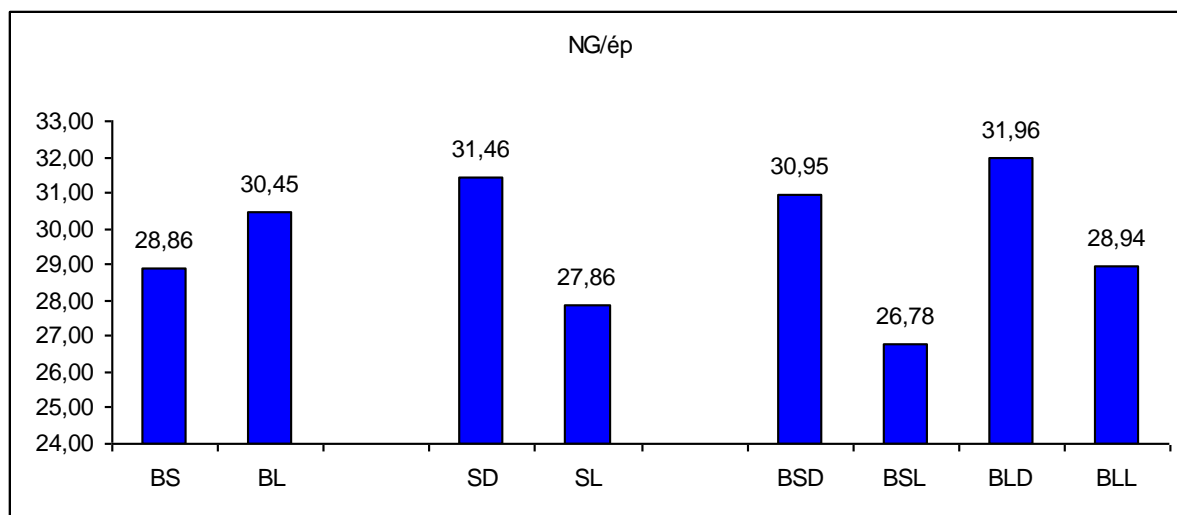


Fig. n°14: Variation du nombre de grains par épis en fonction de type de travail et de type de culture (BS : blé seul ; BL : blé-luzerne ; SD : semis direct ; SL : sol labouré ; BSD : blé seul semis direct ; BSL : blé seul labouré ; BLD : blé luzerne semis direct ; BLL : blé luzerne labouré)

3.4.1.2.4-Poids de milles grains

Le poids de 1000 grains moyen de l'ensemble des traitements est de 44,19g. Les tableaux 10 et 8 et la fig.15 montrent que le PMG n'est influencé ni par le travail du sol, ni par le type d'association du blé. Le PMG des différentes variantes de culture du blé va de 43.16 g (BSD) 45 g (BLD).

Tableau n° 10: Résultats du poids de 1000 grains (g)

Bloc	BSD	BSL	BLD	BLL
B1	47,57	43,15	39,55	42,69
B2	44,41	49,83	50,62	47,33
B3	40,47	45,19	44,69	46,58
B4	40,18	41,40	45,11	38,32
Moyenne	43,16	44,89	44,99	43,73

BSD : blé seul semis direct ; BSL : blé seul labouré ; BLD : blé luzerne semis direct ; BLL : blé luzerne labouré

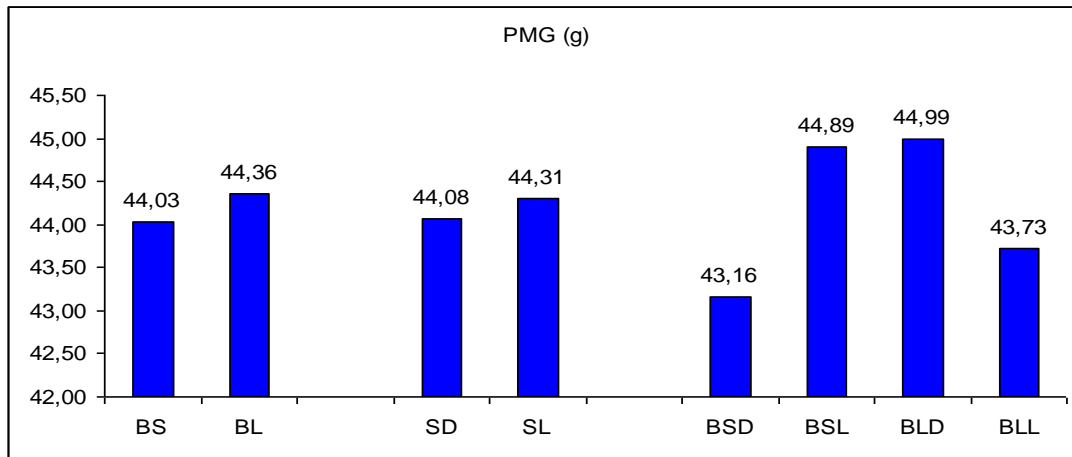


Fig. n°15 : Variation du poids de 1000 grains (g) en fonction de type de travail et de type de culture (BS : blé seul ; BL : blé-luzerne ; SD : semis direct ; SL : sol labouré ; BSD : blé seul semis direct ; BSL : blé seul labouré ; BLD : blé luzerne semis direct ; BLL : blé luzerne labouré)

3.4.2- Rendement en paille

La paille de blé représente un produit important, car elle est utilisée pour l'alimentation des animaux pendant la saison sèche et en tant que supplément pendant l'hiver (**Annicchiarico, 2003**).

L'analyse de la variance a révélé un effet non significatif du type de travail du sol sur le rendement en paille (tableau 11). Une culture du blé qui a bénéficié d'un labour avant le semis donne en moyenne (Blé seul et associé) nettement moins de paille que celle conduite en semis direct (11.70 qx MS/m², contre 9.65 qx MS/ha) (fig. 16).

Les plus fortes productions de paille sont observées dans la culture du blé seul, avec (BSL = 11.62 qxMS/ha) ou sans travail du sol (BSD = 11.98 qxMS/ha). Le blé associé avec la luzerne ne produit que 11.41 à 7.68 qx MS / ha.

Tableau n°11 : Moyenne des rendements en paille des différents systèmes de cultures (qx MS/ ha), valeur du test F.

Source de variation	ddl	F	Valeur moyenne (qx MS /ha)							
			Blé seul	Blé-luzerne	Sol labouré	Semis direct	BSD	BSL	BLL	BLD
Type d'association	1	3.53(-)	11.80	9.55	-	-	-	-	-	-
Type de travail du sol	1	2.92 (-)	-	-	11.70	9.65	-	-	-	-
Interaction : Type association x type travail sol	1	1.98 (-)	-	-	-	-	11.98	11.62	11.41	7.68

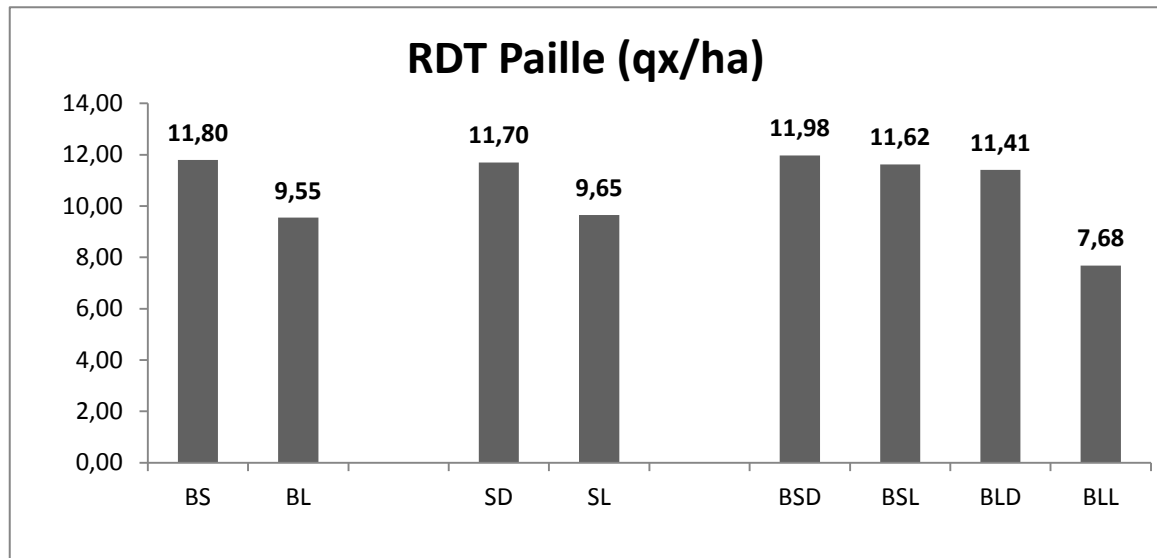


Fig. n°16 : Rendement en paille de waha en fonction des différents systèmes de culture (BS : blé seul ; BL : blé-luzerne ; SD : semis direct ; SL : sol labouré ; BSD : blé seul semis direct ; BSL : blé seul labouré ; BLD : blé luzerne semis direct ; BLL : blé luzerne labouré)

3.5-La production de biomasse sèche aérienne du blé au stade gonflement

La comparaison des moyennes de tous les traitements montre que la production de matière sèche cumulée n'est pas influé ou affaiblie par la présence d'une autre culture associé n'est par le type de travail de sol car les moyenne sont semblable pour le semis direct et conventionnelle est de 59% (stade gonflement) mais avec une différence de 2% de production de matière sèche de plus pour la culture associée (60 % pour 58% de blé seul).

La variété Waha produit 23.2 q/ha de biomasse aérienne en semis direct, contre 19.5 q/ha en conduite conventionnelle. L'expression du potentiel de production de Waha est nettement supérieure en absence du travail du sol.

La culture mixte se distingue de la culture mono-spécifique par le taux de production de biomasse aérienne; Waha est moins productive avec 19.4 q/ha en association avec la luzerne, contre 23.3 q/ha seul.

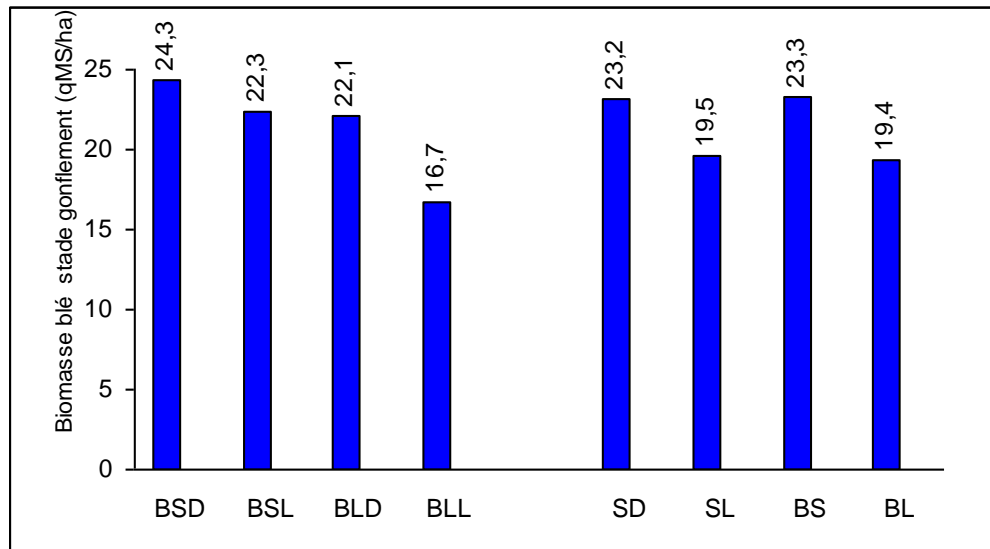


Fig. n°17 : Production de biomasse sèche aérienne de waha au stade gonflement en fonction des différents systèmes de culture (BS : blé seul ; BL : blé-luzerne ; SD : semis direct ; SL : sol labouré ; BSD : blé seul semis direct ; BSL : blé seul labouré ; BLD : blé luzerne semis direct ; BLL : blé luzerne labouré)

3.6-Le taux de protéines du grain de blé

La concentration en protéines du grain de blé semble indépendante du travail du sol et du mode d'association des cultures. Les taux moyens enregistrés vont de 6.07 (BLD) à 6.6 (BLL) de protéines / 100 grammes de MS de grain de blé (Fig.18).

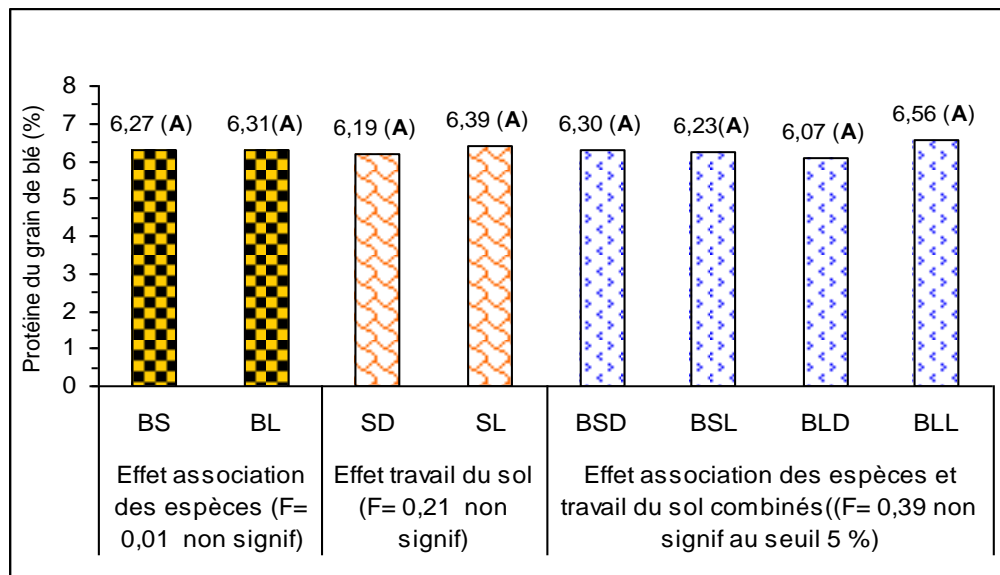


Fig. n° 18: Variation de la richesse en protéine (%) en fonction de type de travail et de type de culture et groupes homogènes. (BS : blé seul ; BL : blé-luzerne ; SD : semis direct ; SL : sol labouré ; BSD : blé seul semis direct ; BSL : blé seul labouré ; BLD : blé luzerne semis direct ; BLL : blé luzerne labouré)

De Tourdennet et al., 2007 déclarent que chez les céréales à pailles, qu'il s'agisse de blé ou d'orge, l'impact des techniques culturales sans labour sur la teneur en protéines, semble faible, en moyenne.

Lorsque le travail du sol modifie le rendement, cela peut induire une évolution inverse de la teneur en protéines (**De Tourdennet et al., 2007**). De manière générale, le rendement et la teneur en protéines des céréales sont peu modifiés par le mode d'implantation (**De Tourdennet et al., 2007**).

Discussion générale :

De **Tourdennet et al., 2007**, attestent que la simplification du travail du sol a un impact sur les caractéristiques du sol, notamment lorsque l'absence de retournement du sol est maintenue plusieurs années de suite. L'évolution de la structure du sol ainsi que sa composition chimique influenceront positivement sur la productivité et la qualité du sol (**Abdellaoui et al., 2006**).

Les travaux de recherche menée en Algérie par les chercheurs (après 5 ans de mise en place du système du non labour), **Abdellaoui et al., 2010** **Bouzrara et al., 2010** ont montrés que sous semis direct il y a une augmentation de la matière organique de surface, et des éléments nutritifs extractibles par rapport au semis conventionnel. Qui sont en consonance avec les travaux antérieurs de **Mrabet et al., 2000** (Maroc) ; **Ibno namer et Mrabet (2004)** ; de **Tourdennet et al., 2007** (France). Ces différences ont été attribuée à l'accumulation des résidus de récolte sur la surface du sol (**Mrabet ; 2000**). La pratique continue des techniques d'implantation sans retournement du sol engendre la constitution de gradients de teneurs de certains éléments avec la profondeur, notamment pour la matière organique (**Guérif 1994, Germon et al., 1994 cité par de Tourdennet et al., 2007**) et le phosphore (**Beauvallet, 2002 in Tourdennet et al., 2007**) qui tendent à s'accumuler en surface.

Alors que, dans notre essai le taux de matière organique sur 0-10 cm de profondeur était plus élevée dans le non labour que dans le sol travaillé, la perturbation du sol sous travail conduit à la diminution du taux de matière organique a la surface du sol, qui induit à la diminution du stockage du carbone qui s'explique par le taux d'oxydation, la libération de la MO composé en solution du sol avec une grande acidité microbienne (**Doran, 1998 ; Kalen et al., 1994 ; peterson et al., 1998 cité par Basmat et Mrabet, 2003**).

Nous avons enregistré aussi une amélioration des éléments N et P en semis direct contrairement au K.

Les résultats obtenus au terme d'une année de conduit de culture de blé dur en semis direct par rapport au travail conventionnel ont montrés que les effets bénéfiques du semis direct sur les composantes de rendement ne sont pas constatés dès la première année de sa pratique mais probablement à long terme sur la même parcelle.

Nos résultats montrent qu'il y a un regain d'équilibre dans le sol où cette technique est appliquée même s'il est prématuré de se prononcer définitivement sur l'opportunité et l'incidence de tel ou tel autre procédé sur l'amélioration des propriétés des sols et de la production de la culture de blé. La matière organique du sol est utilisée comme indicateur du changement de la qualité du sol (**Mrabet et al., 2001b**).

L'introduction du non travail du sol (semis direct) dans les techniques agricoles a un effet non significatif sur les paramètres du sol étudié ainsi que sur le rendement et ces composantes. Le rendement en grain de cette année non évident aucun effet significatif du travail du sol ou de type de culture sur le rendement au la pluviométrie annuelle est inférieur aux besoins de la culture (397,50 mm). Par ailleurs, les précipitations accumulées pendant la saison de croissance et du développement (79,27 mm) sont nettement inférieures aux exigences du blé. Toutefois les précipitations au cours des stades de développement du blé dur étaient de 20 % de la précipitation annuelle qui est pratiquement nulle.

Mais il est clair que les premiers éléments d'analyse dont nous venons de disposer augurent d'une évolution après quelques années de pratique. Ceci est d'autant plus vrai quand on sait que dans les conditions de notre essai, il n'est pas aisé d'avoir des transformations spectaculaires après seulement une année de mise en culture. Cela paraît insuffisant au vu des faibles rendements (10 q/ha en moyenne).

On constate de façon constante que pour les deux systèmes de culture bi et mono-spécifique, les rendements de la culture du blé sont semblable et sont similaires pour les labours classiques que sur le non labour. Elles sont probablement affectées par les effets de non réussite de la luzerne et la non concordance des stades de développement des deux cultures.

CONCLUSION GENERALE

Les résultats obtenus au terme d'une année de conduite de la culture du blé dur "variété Waha" en semis direct par rapport au semis conventionnel conduit, soit seul, soit en association avec la luzerne annuelle ont montré qu'il n'est y a pas une différence significative pour tous les paramètres étudiés sol et végétal. Néanmoins, on note que le semis direct améliore le taux de la matière organique dans le sol par rapport au semis conventionnel.

Nos résultats montrent qu'il y a un regain d'équilibre dans le sol où cette technique est appliquée même s'il est prématuré de se prononcer définitivement sur l'opportunité et l'incidence de tel ou tel autre procédé sur l'amélioration des propriétés des sols et de la production de la culture de blé.

Les effets bénéfiques du semis direct sur les composantes de rendement ne sont pas constatés après une année de sa pratique mais probablement à long terme de pratique sur la même parcelle.

Les résultats obtenus à travers les wilayas d'Algérie et en pays limitrophe sont très prometteurs et témoignent bien que le système du semis direct permet effectivement de préserver les ressources naturelles :

- Améliore le potentiel de production du sol ;
- Assure la simplification des temps des travaux agricoles ;
- Permet à l'agriculteur d'économiser sur les charges engendrées par l'installation des cultures.

En conséquence, cette technique peut être un système efficient à même de permettre une agriculture de conservation et garantir la préservation et la durabilité de nos ressources naturelle (eau et sol).

Mais ceci ne peut se faire que si les programmes de recherche sur le semis direct qui sont orientés vers la diversification des systèmes de production et leurs mis en place dans les zones de production céréalière en Algérie sont accomplis, et les résultats sont diffusés en milieu des producteurs. Ainsi l'accroissement de la participation des agriculteurs aux programmes de développement des wilayas ou leur engagement devraient assurer une large adoption du système dans les exploitations agricoles.

Références bibliographique

- Abdellaoui Z., Fettih S., Zaghouane O. 2006. Etude comparative de l'effet du semis direct et du labour conventionnel sur le comportement d'une culture de blé dur en conditions pluviales. Dans : 3èmes Rencontres Méditerranéennes du Semis Direct, Saragosse (Espagne), 23-25 mars 2006.
- Abdellaoui Z., Tissekrat H., Belhadj A., Zaghouane O., 2010. Etude comparative de l'effet du travail conventionnel, semis direct et travail minimum sur le comportement d'une culture de blé dur dans la zone Subhumide. In actes des 4eme rencontres méditerranéenne du semis direct Sétif (Algérie), 3-5 mai 2010. Recherche agronomique, numéro spécial. pp 68-82
- AFD, 2006. Le semis direct sur couverture végétale permanente (SCV). Une solution alternative aux systèmes de culture conventionnels dans les pays du Sud. Paris, France. 67p.
- Aibar J., 2006. La lutte contre les mauvaises herbes pour les céréales en semis direct: Principaux problèmes. Options Méditerranéennes, SérieA no. 69. pp 19-26.
- Al-Ouda A, 2010. The role of improved regional cultural practices in the implementation of conservation agriculture in arab countries. In actes des 4eme rencontres méditerranéenne du semis direct Sétif (Algérie), 3-5 mai 2010. Recherche agronomique, numéro spécial. pp 59-67.
- Angar H., Ben-Hammouda M., Ben Haj Salah H., 2010. Semis direct et semis conventionnel en Tunisie : Les résultats agronomiques de 10 ans de comparaison. In actes des 4eme rencontres méditerranéenne du semis direct Sétif (Algérie), 3-5 mai 2010. Recherche Agronomique, numéro spécial. pp 9-13
- Annicchiarico P., Pecetti L., 2003. Developing a tall durum wheat plant type for semi-arid, Mediterranean cereal-livestock farming systems. Field Crops Research 80 (2003). pp157-164.
- Anonyme, 2001. Le semis direct : potentiel et limites pour une agriculture durable en afrique du nord. Tanger (Maroc). CEA/TNG/CDSR/AGR. 38p.
- Anonyme, 2007. Succès avec les semis sans labour. CANTON DE FRIBOURG. V1.0 2007. <http://www.fr.ch/sen>
- Anonyme, 2008. Bilan des activités agrotechnie de l'institut techniques des grandes cultures, Algérie.
- Anonyme, 2009. Culture associées. http://fr.wikipedia.org/wiki/culture_associ%C3%A9es
- Avcı M., Meyveci K., r Akar T., Ozdemir B., Yürürer A, Karakurt E., Sürek D., Karaçam M. 2007. Turkish experience on dry land agronomy: lessons from the past and the recent experiments in J. Agric. Res. pp 33-45
- Bada L., 2007. Variabilité génotypique du blé dur (*Triticum durum* Desf.) vis-à-vis de la nuisibilité directe du brome (*Bromus rubens* L.) en conditions semi-arides. Memoire de magistère en sciences agronomiques. 58p.

Références bibliographique

- Ben-Salem H., Zaibet L., et Ben-Hammouda M. 2006. Perspectives de l'adoption du semis direct en Tunisie. Une approche économique. Options Méditerranéennes, Série A, Numéro 69. pp 69-75
- Berama R., 2004. Contribution à l'étude de la technique du semis direct : Cas de la luzerne. Mém. Ing., INA El Harrach, Alger,. 94p.
- Bessam F., Mrabet R., 2001. Time influence of no tillage on organic matter and its quality of a vertic Calcixeroll in a semiarid area of Morocco. Garcia-Torres et al. (eds). In: proceedings of International Congress on Conservation Agriculture. Madrid, Spain. October 1-5, 2001. Vol. 2. pp 281-286.
- Bessam F., Mrabet R., 2003. Long-term changes in soil organic matter under conventional tillage and no-tillage systems in semiarid Morocco. Soil Use and Management (2003) 19, pp 139-143
- Boudabous K., Ben aissa N., Zaghdoudi W., Ben-Hamoudda M., Ben Hadj Salah H. 2010. Dynamique de l'azote minéral en région semi aride sous semis direct et conventionnel : cas de GUERN-HALFAYA, nor-ouest de la tunisie. In actes des 4eme rencontres méditerranéenne du semis direct Sétif (Algérie), 3-5 mai 2010. Recherche agronomique, numéro spécial. Pp14-21.
- Boulal, H., Zaghouane O., El Mourid M., Rezigui S. 2007. Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (Blés et orge) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). pp 63-68.
- Bouzzara S., Ould Ferroukh M.E.H. , Bouguendouz A., 2010. Influence du semis direct et des techniques culturales simplifiées sur les propriétés d'un sol de la ferme pilote Sersour (Sétif). Options Méditerranéennes, A no. 96, 2010 – IV Rencontres Méditerranéennes du Semis Direct. pp 123-129
- Campy M., Mocaires J.J., 2003. géologie de la surface (érosion) transfert et stockage dans les environnements continentaux. 2^{ème} édition. Duwod. pp 381-407.
- Carof M., 2006. Fonctionnement de peuplements en semis direct associant du blé tendre d'hiver (*Triticum aestivum* L.) à différentes plantes de couverture en climat tempéré. Thèse INA P-G, 115 p.
- Chennafi H., 2010. Réponse des variétés contrastées de blé dur (*Triticum durum* DESF) à la date d'implantation sous semis direct en milieu semis aride. In actes des 4eme rencontres méditerranéenne du semis direct Sétif (Algérie), 3-5 mai 2010.in Recherche Agronomique, numéro spécial. pp 31-38
- D'Bichi A.N.L., Laggoun C.E., 2005. Essais comparatifs semis direct semis classique sur la culture de blé. Mém. Ing., INA EL Harrach, Alger, 65p.
- de Tourdonnet S., 2008. Utilisation de cultures associées en semis direct. In "Techniques culturales simplifiées". Vol.46. Janvier/Février 2008. pp 21-23.

Références bibliographique

- de Tourdonnet S., Chenu C., Straczek A., Cortet J., Felix I., Gontier L., Heddadj D., Labreuche J., laval k., Longueval C., Richard G., Tessier D (2007). Impacts des TCSL sur la qualité des sols et la biodiversité. Evaluation des impacts environnementaux des Techniques Culturelles Sans Labour (TCSL) en France. 39 p.
- Delabays N. 1998. La culture sans labour : aspects malherbologiques. La culture sans labour. Journée d'information en agriculture de la RAC. 5 février 1998 à Changins. Pp 16-17.
- Dridi N., Mekki M., Cheikh M'Hamed H., Benhamouda M., 2010. Impact de deux modes de semis (coventionnel vs direct) sur la flore adventice des cultures. In actes des 4^{eme} rencontres méditerranéenne du semis direct Sétif (Algérie), 3-5 mai 2010. Recherche Agronomique, numéro spécial. pp 39-48
- El-Brahli, A. et R. Mrabet. 2000. La jachère Chimique: Pour relancer la céréaliculture non-irriguée en milieu semi-aride Marocain. Actes de la Journée Nationale sur le Désherbage des Céréales. Centre Aridoculture Settatt 23 Novembre 2000. Association Marocaine de Malherbologie. pp: 133-145.
- El-Brahli. A., A. Bouzza, et R. Mrabet. 1997. Stratégie de lutte contre les mauvaises herbes dans plusieurs rotations céréalières en conditions de labour et de non labour. Rapport d'activité 96-97. INRA Centre Aridoculture Settatt, Maroc.
- Escribano J., 2006. Etude des effet de l'agriculture de conservation par rapport à l'agriculture traditionnelle. Options Méditerranéennes, SérieA no. 69. pp 57-61.
- Fellahi Z., Hannachi A., Chennafi H., Makhloufi M., Bouzerzour H. Effet des résidus et du travail du sol sur la cinétique d'accumulation de la biomasse, le rendement et l'utilisation de l'eau et du blé dur (*Triticum durum* desf., variété MBB) sous conditions climatique des hautes plaines Sétifiennes. Annales des Sciences et Technologie.
- Gate P., 1995. Ecophysiologie du blé. De la plante à la culture. Ed. Lavoisier. Tec et doc. 429p.
- Groff S. 2011. Citrouilles en semis direct. Cedar Meadow Farm, Holtwood, Pennsylvanie. 04p. <http://www.cedarmeadowfarm.com/>
- Hajabbasi M.A., Hemmat A. 2000. Tillage impacts on aggregate stability and crop productivity in a clay-loam soil in central Iran. Soil & Tillage Research 56 (2000). pp 205-212.
- Harvey J.M., 2005. Le semis en semis direct, l'unique opération de travail du sol. Colloque en agroenvironnement: des outil d'intervention à notre échelle. CRAAQ2005. pp 2-6.
- Hobbs P. R., 2007. Conservation agriculture: what is it and why is it important for future sustainable food production? Paper presented at international workshop on increasing wheat yield potential, cimmyt, obregon, mexico, 20–24 march 2006. Journal of Agricultural Science (2007), n° 145, pp127–137.
- Ibno Namr K., Mrabet R. 2004. Influence of agricultural management on chemical quality of a clay soil of semi-arid Morocco Journal of African Earth Sciences 39 (2004). pp 485–489.

Références bibliographique

- Kribaa M., Hallaire V., Curmi P. et Lahmar R. 2001. Effects of various cultivation methods on the structure and hydraulic properties of soil in semi-arid climate. *Soil Tillage Research*, 60 : pp 43-53.
- Labreuche J. , de Tourdonnet S. , Germon J.C., Ouvry J.F., LE Souder C., Castillon P., Real B., Felix I., Duval R., Galiene J., Quere L. (2007). Synthèse des impacts environnementaux des TCSL par milieu Evaluation des impacts environnementaux des Techniques Culturelles Sans Labour (TCSL) en France.49p.
- Lahlou S., Mrabet R. 2001. Tillage Influence on Aggregate Stability of a Calcixeroll oil in Semiarid Morocco. In Proc. I World Congress on Conservation Agriculture. Garcia-Torres et al. (eds). Madrid, Spain. October 1-5, 2001. pp. 249-254.
- Lahmar R., et Bouzerzour H.(2010). Du mulch terreux au mulch organique. Revisiter le dry-farming pour assurer une transition vers l'agriculture durable dans les hautes plaines sétifiennes. In actes des 4eme rencontres méditerranéenne du semis direct Sétif (Algérie), 3-5 mai 2010. Recherche agronomique, numéro spécial. pp 48-58
- Mahdi M., 2004. Contribution à l'étude de la technique de semis direct sous pivots. Mém. Ing., INA EHarrach, Alger, 60p.
- Massicotte D., Denis J., Lamarre G., 2000. Guide des pratiques de conservation en grandes culture. Ed.SPVQ. 17p.
- Mrabet R., 1997. Crop residue management and tillage systems for water conservation in a semiarid area of Morocco. PhD Thesis. Colorado State University, Fort Collins.
- Mrabet R., 2000. Differential response of wheat to tillage management systems under continuous cropping in a semiarid area of Morocco. *Field Crops Res.*, 66: 16 15-174.
- Mrabet R., 2001a. Le Semis Direct: Une technologie avancée pour une Agriculture durable au Maroc. Bulletin de Transfert de Technologie en Agriculture MADREF-DERD. N° 76, 4p. <http://www.agriculture.ovh.org>.
- Mrabet R., 2001b. No-tillage Farming: Renewing Harmony Between Soils and Crops in Semiarid Morocco. Third International Conference on Land Degradation (ICLD3) and Meeting of the IUSS Subcommittee C – Soil and Water Conservation. Rio de Janeiro, Brazil, September 17-21, 2001. <http://www.cnps.embrapa.br/icld3>
- Mrabet R. 2002a. Wheat yield and water use efficiency under contrasting residue and tillage management systems in a semiarid area of Morocco. *Exp. Agric.*, 38: 237-248.
- Mrabet R. 2002b. Conservation agriculture: for boosting semiarid soil's productivity and reversing production decline in Morocco. In Proc. Int. Workshop on Conservation agriculture for sustainable wheat production in rotation with cotton in limited water resource areas. 14-18 October 2002, Tashkent (Uzbekistan). pp. 56-61.
- Mrabet R. 2002c. Stratification of soil aggregation and organic matter under conservation tillage systems in Africa. *Soil Till. Res.*, 66: pp 119-128.

Références bibliographique

- Mrabet R., 2006. Soil quality and carbon sequestration: Impacts of no-tillage systems. *Options Méditerranéennes, Série A, Numéro 69*. pp 43-55.
- Mrabet R., El-Brahli A., Anibat I., Bessam F., 2003. No-tillage technology: Research review of impacts on soil quality and wheat production in semiarid Morocco.
- Mrabet R., IbnoNamr K., Bessam F., Saber N., 2001b. Soil chemical quality changes and implications for fertilizer management after 11 Years of no-tillage wheat Production Systems in semiarid Morocco. *Land Degrad. Develop.*, 12: pp 505-517.
- Mrabet R., Saber N., El-Brahli A., Lahlou S., Bessam F., 2001a. Total, particulate organic matter and structural stability of a Calcixeroll soil under different wheat rotations and tillage systems in a semiarid area of Morocco. *Soil Till. Res.*, 57: pp 225-235.
- Nouira A., Duchemin M., Benmansour M., Gallichand J., Bouksirate H. 2007. Efficacité du semis direct à contrer l'érosion hydrique en milieu agricole : mise en évidence à l'aide des techniques de radioéléments, de modélisation et de mesures aux champs (Maroc et Canada). Acte des JSIRAUF, Hanoi, 6-9 novembre 2007. 6p.
- Ozpinar S., Cay A., 2006 Effect of different tillage systems on the quality and crop productivity of a clay-loam soil in semi-arid north-western Turkey. In *Soil & Tillage Research 88* (2006). pp 95-106.
- Ozpinar S., Isik A., 2004. Effects of tillage, ridging and row spacing on seedling emergence and yield of cotton. *Soil & Tillage Research 75* (2004). pp 19-26.
- Pala, M., Harris, H.C., Ryan, J., Makboul, R. and Dozom, S. 2000. Tillage systems and stubble management in a Mediterranean-type environment in relation to crop yield and soil moisture. *Exp. Agric.*, 36: pp 223-242.
- Saber N., Mrabet R. 2002. Impact of no-tillage and crop sequence on selected soil quality attributes of a vertic calcixeroll soil in Morocco. *Agronomie 22*: pp 451-459.
- Triplett G. B., Warren A., 2008. No-Tillage Crop Production: A Revolution in Agriculture! Celebrate the Centennial [A Supplement to *Agronomy Journal*] 2008. pp 153-165.
- Valantin-Morison M., Guichard L., Jeuffroy M.H., 2008. Comment maîtriser la flore adventice des grandes cultures à travers les éléments de l'itinéraire technique? *Innovations Agronomiques n°3*, pp 27-41.
- Viaux P., 1999 une 3^{ème} voie en grand culture: environnement, Qualité, rentabilité. Ed. Agridécisions. pp 49-69
- Zaghouane O., Abedellaoui Z., Houassine D., 2006. Quelles perspectives pour l'agriculture de conservation dans les zones céréalières en conditions algériennes ? *Options Méditerranéennes, SérieA no. 69*. pp183-187.