

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Université Ferhat Abbas Sétif 1

Faculté des Sciences de la

Nature et de la vie



جامعة فرحات عباس، سطيف 1

كلية علوم الطبيعة و الحياة

Département des Sciences Agronomiques N°117/SNV/2012

MÉMOIRE

Présenté par : LAKAB Riadh.

Pour obtenir le diplôme de **Magister**

Option : **Production Végétale et Agriculture de Conservation**

THÈME

**EFFET DE LA FERTILISATION AZOTÉE SUR LA CULTURE DU BLÉ DUR
(*Triticum durum* Desf.) VARIÉTÉ « Bousselam » ET SUR LA DÉCOMPOSITION
DE LA MATIÈRE ORGANIQUE EN SEMIS DIRECT DANS LA REGION
SEMI-ARIDE DE SÉTIF.**

Soutenu publiquement le 11/12/2012

DEVANT LE JURY

Président : M^r LAOUER H.

Prof à UFA Sétif 1.

Rapporteur : M^r FENNI M.

Prof à UFA Sétif 1.

Examineur : M^r HAFSI M.

Prof. à UFA Sétif 1.

Examineur : M^r BOUNECHADA M.

MCA à UFA Sétif 1.

Année universitaire : 2011/2012.

REMERCIEMENT

El hamdo lillehi wahdeh wa ssalato wa ssalamo ala men la nabiya baadeh.

Au terme de cette étude, nous remercions, ALLAH tout puissant de nous avoir guidé durant toutes nos années de formation et de nous avoir permis la réalisation de ce présent travail.

Ce travail est la résultante de la contribution de plusieurs personnes dont je tiens à remercier vivement :

Toute ma reconnaissance et remerciement vont au Professeur **M. FENNI** qui a accepté de m'encadrer, merci infiniment de m'avoir orienté, dirigé, conseillé et encouragé veuillez trouver ici l'expression de ma profonde gratitude.

Mes vifs remerciements vont également à :

- Monsieur **H. LAOUER** Professeur à l'UFA de Sétif qui m'a fait l'honneur d'accepter de présider le jury.
- Monsieur **M. HAFSI** Professeur à l'UFA de Sétif ainsi que Monsieur **M. BOUNECHADA** Maître de conférence à l'UFA de Sétif qui m'ont fait l'honneur d'accepter de faire partie du jury de ce travail.

Mes sincères remerciements vont également à mon invité M : **M. MAKHLOUF**, Ingénieur d'Etat et chargé des programmes amélioration à la station expérimentale de l'ITGC de Sétif, pour son aide apportée durant toute la période de l'étude.

Je tiens à remercier profondément le Directeur de la station ITGC de Sétif, l'ensemble du personnel de cette station sans exception pour l'accueil, pour l'aide à la mise en place de l'expérimentation, pour le matériel végétal et l'équipement utilisé.

Le personnel des laboratoires du FERTIAL et de l'ITGC D'ALGER, pour les facilités qu'ils nous ont accordé.

Et

Je remercie tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

Je tiens à dédier ce présent travail

A ma chère mère ;

A mon cher père ;

A mes frères et sœurs ;

A toute ma famille ;

A tous mes camarades sans exception.

Riadh LAKAB.

SOMMAIRE

Introduction générale	01
Chapitre I: Revue bibliographique	03
I. L'Agriculture de Conservation	03
I.1- Définition	03
I.2- Les apports de l'Agriculture de Conservation	04
I.3- L'Agriculture de Conservation dans le monde, au Maghreb et en Algérie	05
I.3-1- L'Agriculture de Conservation dans le monde	05
I.3-2- L'Agriculture de Conservation au Maghreb	06
I.3-3- L'Agriculture de Conservation en Algérie	07
I.4- Les principes fondamentaux de l'Agriculture de Conservation	08
I.4-1- Le Semis Direct	08
I.4-1-1- Définition et principe	08
I.4-1-2- Objectifs du semis direct	08
I.4-1-3- Effets du semis direct sur les composantes du milieu cultivé	09
I.4-1-3-1- Effets du semis direct sur la composante biologique	09
I.4-1-3-2- Effets du semis direct sur la composante chimique	10
I.4-1-3-3- Effets du semis direct sur la composante physique	12
I.4-1-4- Les inconvénients du semis direct	13
II. Le blé et sa nutrition azotée	14
II.1- Les stades de développement du blé	14
II.1-1- La germination levée	14
II.1-2- Le tallage	14
II.1-3- La montaison	15
II.1-4- L'épiaison et la floraison	15
II.1-5- Le remplissage du grain et la maturation	16
II.2- La nutrition azotée du blé	16
II.2-1- Source de l'azote nécessaire aux plantes	16
II.2-2- Importance et rôle de l'azote dans le végétal	17
II.2-3- Variation des besoins azotés du blé au cours du cycle	18
II.3- La dynamique de l'azote	19
II.3-1- Les différentes formes de l'azote dans le sol	19
a) L'azote élémentaire	19
b) L'azote minéral	20
c) L'azote organique	20
d) L'azote total	21
II.3-2- Cycle de l'azote dans le sol	21
a) L'ammonification	22
b) La nitrification	22
II.3-3- Les voies de pertes de l'azote minéral du sol	23
a) La lixiviation des nitrates	23
b) La volatilisation	23
c) La dénitrification	24
d) L'immobilisation ou la réorganisation	24

III. La fertilisation azotée du blé	25
III.1- Les engrais azotés	25
III.1-1- Les engrais naturels	25
III.1-1 -1- Aperçus sur la matière organique du sol	26
III.1-2- Les engrais azotés minéraux	29
III.2- Effet de l'azote selon les stades végétatifs	30
III.3- Effet de la fertilisation azotée sur la décomposition de matière organique	32
III.4- Matière organique et efficacité de la fertilisation azotée	33
III.5- Le raisonnement de la fertilisation azotée	34
III.6- L'azote et l'agriculture de conservation	35
 Chapitre II: Matériels et Méthodes	 36
1. Description du site expérimental	36
1.1. Situation géographique du site expérimental	36
1.2. Caractéristiques pédoclimatiques du site expérimental	36
1.2.1. Le sol	36
1.2.2. Le climat	37
1.2.2.1. Pluviométrie	37
1.2.2.2. Température	38
2. Le végétal	41
3. Les engrais utilisés	41
3.1. Le sulfazot (26 % N)	41
3.2. L'urée (46 % N)	42
4. Mise en place de l'essai	42
4.1. Le dispositif expérimental	42
4.2. Traitements	44
5. La conduite de la culture	45
5.1. Le semis	45
5.2. Le désherbage	46
5.3. La fertilisation	46
5.4. La récolte	46
6. Notations et mesures	46
6.1. Caractères phénologiques et morphologiques	46
6.1.1. La date de levée	46
6.1.2. La date d'épiaison	46
6.1.3. La date maturité	46
6.1.4. La hauteur de plantes à maturité (HP)	47
6.2. Caractères physiologiques	47
6.2.1. Teneur en chlorophylle total (TCHL)	47
6.3. Caractères de production	47
6.3.1. Le nombre de plants par mètre carré (NP/m ²)	47
6.3.2. Le nombre de talles herbacées par mètre carré (TH/m ²)	48
6.3.3. Le nombre de talles par plante (coefficient de tallage-épi)	48
6.3.4. Le nombre d'épis par mètre carré (NE/m ²)	48
6.3.5. La matière sèche accumulée au stade épiaison (MS)	48
6.3.6. Le nombre des grains par épi (fertilité d'épi. NG/E)	48
6.3.7. Le poids de 1000 grains (PMG)	48
6.3.8. Le rendement biologique (Biomasse à maturité Rdt _b)	48
6.3.9. Le rendement en grains (Rdt _g)	49

6.3.10. Le rendement paille (Rdt _p)	49
6.3.11. L'indice de récolte (IR)	49
6.3.12. Le taux de grains mitadinés (Mtd)	49
7. Les analyses physico-chimiques du sol	49
8. L'analyse statistique des données	49

Chapitre III: Résultats et Discussions 50

1. Effet de la fertilisation azotée sur les variables mesurées	50
1.1. Le nombre de talles herbacées au mètre carré et le coefficient de tallage (TH/m ² ; T/P)	50
1.2. Le nombre d'épis au mètre carré et la matière sèche accumulée au stade épiaison (NE/m ² ; MS)	55
1.3. La fertilité d'épi (NG/E) et le poids de 1000 grains (PMG)	61
1.4. La hauteur (HP) et l'indice de récolte (IR)	68
1.5. Les variables de la productivité (Rdt _b ; Rdt _g et Rdt _p)	72
1.6. La variation de teneur en chlorophylle après la floraison (TCHL1; TCHL2 et TCHL3)	75
1.7. Le taux de mitadinage (Mtd%)	81
2. Etude des relations entre les moyennes des variables mesurées	83
3. Effet de la fertilisation azotée sur la décomposition de la matière organique	86
3.1. Effet de type d'engrais	86
3.1.1. Effet de l'urée	87
3.1.2. Effet du sulfazot	89

Conclusion générale 91

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Carrés moyens de l'analyse de variance des variables mesurés	51
Tableau 2. Groupes homogènes de variable : talles/m ² pour F1, F2 et F3	51
Tableau 3. Groupes homogènes de variable : talles/plante pour F1 et F3	53
Tableau 4. Groupes homogènes de variable : N E/m ² pour le facteur doses (F3).	55
Tableau 5. Groupes homogènes de variable : MS accumulée au stade épiaison pour F2 et F3.	56
Tableau 6. Groupes homogènes de variable MS pour l'interaction (F1x F2)	58
Tableau 7. Groupes homogènes de variable MS pour l'interaction F2 x F3.	59
Tableau 8. Groupes homogènes de variable MS pour l'interaction F1x F2 x F3.	60
Tableau 9. Groupes homogènes de variable : N G/E pour F1, F2 et F3.	62
Tableau 10. Groupes homogènes de variable N G/E pour l'interaction (F1x F2)	63
Tableau 11. Groupes homogènes de variable N G/E pour l'interaction (F1x F3)	64
Tableau 12. Groupes homogènes de variable N G/E pour l'interaction F1x F2 x F3	65
Tableau 13. Groupes homogènes de variable : PMG pour F2 et F3.	66
Tableau 14. Carrés moyens de l'analyse de variance des variables mesurés.	69
Tableau 15. Groupes homogènes de variable : HP pour F2 et F3	69
Tableau 16. Groupes homogènes de variable IR pour l'interaction (F1x F3)	71
Tableau 17. Groupes homogènes de variable : Rdt _b pour le facteur doses (F3).	72
Tableau 18. Groupes homogènes de variable : Rdt _g pour le facteur doses (F3).	74
Tableau 19. Groupes homogènes de variable : Rdt _p pour le facteur doses (F3).	74
Tableau 20. Carrés moyens de l'analyse de variance des variables mesurés	76
Tableau 21. Groupes homogènes de variable : TCHL1 pour le facteur doses (F3).	76
Tableau 22. Groupes homogènes de variable : TCHL2 pour le facteur doses (F3).	77
Tableau 23. Groupes homogènes de variable : TCHL2 pour l'interaction (F1x F3)	77
Tableau 24. Groupes homogènes de variable : TCHL3 pour le facteur doses (F3).	79
Tableau 25. Groupes homogènes de variable TCHL3 pour l'interaction (F1x F2)	79
Tableau 26. Groupes homogènes de variable TCHL3 pour l'interaction F1x F2 x F3	80
Tableau 27. Groupes homogènes de variable : Mtd% pour F1 et F3	81
Tableau 28. Corrélations entre les différentes variables mesurées	84

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Absorption d'azote au cours de la croissance du blé	18
Figure 2. Evolution de la matière organique du sol	26
Figure 3. Dégradation de la matière organique et de ses composants au cours de l'humification	28
Figure 4. Rendement du blé en fonction du taux de MO du sol et la fertilisation azotée	33
Figure 5. Le site expérimental	36
Figure 6. Courbe de variation de la Pl mensuelle pendant la période 1981/2011 et la campagne 2010/2011.	39
Figure 7. Courbe de variation de la T° mensuelle pendant la période 1981/2011 et la campagne 2010/2011.	39
Figure 8. Diagramme ombrothermique pour la campagne agricole 2010/2011	40
Figure 9. Diagramme ombrothermique pour les trente campagnes agricoles précédentes (1981/2011)	40
Figure 10. Le dispositif expérimental	43
Figure 11. Une parcelle élémentaire	44
Figure 12. Vue du dispositif expérimental de l'essai mis en place sur le site dite « Rmada » de la station de L'ITGC de Sétif au cours de la campagne 2010/2011 (au stade épiaison et maturité)	44
Figure 13. Le semis direct de la variété « Bousselam » sur un précédent cultural (pois-fourrager) sur le site dite « Rmada » de la station de L'ITGC de Sétif au cours de la campagne 2010/2011.	45
Figure 14. L'appariel « SPAD ».	47
Figure 15. Effet du type d'engrais sur le peuplement talles/ m ² .	52
Figure 16. Effet de mode de fractionnement sur le peuplement talles/ m ² .	52
Figure 17. Effet des doses d'engrais sur le peuplement talles/ m ² .	52
Figure 18. Effet du type d'engrais sur le coefficient du tallage.	54
Figure 19. Effet des doses d'engrais sur le coefficient du tallage.	54
Figure 20. Effet des doses d'engrais sur le nombre d'épi au mètre carré.	56
Figure 21. Effet du fractionnement (F2) sur la variable : quantité de MS accumulée au stade épiaison.	57
Figure 22. Effet des doses d'engrais (F3) sur la variable : quantité de MS accumulée au stade épiaison.	57
Figure 23. Effet de l'interaction F1 x F2 sur la variable quantité de MS accumulée au stade épiaison.	59
Figure 24. Effet de l'interaction F2 x F3 sur la variable : quantité de MS accumulée au stade épiaison.	59
Figure 25. Effet de l'interaction F1 x F2 x F3 sur la variable quantité de MS accumulée au stade épiaison.	60
Figure 26. Effet du Type d'engrais (F1) sur la variable N G/E	62
Figure 27. Effet du Fractionnement (F2) sur la variable N G/E	62
Figure 28. Effet des doses d'engrais (F3) sur la variable N G/E	62
Figure 29. Effet de l'interaction Type d'engrais x Fractionnement sur la variable N G/E.	63

Figure 30. Effet de l'interaction Types x Doses d'engrais sur la variable N G/E.	64
Figure 31. Effet de l'interaction Type x Fractionnement x Doses d'engrais sur la variable N G/E.	65
Figure 32. Effet du Fractionnement sur la variable PMG	67
Figure 33. Effet de doses d'engrais sur la variable PMG	67
Figure 34. Effet de Fractionnement (F2) sur la variable hauteur des plantes (HP).	70
Figure 35. Effet des doses d'engrais sur la variable (HP).	70
Figure 36. Effet de l'interaction Type d'engrais x doses sur l'indice de récolte (IR).	71
Figure 37. Effet des doses d'engrais sur la variable : Rdt_p	72
Figure 38. Effet des doses d'engrais sur la variable : Rdt_g	74
Figure 39. Effet des doses d'engrais (F3) sur la variable Rdt_p .	74
Figure 40. Effet des doses d'engrais sur la variable TCHL1.	76
Figure 41. Effet des doses d'engrais sur la variable TCHL2	77
Figure 42. Effet de l'interaction type x doses d'engrais sur la variable TCHL2.	77
Figure 43. Effet de mode fractionnement sur la variable TCHL3.	79
Figure 44. Effet de l'interaction type d'engrais x mode de fractionnement sur la variable TCHL3	79
Figure 45. Effet de l'interaction type x mode de fractionnement x doses sur la variable TCHL3	80
Figure 46. Effet de type d'engrais sur la variable taux de mitadinage (Mtd).	82
Figure 47. Effet des doses d'engrais sur le taux de mitadinage (Mtd).	82
Figure 48. Effet du type d'engrais sur la vitesse de la minéralisation de la matière organique	86
Figure 49. Effet de l'apport unique (TL) sur la vitesse de minéralisation de la MO au cours de temps	88
Figure 50. Effet de l'apport fractionné (1/2LT) sur la vitesse de minéralisation de la MO au cours de temps	88
Figure 51. Effet de l'apport unique (TT) sur la vitesse de minéralisation de la MO au cours de temps	88
Figure 52. Effet de l'apport unique (TL) sur la vitesse de minéralisation de la MO au cours de temps	90
Figure 53. Effet de l'apport unique (TT) sur la vitesse de minéralisation de la MO au cours de temps	90
Figure 54. Effet de l'apport fractionné (1/2LT) sur la vitesse de minéralisation de la MO au cours de temps	90

LISTE DES ABREVIATIONS

AC : Agriculture de Conservation
AF : Acide fulvique
AFD : Agence Française de Développement
AH : Acide humique
C : Carbone
C/N : Rapport de carbone organique sur l'azote total
CaO : Oxyde de calcium
CIC : Conseil International des Céréales
CIPAN : Culture Intermédiaire Piège A Nitrates
CM : Carrée Moyen
CO₂ : Dioxyde de carbone
CV : Coefficient de Variation
ddl : Degré De Liberté
F : Test de Fisher.
FAO : Food Agriculture Organisation
FERT : Formation pour l'Epanouissement et le Renouveau de la Terre
FFEM : Fonds Français pour l'Environnement Mondial
g : Gramme
H% : Taux d'humidité
ha : Hectare.
HCl : Chlorure d'hydrogène (acide chlorhydrique)
HP : Hauteur des plants
HPO₄⁻² : Hydrogènaposphate
ICARDA : International Center Agricol Research in the Dry Area
INRA : Institut National de la Recherche Agronomique
IR : Indice de récolte
ITCF : Institut Technique des Céréales et des Fourrages
ITGC : Institut Technique des Grandes Cultures
K₂O : Potasse
kg : Kilogramme
kg/ha : Kilogramme par hectare
km : Kilomètre
m : Mètre
MAP : Mono-Ammonium-Phosphate
Max : Maximum
mg : Milligramme
MG : Moyen général
MgO : Oxyde de magnésium
Min : Minimum
mm : Millimètre
MO : Matière organique
Moy : Moyenne

MS : Matière Sèche au stade épiaison
Mt : Millions de tonnes
Mtd% : Taux de mitadinage
N : Azote
Na₂O : Oxyde de sodium
NE/m² : Nombre des épis par mètre carré
NG/E : Nombre des grains par épi
NH₄⁺ : Ammonium
NH₃ : Ammoniac
NO₂⁻ : Nitrite
NO₃⁻ : Nitrate
NP/m² : Nombre des plantes par mètre carré
ONIGC : Office National Interprofessionnel des Grandes Cultures
ONM : Office Nationale Météorologique
P : Phosphore
P : Probabilités
P₂O₅ : Acide phosphorique
PI : Pluviométrie
PMG : Poids de Mille Grains
PNTTA : Programme National de Transfert de Technologie en Agriculture
q/ha : Quintaux par hectare
RCM : Le Réseau grandes Cultures Méditerranéen.
Rdt_b : Rendement biologique
Rdt_g : Rendement en grains
Rdt_p : Rendement paille
S : Souffre
SAU : Surface Agricole Utilisable
SCE : Somme des Carrées des Ecartés
SD : Semis Direct
SO₃ : Trioxyde de soufre
SO₄⁻² : Oxyde de soufre
T/P : Nombre de talles par plante
T° : Température
TCHL : Teneur en chlorophylle
TH/m² : Nombre de talles herbacées mètre carré.
U : Unité
U/ha : Unité par hectare
YR : Yellow Red

Introduction générale

Les céréales et leurs dérivées constituent l'alimentation de base dans beaucoup de pays en développement, particulièrement dans les pays maghrébins. En Algérie, les produits céréaliers occupent une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale. Elles ont toujours été et demeurent une denrée importante dans la ration alimentaire (YALLAOUI-YAICI et GHALEM, 2006 ; DJERMOUN, 2009).

Selon ONIGC (2007), la première place qu'occupe le blé dur depuis très longtemps dans le paysage céréalier de l'Algérie, ne peut que dévoiler l'intérêt que porte la population algérienne pour cette espèce qui se traduit par une consommation importante ayant atteint plus de 3,7 millions de tonnes en 2006/2007 dont plus de 40% sera comblé par les importations. Cet intérêt de blé dur réside dans la fabrication de semoulerie et des pâtes alimentaires (SIMON et *al*, 1989).

DRAOUI (2011) indique que selon un rapport du CIC publié en 2011, la facture de l'importation des céréales connaîtrait une légère baisse en 2012. Se basant sur des données récoltées sur l'évolution de la production des céréales, le CIC estime que l'Algérie devrait importer 8,1 millions de tonnes de produit de base contre 8,2 millions de tonnes en 2011.

L'incapacité de l'Algérie à s'auto-suffire en cette denrée reste déconcertante compte tenu des superficies emblavées. À priori ce sont les faibles rendements constatés qui font que la production reste encore timide, quand certains pays développés atteignent facilement les rendements moyens de 45 q/ha, l'Algérie frôle dans les meilleures années une moyenne nationale de 15 q/ha (ONIGC, 2007).

Les niveaux de rendement des cultures céréalières enregistrés chaque année, sont caractérisés par des fluctuations interannuelles importantes. Cette situation est due essentiellement à la production qui reste tributaire des facteurs agro-climatiques d'une part et d'autre part des facteurs d'ordre technique, la rotation, la fertilisation et le travail du sol. Cela se traduit d'une année à l'autre par des variations importantes de la SAU, de la production et du rendement (DJENNADI, 2006 ; DJERMOUN, 2009 ; ABDELLAOUI et *al*, 2010).

Une nouvelle approche visant à renverser le processus de dégradation des sols, l'amélioration de la production et la préservation de l'environnement est actuellement testée et utilisée à travers le monde, c'est l'Agriculture de Conservation. Cette dernière réduisant au

minimum la perturbation mécanique du sol et intégrant le semis direct, le paillis organique, et la diversification des cultures, elle est désormais pratiquée sur plus de 115 millions d'hectares dans tous les continents et toutes les écologies, y compris les milieux semi-arides méditerranéens. Les stratégies pour une gestion durable comprennent la conservation de la matière organique des sols, la minimisation de l'érosion, l'amélioration de la fertilité du sol et l'équilibrage entre production et besoins environnementaux, surtout face à la sécheresse (ABDELLAOUI et ZEGHOUANE, 2006 ; KASSAM et FRIEDRICH, 2010 ; M'RABET 2010).

ABDELLAOUI et *al* (2010) indiquent que le concept de l'agriculture durable vise principalement à maintenir la production végétale qui ne s'accomplit qu'avec la préservation de la capacité de production des sols (fertilité, qualité). La matière organique et l'activité biologique qui en découle, ont 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.

Quant on s'intéresse aux techniques culturales, il convient d'évoquer l'élément clé pour l'élaboration des rendements en blé, telle la fertilisation azotée qui nécessite actuellement une gestion plus stricte, qui repose sur la stratégie d'adapter les apports aux besoins de la culture durant ses différents stades de développement (JUSTES, 1993 *in* FERTAS, 2007).

Dans la dernière moitié du 20^{ème} siècle, une augmentation importante des rendements a été rendue possible par l'utilisation de l'azote, produit industriellement depuis les années 40. Ainsi, une meilleure nutrition des plantes par la fertilisation peut permettre une augmentation des rendements et de la qualité tout en préservant les sols et les ressources naturelles. L'utilisation des engrais doit être effectuée de façon adéquate pour protéger l'environnement et restituer au sol les ressources exportées par les plantes ; elle dépend de la richesse initiale du sol en éléments fertilisants, du type de sol, du stade d'apport et du niveau de rendement visé (BADRAOUI et *al*, 2000 ; EVANS, 1998 *in* LATIRI ,2002 ; LATIRI, 2002).

À cet égard nous avons entrepris un travail pour étudier l'effet de 02 types d'engrais azotés apportés à différents fractionnements et à différentes doses sur la culture du blé dur variété « Bousselam » installée par semis direct sous un couvert végétal mort (paille) en conditions semi-aride. Le but de cette étude est de discerner le type d'engrais le plus efficace, le bon choix de mode de fractionnement et la meilleure dose, pour l'élévation des rendements et de voir aussi l'influence de cette fertilisation sur la décomposition de la matière organique.

REVUE
BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I : Revue Bibliographique

I. Aperçus sur l'Agriculture de Conservation

I.1- Définition

Depuis l'apparition des techniques de Non Labour, la taxonomie francophone et anglophone est importante pour décrire les différentes techniques de travail du sol en Non Labour. Il existe peu de relations entre les termes anglophones et francophones. Pour simplifier et homogénéiser les échanges sur ces techniques de travail du sol, la FAO a proposé une définition regroupant tous les termes utilisés (BENITES et ASHBURNER, 2001, *in* CHEVRIER et BARBIER, 2002). Le terme « Agriculture de Conservation » (des sols) est le terme générique à employer. Sa définition a été retenue lors du « First World Congress on Conservation Agriculture » qui s'est déroulé à Madrid du 1 à 5 Octobre 2001 (CHEVRIER et BARBIER, 2002).

Selon FAO (2011), « L'agriculture de conservation » (AC) vise des systèmes agricoles durables et rentables et tend à améliorer les conditions de vie des exploitants au travers de la mise en œuvre simultanée de trois principes à l'échelle de la parcelle: le travail minimal du sol ; les associations et les rotations culturales et la couverture permanente du sol ». Elle est un nouvel élément déterminant et une opportunité d'établissement d'une agriculture durable et compétitive, apte à affronter les défis environnementaux, économiques et sociaux dans un contexte de globalisation (CHABANE, 2010).

L'utilisation du terme « Agriculture de Conservation » au lieu de Non labour, labour de conservation, le Semis Direct et à plusieurs autres termes a contribué grandement à améliorer la compréhension de l'agriculture d'une manière plus durable dans les organisations nationales et internationales du monde entier. Le problème de ce terme cependant, c'est ce qu'il comporte un tel éventail de technologies différentes qu'il est difficile de comprendre ce qu'on entend, car les dénominations et les définitions sont traitées en toute liberté dans différentes parties du monde (DERPSCH, 2008).

I.2- Les apports de l'Agriculture de Conservation

Plusieurs auteurs, dont CHEVRIER et BARBIER (2002) ; BENHAMADI (2010) ; CHABANE (2010) ; LAHMAR et BOUZERZOUR (2010) ; MAHNANE et BOUKHLIF (2010) ; THOMAS et MAKHLOUF (2010) ; M'RABET (2011) ; LI et *al*, (2011) considèrent que l'adoption de l'agriculture de conservation apporte plusieurs avantages :

a) Sur le plan de l'environnement :

- Protection du sol contre l'érosion ;
- Amélioration de la protection et la qualité des eaux de surface ;
- Enlèvement des polluants chimiques inutiles de l'environnement de la culture ;
- Réduction de la consommation d'eau pour la production agricole ;
- Réduction des doses d'engrais et de pesticides, diminuant leur impact sur la pollution des nappes phréatiques ;
- Accroissement de la biodiversité et de l'activité biologique (développement des vers de terre, concentration de la microfaune en surface ; les saprophytes par exemple) ;
- Contribution à la réduction de l'effet de serre par la diminution de la dépense énergétique, le stockage du carbone dans le sol (= séquestration de carbone).

b) Sur le plan de l'agronomie :

- Enrichissement et concentration des matières organiques des sols en surface ;
- Amélioration de la structure du sol et de la stabilité structurale ;
- Réduction de l'évaporation de l'eau du sol et augmentation de la capacité de rétention ;
- Protection du sol contre les fortes températures ;
- Amélioration progressive de la fertilité du sol ;
- Améliorations des productions agricoles ;
- Peu d'influence sur la fertilisation.

c) Sur le plan économique :

- Un gain de temps appréciable dans l'application de l'itinéraire technique, tout en allongeant la vie des tracteurs ;

- Une demande en main d'œuvre réduite ;
- Réduction des coûts d'apports tels que les combustibles et les engrais.

I.3- L'Agriculture de Conservation dans le monde, au Maghreb et en Algérie

I.3-1- L'Agriculture de Conservation dans le monde

L'agriculture de conservation est un système s'approche de l'agriculture durable, en effet la plupart de l'agriculture de conservation est actuellement fait aux Etats-Unis, Brésil, Argentine, Canada, Australie, et autres pays développés. Comme il a bien été décrit par KASSAM et *al*, (2009) in LI et *al*, (2011), brièvement, il est estimé que, dans le monde entier, il y a maintenant près de 106 millions d'hectares des cultures arables cultivées chaque année dans les systèmes de l'agriculture de conservation. Actuellement, l'Amérique du Sud possède la plus grande aire sous l'agriculture de conservation avec 49 586 900 ha (46.6% de superficie mondiale totale sous l'agriculture de conservation) suivi par l'Amérique du Nord (39 981 000 ha, 37.5%). L'Australie et la Nouvelle Zélande ont 12 162 000 ha (11.4%), l'Asie 2 630 000 ha (2.3%), l'Europe 1 536 100 ha (1.4%) et l'Afrique 470 100 ha (0.4%). L'USA est classé le premier (26 500 000 ha) parmi les différents pays (LI et *al*, 2011).

Selon DERPSCH et FRIEDRICH (2009), les systèmes de production des cultures basés sur l'Agriculture de Conservation connaissent un intérêt croissant dans la plupart des pays à travers le monde. Le Non Labour a été élargi pour des sols et des climats pensés antérieurement inadéquats pour pratiquer cette technologie avec succès. Il est maintenant pratiqué par les agriculteurs du cercle polaire (exemple : Finlande), au niveau de l'équateur (exemple : Kenya, Ouganda), à environ 50° de latitude Sud (exemple : les îles Malouines). A 3000 m d'altitude (exemple : Bolivie, Colombie), à partir des conditions extrêmement sèches, avec 250 mm par an (exemple : l'Australie occidentale), aux zones extrêmement pluvieuses à 2000 mm par année (exemple : Brésil) ou 3000 mm par an (exemple : Chili). Le Non Labour est pratiqué sur tout type et taille des exploitations agricoles d'un demi-hectare (exemple : la Chine, la Zambie), à des centaines d'hectares dans de nombreux pays du monde et à des milliers d'hectares (exemple : Australie, Brésil, Etats-Unis, Kazakhstan). Il est pratiqué sur des sols qui varient du sable à 90% (exemple : Australie), à 80% d'argile (exemple : Brésil).

I.3-2- L'Agriculture de Conservation au Maghreb

L'évolution de la croissance démographique, la demande alimentaire, les conséquences du réchauffement planétaire, la dégradation des conditions physiques de l'agriculture, la baisse des ressources hydriques, des éléments qui indiquent que l'avenir de la sécurité alimentaire dans les pays du Maghreb semble plus que menacé. L'agriculture de conservation dans ce contexte est perçue comme une alternative viable et pourrait constituer une réponse aux défis de la rareté et à la dégradation des ressources naturelles de base et à l'instabilité des productions agricoles. L'adaptation de l'agriculture de conservation dans les pays du Maghreb réclame de prendre en considération les spécificités agro-climatiques, environnementales et financière de l'activité agricole dans ces pays (CHABANE ,2010).

D'après VADON et *al* (2006), des groupes de base pour répondre aux attentes des producteurs, il s'agit initialement de deux "Groupes Témoins" du réseau RCM/FERT, l'un dans la région de Mateur en Tunisie et l'autre dans la région de Settât au Maroc. Le troisième cas correspond à la situation d'un groupe récemment sensibilisé aux concepts de l'agriculture de conservation dans le cadre d'une relance des activités du RCM en Algérie. Ce sont, à notre connaissance et à ce jour, les premières et les seules démarches de l'agriculture de conservation menées au Maghreb par des groupes paysans structurés.

Le véritable « démarrage » d'actions concrètes centrées sur une démarche d'Agriculture de Conservation (AC) se situe à la fin des années 1990 avec, d'une part, le programme de création du « prototype marocain » de semoir SD initié par l'INRA de Settât, et d'autre part, le programme « Agro-écologie et Semis Direct » mis en place en Tunisie par l'AFD et le FFEM. Le début d'une véritable implication concrète des agriculteurs dans ces démarches remonte donc, globalement, à cette période (VADON et *al*. 2006).

En Tunisie l'aire sous le Non Labour est augmentée de 27 ha sur les 10 exploitations en 1999 à presque de 6000 ha sur 78 fermes en 2007. Les résultats agronomiques de dix ans d'expérimentation, échelle exploitation, par zone bioclimatique ont montré qu'au niveau du subhumide, le rendement de blé dur conduit en semis direct est en moyenne supérieur de 8 q/ha par rapport au semis conventionnel. Alors qu'au niveau de la zone semi-aride inférieure cette différence est de 3,5 q/ha, elle atteint 7 q/ha au niveau du semi-aride supérieur (BACCOURI, 2008 *in* DERPSCH et FRIEDRICH, 2009 ; ANGAR, 2010).

I.3-3- L'Agriculture de Conservation en Algérie

En Algérie, l'intensification de l'agriculture pour une production accrue, bien qu'elle ait permis d'accroître les niveaux de productivité et limiter les empiètements les plus graves sur les terres, n'a pas empêché les effets négatifs sur l'environnement. Aussi, le développement durable doit être allié avec l'environnement pour ne pas compromettre les progrès réalisés dans le domaine des rendements et exige des stratégies plus efficaces de gestion des sols, de l'eau, et de la fertilité (BOUFNAR-ZAGHOUE et ZAGHOUE, 2006).

Selon ABDELLAOUI et *al* (2010), le phénomène de dégradation du sol est présent dans les hauts plateaux et les hautes plaines, zones de pratique de la céréaliculture, dû à plusieurs facteurs: le déficit hydrique, les pratiques culturales inadaptées et la surexploitation des terres qui ne suivent plus l'évolution pédoclimatique du milieu. La technique du travail du sol classique avec labour a atteint ses limites de développement dans certaines régions. Les terres labourées sont sujettes à l'érosion et à la baisse de fertilité impliquant des dégradations physiques parfois irréversibles. Pour limiter ce phénomène et raisonner avec le concept d'une agriculture durable, le recours aux techniques simplifiées et au semis direct serait le plus conseillé.

En Algérie, le semis direct est encore à son stade embryonnaire alors qu'au Maroc (KACEMI, 1992 ; KACEMI et *al*, 1995 et MRABET, 2001 *in* BOUZRARA et *al*, 2010) et en Tunisie (RAUNET, 2002 *in* BOUZRARA et *al*, 2010) la plus grande part des travaux concerne les aspects phytotechniques (rendements, contrôle des résidus, contrôle des mauvaises herbes et rotations des cultures) et de machinisme agricole (semoirs).

Les résultats obtenus ont montré que les systèmes de l'Agriculture de Conservation permettent une amélioration dans l'emménagement de l'eau dans une profondeur variant de 15 à 30 cm. Ainsi, Les deux cultures (le blé dur et la lentille) se sont mieux comportées en Semis Direct, particulièrement pour le rendement et ses composantes (CHABANE, 2009).

D'après BOUZERZOUR et *al* (2011), les résultats ont suggéré que le blé dur peut être grandi sous le non labour avec l'attente que le rendement du grain sera au moins égale au rendement de grain dans le travail conventionnel.

I.4- Les principes fondamentaux de l'Agriculture de Conservation

Selon THOMAS (2006) et FAO (2011), Les grands principes de l'Agriculture de Conservation sont les mêmes quelles que soient les conditions pédoclimatiques ou socio-économiques :

- Un travail du sol réduit ou « minimal » (allant jusqu'à absence totale de ce dernier, cas des systèmes de Semis Direct) ;
- Une couverture végétale maximale sinon permanente du sol par un mulch végétal vivant ou mort (paille) ;
- La diversification systématique des rotations culturales (notamment dans le cas des cultures annuelles), ou associations culturales dans le cas des cultures pérennes.

I.4-1- Le Semis Direct

I.4-1-1- Définition et principe

La technique de culture connue sous le nom de "Semis Direct", ou "Non Labour" s'inscrit dans un ensemble de techniques connues en tant qu'"Agriculture de Conservation". C'est un système de conservation, de gestion des sols et des cultures, dans lequel consiste à semer sur les chaumes de la culture précédente sans travail du sol préalable. Seul un petit trou ou un sillon est ouvert, de profondeur et largeur suffisantes avec des outils spécialement conçus à cet effet pour garantir une bonne couverture et bon contact de la semence avec le sol. Aucune autre préparation du sol n'est effectuée. L'élimination des mauvaises herbes, avant et après le semis et pendant la culture, est faite avec des herbicides, les moins polluants possibles pour le sol qui doit toujours rester couvert (SEGUY et *al*, 2001 ; AIBAR, 2006 ; ARNAL, 2006).

I.4-1-2- Objectifs du semis direct

L'objectif essentiel de technique du semis direct est de conserver, d'améliorer et d'utiliser les ressources naturelles d'une façon plus efficiente par la gestion intégrée du sol, de l'eau, des agents biologiques et des apports de produits externes. L'objectif final est de mettre en place une agriculture durable qui ne dégrade pas les ressources naturelles, sans renoncer pour autant à maintenir les niveaux de production (ARNAL, 2006).

I.4-1-3- Effets du semis direct sur les composantes du milieu cultivé

Il y a des changements dans les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol lorsque le semis-direct est adopté. Ce dernier améliore les propriétés du sol ainsi que la qualité des eaux souterraines et sont bénéfiques pour la microfaune et l'environnement. Ces changements dépendent des types de sol, de la climatologie, des cultures et des itinéraires techniques (CARVALHO, 2006 ; DE BENITO et SOMBRERO, 2006).

I.4-1-3-1- Effets du semis direct sur la composante biologique

a- Les organismes du sol

ANGERS (2001) considère qu'un sol bien pourvu en matière organique, présentera une source d'énergie pour la plupart des organismes du sol et sa présence est donc essentielle à l'activité biologique. Les microorganismes du sol selon DORAN (1980) in CAROF (2006) sont : la microflore (e.g. les bactéries, les champignons) et la microfaune telluriques (e.g. les nématodes, les protozoaires). La répartition de l'activité biologique au niveau du profil cultural dans les parcelles en travail superficiel où la masse de microfaune est presque deux fois plus importante dans la couche 0-10 cm que dans la couche 20-30 cm (CHEVRIER et BARBIER, 2002).

L'effet améliorateur de l'activité lombricienne par l'arrêt du travail du sol a souvent été décrit. Le non labour engendre une sélection des espèces lombriciennes. Les espèces anéciques (dont *Lumbricus terrestris*, qui forme généralement de grandes galeries profondes et verticales) sont favorisées en non labour par rapport au labour car les galeries sont permanentes alors qu'elles sont détruites par le labour. C'est également le cas des épigés (vers de petite taille qui vivent plutôt en surface dans les débris organiques du sol) car les techniques sans labour concentrent les débris végétaux en surface. Cette augmentation d'activité lombricienne peut avoir deux effets : l'augmentation de la porosité tubulaire constituée de galeries et de la porosité dite d'assemblage (LEULIER, 1996 et RASMUSSEN, 1999 in HEDDADJ et CLOAREC, 2010).

Les vers de terre jouent un rôle très important dans la dégradation et la migration des matières organiques, le drainage au travers des galeries et le maintien d'un état structural favorable (LABREUCHE et BODET, 2001 in CHEVRIER et BARBIER, 2002). Les vers de

terre font partis du premier maillon dans la dégradation des matières organiques. Les galeries des vers de terres autorisent la percolation de l'eau en profondeur et limite le ruissellement en surface.

b- Les ennemis des cultures

CHEVRIER et BARBIER (2002) notent que l'absence ou la réduction forte du travail du sol permettent donc non seulement le développement de la macrofaune du sol mais également le retour et/ou le maintien d'oiseaux sauvages.

Le semis direct favorise le développement des graminées annuelles et des adventices vivaces, même si ce développement dépend plus des conditions pédoclimatiques et de la succession culturale que du travail du sol. La plus grande prolifération des adventices en semis direct peut accroître les charges opérationnelles liées aux herbicides (EL TITI, 2003c ; MURPHY et *al*, 2006 ; DEBAEKE et ORLANDO, 1994 *in* CAROF, 2006).

I.4-1-3-2. Effets du semis direct sur la composante chimique

a- Les matières organiques

Les matières organiques sont l'ensemble des constituants organiques, morts ou vivants, d'origine animale ou microbienne, fortement transformés ou non, que l'on trouve dans les sols. Elles comprennent donc à la fois l'humus, des débris végétaux et des êtres vivants (CHEVRIER et BARBIER, 2002).

Une des raisons qui explique les changements de la composante biologique dans un système de culture sans travail du sol est la présence de ressources nutritionnelles différentes en quantité et en qualité par rapport à un système de culture avec travail du sol. Comparé à un sol labouré, les teneurs en azote et carbone organiques augmentent en semis direct, dans les cinq à dix premiers centimètres de sol (PEKRUN et *al*, 2003 *in* CAROF, 2006).

BALESDENT et *al*, (2000) ; PEKRUN et *al*, (2003) *in* CAROF, (2006) mettent en évidence une importante réduction de la vitesse de minéralisation du carbone organique en semis direct par rapport à un sol travaillé. Malgré tout, la quantité élevée de matières organiques permet de conserver une minéralisation importante en semis direct.

En semis-direct, les résultats expérimentaux montrent que l'augmentation du taux de matière organique du sol compense l'effet d'augmentation de l'acidité de la couche superficielle

du sol causé par l'apport d'engrais en surface. Le pH du sol a diminué dans les 10 centimètres supérieur dans le labour de conservation comparé au labour conventionnel (CRAVALHO, 2006 ; DE BENITO et SOMBRERO, 2006).

b- Les éléments minéraux

AL-OUDA (2010) montre que la mise en œuvre des pratiques agricoles améliorées peut modifier le milieu sol en agissant sur le statut des éléments nutritifs. Le non retournement du sol en semis direct conduit à un enrichissement en éléments minéraux des premiers centimètres de sol par rapport à une situation avec labour. D'autre part, des études rapportent que le lessivage des nitrates peut être réduit lorsque le sol n'est plus travaillé (FOLLETT et PETERSON, 1988 ; EDWARDS *et al*, 1992 ; POWER et PETERSON, 1998 ; HALVORSON *et al*, 2001 *in* CAROF, 2006).

La concentration des matières organiques en surface engendre des répercussions sur les éléments minéraux et leurs devenir. Comme nous l'avons vu précédemment, les pertes d'azote par lixiviation sont amoindries en semis direct en raison d'une réduction de la minéralisation. En 1996, l'ITCF a conclu sur la difficulté de prendre en compte l'effet de la simplification du travail du sol dans le calcul des postes du bilan prévisionnel de l'azote (CHEVRIER et BARBIER, 2002).

Les micro-organismes du sol servent de médiateur dans la minéralisation de la matière organique du sol et des éléments nutritifs. La biomasse microbienne est un réservoir petit mais important des éléments nutritifs (C, N, P et S) et beaucoup de transformations de ces éléments se produisent dans la biomasse (DICK, 1992 *in* AL-OUDA, 2010).

Les sols en semis-direct développent un très fort gradient dans la concentration d'éléments nutritifs, particulièrement ceux qui sont moins mobiles dans le sol, tel que le phosphore. Les résultats expérimentaux suggèrent que c'est là un des effets bénéfiques du semis-direct. Une autre interaction significative entre labour et fertilisation est l'importance de la période du premier apport d'azote en surface (au stade tallage) notamment lors d'hivers humides. Dans les systèmes de travail du sol conventionnels, et en conditions trop humides, cet apport peut être retardé du fait de l'impossibilité d'entrer dans les parcelles avec le matériel agricole (CRAVALHO, 2006).

Le même auteur indique que l'augmentation du taux de matière organique du sol, qui se produit habituellement en semis-direct, semble être le seul moyen efficace pour surmonter la faible efficacité de la consommation d'azote des céréales d'hiver en conditions méditerranéennes. Les résultats montrent que, pour un taux de matière organique égale à 1%, l'apport d'azote le plus économique serait de 160 unités/ha et que le rendement correspondant serait de 3063 kg/ha de blé. Cependant, pour un taux de matière organique de 3% le niveau d'azote le plus économique serait de 37 unités/ha et le rendement serait alors de 3862 kg/ha de blé.

I.4-1-3-3. Effets du semis direct sur la composante physique

En modifiant la structure du sol, le semis direct affecte la qualité du sol, particulièrement la circulation de l'air et de l'eau, la pénétration des racines dans le sol et l'accessibilité des nutriments aux végétaux (DEXTER, 1997 *in* CAROF, 2006).

De nombreux travaux montrent que le remplacement du labour par un travail simplifié entraîne une augmentation de la densité du sol. En conséquence, la porosité totale diminue en non travail du sol dès les premières années de la mise en place du système (GUERIF, 1994 ; MAILLARD *et al*, 1995 ; RASMUSSEN, 1999 *in* HEDDADJ et CLOAREC, 2010).

La structure du sol s'améliore car l'agrégation des particules du sol augmente, permettant ainsi une meilleure croissance racinaire. Le captage et la disponibilité de l'eau pour la culture s'améliorent car les résidus végétaux que l'on laisse en surface réduisent l'évaporation, et augmentent l'infiltration à travers la présence de macropores, de lombrics et de petits canaux qui subsistent là où étaient auparavant les racines de la culture précédente (AIBAR, 2006).

CAROF (2006) note que la présence d'un couvert végétal pérenne participe à l'évolution de la structure du sol par le système racinaire des plantes. Après décomposition de la racine et comme le sol n'est pas perturbé, le biopore demeure et participe à la fois aux transferts d'eau et de solutés, à l'aération du sol et au développement des racines de la culture suivante. En outre, la présence de couvert végétal permanente, mort ou vivant, peut réduire les effets néfastes des gouttes de pluie sur le sol. Certains auteurs suggèrent que l'augmentation de la formation d'agrégats stables en semis direct est directement liée à l'accroissement des populations de microorganismes du sol dans cette situation culturale. Ainsi, le passage d'engins agricoles

dégrade la structure : il entraîne un tassement localisé qui est fonction de la pression exercée, du temps d'application, de l'humidité du sol et de l'état de compacité initial (JAKOBSEN et DEXTER, 1988 ; KAY, 1990 ; DEXTER, 1991 ; OADES, 1993 ; ROPER et GUPTA, 1995 ; RICHARD *et al*, 1999 in CAROF, 2006).

Les effets sur quatre ans du semis direct ont résulté en une réduction de l'érosion et du tassement du sol et de meilleures caractéristiques physiques du sol grâce à l'augmentation de la porosité biologique, et l'amélioration structurelle et la stabilité du sol. Ces meilleures conditions du sol ont permis une croissance des racines plus profonde, un taux d'infiltration plus élevé, et une meilleure capacité portante des sols (FREIXIAL et DE CARVALHO, 2006).

I.4-1-4- Les inconvénients du semis direct

AIBAR (2006) montre que le semis direct présente des inconvénients :

- On peut voir apparaître un compactage superficiel du sol et des problèmes de passage de pneus, causés en général par le passage de la machinerie, ou par le piétinement du bétail lorsque le sol est humide. Les vers du sol et les taupes peuvent également causer des dommages ;
- Lorsqu'il y a une grande quantité de résidus en surface, le sol peut être plus froid et la croissance de la plante cultivée peut être, initialement, plus lente ;
- Les températures plus fraîches et la plus grande humidité du sol qui vont de pair avec le labour de conservation peuvent augmenter l'incidence de maladies causées par des champignons du sol ;
- Les résidus des récoltes, s'ils sont importants, peuvent poser des difficultés de gestion ;
- Bien que les herbicides employés habituellement en semis direct, comme outil pour éliminer les mauvaises herbes présentes avant d'effectuer le semis, soient peu dangereux, leur utilisation indiscriminée peut augmenter les risques environnementaux, dont la sélection d'écotypes résistants à ces herbicides ;
- Finalement, le non labour prolongé dans les champs sous labour de conservation produit un changement de la flore existante, en favorisant ainsi certaines espèces, dont les espèces vivaces.

II. Le blé et sa nutrition azotée

II.1- Les stades de développement du blé

Le développement représente l'ensemble des modifications phénologiques qui apparaissent au cours du cycle des cultures. Les dates de déclenchement des stades de développement dépendent essentiellement aux températures et aux photopériodismes que subisse la culture depuis sa germination (BOUFNAR-ZAGHOUNE et ZAGHOUNE, 2006).

II.1-1- La germination levée

Elle correspond à la reprise d'une activité physiologique importante du germe et se traduit par une croissance rapide des méristèmes embryonnaires. Les conditions du milieu, telles que la température, l'humidité et l'aération du sol doivent être, pour cela favorables. La teneur en eau du sol optimal est comprise entre 30-40% de la capacité du champ et la température dans l'intervalle 15-22°C. La levée se distingue par l'apparition, hors de la surface du sol, de la coléoptile (GHOUAR, 2006).

D'après SOLTNER (2005), toute semence mise en terre ne peut germer que si deux sortes de conditions sont réunies : la graine doit être capable de germer, et le sol doit fournir à la graine l'eau, l'oxygène et la chaleur. On parlera de levée lorsque 50% des plantes seront sorties de terre (BELAID, 1986).

II.1-2- Le tallage

BOUFNARE-ZAGHOUNE et ZAGHOUNE (2006) mentionnent que le tallage se caractérise par l'entrée en croissance de bourgeons différenciés à l'aisselle des feuilles. Il est un mécanisme en trois phases : formation du plateau du tallage, l'émission des talles et la sortie de nouvelles racines. Ce stade est réalisé lorsque 50 % des plantes ont une talle (INOAT et COUVREUR, 1980 in HARRAT, 2005 ; SOLTNER, 2005).

Le nombre de talles produites est en fonction de la variété, du climat, de l'alimentation minérale et hydrique de la plante, ainsi que de la densité de semis. La nutrition minérale notamment azotée est faible jusqu'au stade 2-3 feuilles car satisfaite par les ressources de la graine et l'azote minéral présente dans le sol. Le facteur nutritionnel peut

modifier la vitesse du tallage herbacé, la durée du tallage et le nombre de talles (MASLE, 1980 ; AUSTIN et JONES, 1975 *in* DERDOUR, 2007).

II.1-3- La montaison

D'après SOLTNER (1999), les entre-nœuds d'un certain nombre de talles herbacées s'allongent très rapidement, tandis que sur le dernier nœud s'élève l'épi continuant à se former. Les talles-épis entrent alors en concurrence avec celles qui n'ont pu monter faute de nourriture : ces dernières régressent et meurent. Ce phénomène se manifeste chez les jeunes talles par une diminution de la croissance puis par un arrêt de celle-ci (MASLE-MEYNARD, 1981 *in* GHOUAR, 2006).

Il est évident qu'à ce moment, la croissance entraîne des besoins élevés en éléments fertilisants, et particulièrement en azote nécessaire à la formation des nucléoprotéines des noyaux des cellules jeunes. C'est donc de la période tallage-montaison que dépend en définitive le tallage-épi, garantissant le peuplement maximum en épis à l'hectare. La durée de ce stade est très variable ; elle est de 29 à 30 jours. Elle se termine au moment de la différenciation des stigmates (PRATS et CLEMENT-GRANDCOURT, 1971).

II.1-4- L'épiaison et la floraison

D'après GATE, 1987 *in* GHOUAR (2006), l'épiaison se caractérise par l'émission de l'épi hors de la gaine de la feuille étendard. La vitesse de croissance de la plante est alors maximum, consécutivement à l'élaboration d'une quantité élevée de la matière sèche. On estime que la plante élabore les trois quarts de sa matière sèche totale entre le tallage et la floraison (PRATS et CLEMENT-GRANDCOURT, 1971).

C'est au cours de cette période que s'achève la formation des organes floraux que s'effectue la fécondation, sans que rien ne vienne signaler cette pollinisation interne. Ce n'est qu'ensuite que le filet de chaque étamine s'allongera, faisant apparaître les anthères hors des glumelles : c'est la floraison. Le nombre des fleurs fécondées au cours de cette période critique dépendra de la nutrition azotée disponible et d'une évapotranspiration pas trop élevée. Il est d'observation courante que les bonnes années à blé sont celles où l'on observe 3 grains à l'épillet (PRATS et CLEMENT-GRANDCOURT, 1971 ; SOLTNER, 1999).

II.1-5- Le remplissage du grain et la maturation

BOUFNARE-ZAGHOUNE et ZAGHOUNE (2006) notent qu'au cours de cette phase, l'embryon se développe et l'albumen se charge de substance de réserve. On observe une augmentation du volume du poids des graines. La phase se termine par le stade laiteux. En suite, le poids frais des grains continue à augmenter alors que celui des tiges et des feuilles diminue. La phase se termine par le stade pâteux. Entre ces deux stades, la quantité d'eau contenue dans le grain est stable, c'est le palier hydrique. Puis le grain devient dur et sa couleur devient jaunâtre (la maturité). C'est une étape qui est sensible aux effets de variation environnementale, qui se répercute sur le rendement grains (ROBERT, GATE et COUVREUR, 1993 *in* HARRAT, 2005 ; GRIGNAC, 1964 ; LELIEVRE et NOLOT, 1977 *in* GHOUAR, 2006).

II.2- La nutrition azotée du blé

II.2-1- Sources de l'azote nécessaire aux plantes

Selon POUSSET (2002), les sources naturelles d'azote alimentant les végétaux sont nombreuses, telles que :

- La fixation symbiotique (bactéries rhizobiums) ;
- La fixation non symbiotique (les azotobacters) ;
- Les pluies (les orages) ;
- La fumure organique (les résidus organiques) ;
- La fumure minérale (les engrais).

L'azote est un élément fondamental de la nutrition végétale. En agriculture, l'azote nécessaire aux plantes autres que les légumineuses provient de deux sources principales :

- a- L'azote assimilable issu des matières organiques azotées du sol ;
- b- L'azote apporté sous forme d'engrais. Celui-ci est destiné à remédier aux insuffisances. Mis à part les légumineuses et quelques rares espèces la grande majorité des végétaux s'alimente à partir de l'azote minéral combiné prélevé dans le sol par les racines, celles-ci sont capables d'observer l'azote sous forme ammoniacale ou nitriceuse (COIC, 1950 ; BUSCH, 1983 *in* HAMDI, 1994).

II.2-2- Importance et rôle de l'azote dans le végétal

L'azote est essentiel à la croissance des plantes, son action positive sur les rendements des céréales fait de lui un facteur limitant quand les autres facteurs sont à leur optimum (eau, conditions climatique, nutrition minérale et techniques culturales). Les agronomes le considèrent comme le pivot de la fumure car son apport au sol peut augmenter sensiblement les rendements des cultures (POUSSET, 2002 ; HARRAT, 2005).

D'après BELAID (1986), l'azote est un élément nécessaire à la multiplication cellulaire et au développement des organes végétatifs. Il joue un rôle prépondérant dans la synthèse des glucides et la constitution des réserves azotées ; et aussi dans la multiplication des chloroplastes, expliquant la couleur vert foncé après l'apport d'azote. De plus, il entre dans la composition des nucléoprotéines des noyaux des cellules, il est donc le facteur déterminant de la croissance des organes végétatifs (SIMON et *al*, 1989 ; HAMDI, 1994).

GHOUAR (2006) pense qu'une plante qui est approvisionnée suffisamment en azote se développe rapidement et donne beaucoup de feuilles et de tiges. Par contre, SIMON et *al* (1989) ; GATE, 1995 in HARRAT (2005), notent qu'il y a des répercussions sur la plante lorsque l'azote se trouve en excès :

- Par l'augmentation du risque de verse du fait de l'élongation de l'état végétatif de la plante et la diminution du rapport C/N des premiers entre nœuds de la tige ;
- Par l'augmentation de la sensibilité à la sécheresse dans les situations à faibles disponibilités en eau, dans le sens où la production de la biomasse consécutive à l'azote absorbé, se traduit par une plus grande consommation d'eau ;
- Peut entraîner un retard de maturité : la période végétative va être allongée au détriment de la phase reproductrice ;
- Favoriser le développement des maladies cryptogamiques.

La carence en azote, au contraire, se traduit par une réduction de taille et teinte vert jaunâtre. Les végétaux prennent un port dressé. Les bourgeons se développent mal ou n'évoluent pas ; chez les céréales, la réduction du tallage est particulièrement nette. Les racines apparaissent très longues, peu ramifiées et blanches. La croissance des feuilles est réduite ; leur coloration est

plus claire ; l'interception du rayonnement solaire diminue et par conséquent la photosynthèse aussi (DIEHL, 1975 ; VILAIN, 1997 ; LEMAIRE et al, 1989 in BOUHIDEL, 2006).

II.2-3- Variation des besoins azotés du blé au cours du cycle

VILAIN (1997) souligne que les besoins totaux sont ceux qui permettent sur l'ensemble du cycle végétatif de la plante, d'obtenir le rendement optimum et la meilleure qualité. On mesure le besoin par la détermination de la teneur et de la masse d'azote aux différents stades du cycle.

L'azote contenu dans la plante au stade maturité est estimé à 94 mg. Environ de 80 % de l'azote présent dans toute la plante à maturité ont été prélevés au stade floraison. Presque 2/3 de l'azote qui constitue les feuilles, les tiges et les épis sont transférés vers le grain. A la récolte, plus de 75 % de l'azote total de la culture se trouve au niveau du grain (GHOUAR, 2006).

Selon SOLTNER (1999), les besoins sont toujours intenses. Ils sont faibles au début de la végétation mais à partir de stade tallage il y a une tendance ascendante de quantité d'azote contenu dans la plante (grain, paille). Il y a même accélération des besoins à la fin de la végétation puisque durant la courte période de la floraison à la maturité (Figure 1), le blé va absorber 40% de l'azote qui lui est nécessaire pour toute la culture.

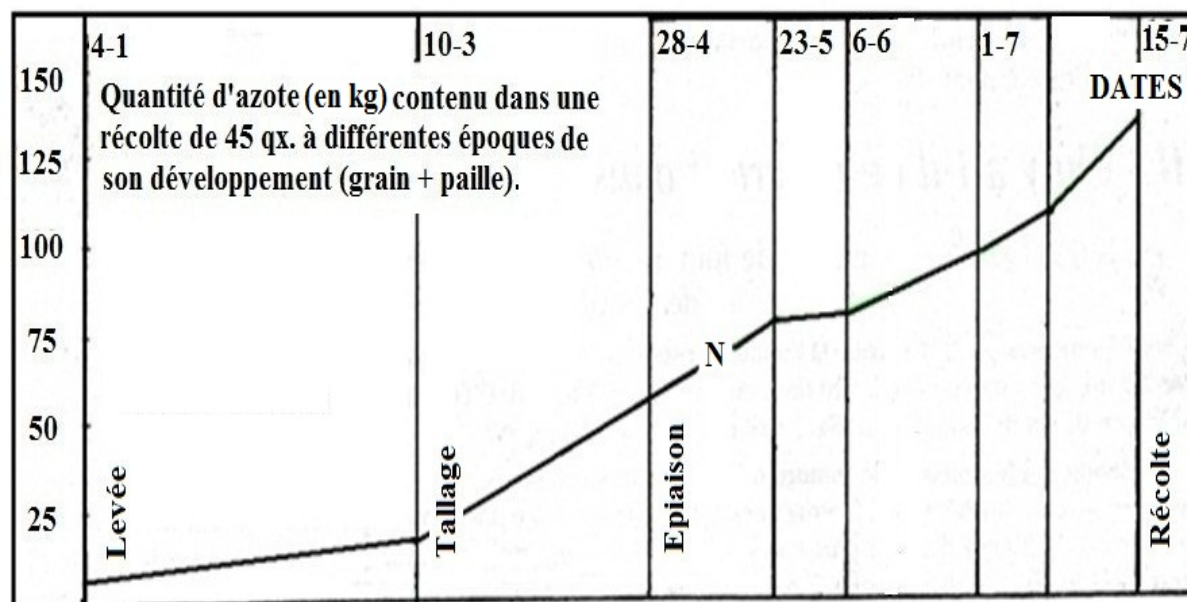


Figure 1. Absorption d'azote au cours de la croissance du blé (SOLTNER, 1999).

D'après SIMON et *al* (1989), les besoins en azote restent faibles jusqu'à la fin du tallage. A ce dernier, on peut limiter la dose d'azote à un apport de 40 à 80 unités par hectare. Des disponibilités en azote abondantes ne peuvent être valorisées qu'en fin de tallage. Ce sont essentiellement les talles secondaires, formées tardivement, qui en bénéficieront, l'azote empêche momentanément leur régression qui se fera plus tard, lorsque la compétition pour la lumière surviendra. A partir du début de la montaison jusqu'à la floraison, les besoins du blé deviennent très importants et peut absorber jusqu'à 3 kg/ha/jr (BAHLOUL, 1989).

L'absorption d'azote par les racines s'arrête à la floraison. En conséquence l'azote contenu dans le grain résulte uniquement de la migration. Le stade de la formation des graines est marqué par la migration de l'azote des organes végétatifs vers les grains (BELAID, 1986 ; SIMON et *al*, 1989).

II.3- La dynamique de l'azote

La dynamique de l'azote dans le sol résulte de l'action de processus biologiques et, dans une moindre mesure physico-chimiques, qui agissent de façon parfois concurrente et dont l'intensité dépend à la fois des conditions de milieu, des apports de la matière organique, et des pratiques culturales (CHRISTIAN et *al*, 2005).

L'azote sous forme de nitrate n'est pas retenu par le sol et migre rapidement en profondeur sous l'influence des pluies et de l'irrigation. Sous d'autres formes (organique, ammoniacale, urique), il se transforme en nitrates sous l'action des micro-organismes du sol. L'azote épandu en couverture migre rapidement vers les racines (MENAD et OULD-SAID, 2003).

II.3-1- Les différentes formes de l'azote dans le sol

CHRISTIAN et *al* (2005) montrent que dans la nature, l'azote est présent sous deux états : à l'état libre (N_2) dans l'atmosphère et à l'état combiné, sous forme minérale (ammoniacale et nitrique) ou organique.

a) L'azote élémentaire

En phase gazeuse, la teneur en azote élémentaire (N_2) est voisine de celle de l'atmosphère 20 à 21 %. Seuls certains micro-organismes sont capables d'utiliser cet azote (VILAIN, 1997).

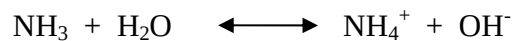
b) L'azote minéral

Dans le sol, l'azote minéral peut être présent sous trois formes : l'ion ammonium (NH_4^+) ou azote ammoniacal, l'ion nitrite (NO_2^-) ou azote nitreux et l'ion nitrate (NO_3^-) ou azote nitrique. Les deux formes (ammoniacal et nitrique) sont présentes dans la solution du sol et facilement extractibles au laboratoire (VILAIN, 1997 ; BAIZE, 2000 ; CHRISTIAN *et al*, 2005).

- **Azote ammoniacal (N- NH_4^+)**

Selon VILAIN (1997) ; MATHIEU et PIELTAIN (2003), le sol renferme peu d'azote ammoniacal, c'est une forme essentiellement transitoire, rapidement transformée en azote nitrique à la belle saison. Les plantes puissent absorber légèrement les ions ammonium (NH_4^+).

BARROIN *et al* (1997) *in* LEMAIRE et NICOLARDOT (1997), mentionnent que c'est la forme la plus réduite de l'azote. L'ammoniaque, produit de la dissolution du gaz ammoniac (NH_3) dans l'eau, se présente sous deux formes : Une forme non dissociée (NH_3) et une forme dissociée en anion hydroxyle (OH^-) et cation ammonium (NH_4^+). Ces deux formes sont à l'équilibre :



- **Azote nitreux (N- NO_2^-)**

C'est une forme de transition, éphémère, soit de l'oxydation d' N-NH_4^+ en azote nitrique (N-NO_3^-), soit de la réaction inverse de réduction (BARROIN *et al*, 1997 *in* LEMAIRE et NICOLARDOT, 1997).

- **Azote nitrique (N- NO_3^-)**

BARROIN *et al* (1997) *in* LEMAIRE et NICOLARDOT (1997), constatent que l'azote nitrique représente la forme la plus oxydée de l'azote ; Il est considéré comme une source de l'azote pour les organismes végétaux. L'azote nitrique très mobile est la forme principale d'absorption de l'azote par les plantes, ce surtout les ions nitrate (NO_3^-) qu'elles utilisent (MATHIEU et PIELTAIN, 2003).

c) L'azote organique

C'est celui qui est intégré à des molécules organiques plus ou moins complexes résultant de la décomposition des matières végétales, animales ou microbiennes (protéines, acides

nucléiques, amino-sucres, etc.). C'est également celui qui compose la biomasse vivante du sol (micro-organismes). De plus, HEBERT (1979) *in* BOUHIDEL (2006), note que l'azote organique représente plus de 95% de l'azote total, dans la plupart des sols. Ces formes ne sont pas généralement assimilables sauf les très petites molécules telles que l'urée (BAIZE, 2000).

D'après CHRISTIAN *et al* (2005), la masse d'azote, presque exclusivement organique, contenue dans les sols cultivés, atteint souvent 3 à 5 tonnes par hectare. Elle est principalement localisée dans la couche labourée (0 à 30 cm environ).

d) L'azote total

C'est l'ensemble de toutes les formes d'azote minéral et organique présentent dans un échantillon du sol, excepté l'azote gazeux (essentiellement représenté par le N₂ de l'air). L'azote total représente un pourcentage variant dans de larges limites. Sa teneur en sol cultivé est comprise entre 0.1 et 0.5%. Les abaques de fertilité, que rapportent CALVET et VILLEMIN (1986) *in* BOUHIDEL (2006) concernant l'azote total permettent de séparer :

- Sol très pauvre avec : N < 0.05 %
- Sol pauvre avec : 0.05 > N > 0.10 %
- Sol moyen avec : 0.10 > N > 0.15 %
- Sol riche avec : 0.15 > N > 0.25 %
- Sol très riche avec : N > 0.25 %

II.3-2- Cycle de l'azote dans le sol

Le cycle de l'azote dans le système sol-plante-atmosphère est constitué par un grand nombre de transformations physico-chimiques et biologiques. La plupart de ces dernières sont sous le contrôle de microflore plus ou moins spécifiques (fixation, minéralisation, organisation, dénitrification), les formes minérales pouvant être considérées comme la plaque tournante d'une grande partie de ces processus (BARROIN *et al*, 1997 *in* LEMAIRE et NICOLARDOT, 1997).

La forme minérale, assimilable pour la plante, représente moins de 2 %. Les plantes s'adaptent à cette insuffisance de la forme assimilable en puisant l'azote, contrairement aux autres éléments nutritifs, toute le long du cycle (BAENS, 1967 *in* GHOUAR, 2006). Ceci justifie les applications tardives de la fumure azotée sur les graminées.

La minéralisation de l'azote organique est réalisée par les micro-organismes du sol en deux étapes: l'ammonification qui libère l'ammoniac, puis la nitrification qui correspond à l'oxydation de l'ammoniac en nitrates :

A- L'ammonification

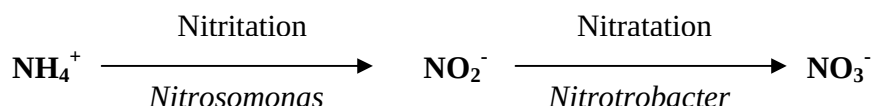
Processus qui transforme l'azote organique en azote ammoniacal. Les bactéries sont considérées comme les principales responsables de cette dégradation, où elles dégradent les substances protéiques et provoquent la libération d'ammoniaque (SIMON et *al*, 1989 ; BARROIN et *al*, 1997 in LEMAIRE et NICOLARDOT, 1997).

Selon CHRISTIAN et *al* (2005), Elle est assurée par une microflore très diversifiée et abondante, de champignons et de bactéries, appelée parfois la microflore ammonifiante, qui transforme l'azote organique en ions ammonium (NH_4^+).

B- La nitrification

Processus qui transforme N-NH_4^+ en N-NO_3^- par l'intermédiaire de bactéries aérobies (*nitrosomonas* et *nitrobacter*). Les conditions optimales d'activité de ces populations sont assez strictes : aérobiose, pH compris entre 6.0 et 9.0, température comprise entre 28 et 36°C (BARROIN et *al*, 1997 in LEMAIRE et NICOLARDOT, 1997 ; CHRISTIAN et *al*, 2005).

SIMON et *al* (1989) ; CHRISTIAN et *al* (2005), considèrent que la nitrification est l'oxydation biologique sous l'action de la microflore du sol, de l'azote ammoniacale en azote nitreux puis en azote nitrique. Cette transformation se fait en deux étapes successives:



MOREL (1989) in ADDA et BELHARET (1997) indique que la nitrification de l'azote ammoniacal se déroule selon deux étapes distinctes, une nitritation et une nitratation :

- **Nitritation**

Lors de cette étape, l'ammoniac et les sels ammoniacaux passent à l'état d'acide nitreux et de nitrites. Ce processus est assuré essentiellement par les *Nitrosomonas* selon la réaction suivante:

$$\text{NH}_4^+ + 3/2 \text{O}_2 \longrightarrow \text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{H}^+ + 66 \text{ Kcal.}$$

- **Nitratisation**

Sous l'action des bactéries du type *Nitrobacter*. L'acide nitreux et les nitrites, sont oxydés en acide nitrique et nitrates selon la formule suivante: $\text{NO}_2^- + \frac{1}{2} \text{O}_2 \longrightarrow \text{NO}_3^- + 17 \text{ Kcal}$.

II.3-3- Les voies de pertes de l'azote minéral du sol

Mise à part la fraction de l'azote directement assimilable par la plante, l'azote minéral peut suivre quatre voies différentes : lixiviation de l'azote nitrique (NO_3^-) ; volatilisation de l'azote ammoniacale (NH_4^+) ; dénitrification de NO_3^- en NO_2 et l'immobilisation ou réorganisation.

a) La lixiviation des nitrates

L'ion nitrate (NO_3^-) est un anion non retenu par les colloïdes électro-négatifs du sol, il est donc facilement entraîné en profondeur par les eaux de percolation. Ceci correspond au phénomène de lixiviation communément appelé (à tort) « lessivage » de l'azote (CHRISTIAN et *al*, 2005).

La lixiviation se produit surtout en hiver lorsque la capacité de rétention du sol est restaurée et éventuellement durant la période de végétation. Elle est plus accentuée en sol nu qu'en sol couvert. Les nitrates sont réellement perdus lorsqu'ils sont hors de portée des racines (VILAIN, 1997 ; BAEYENS 1967 in HARRAT, 2005).

Pour leur part REMY et VIAUX (1980) in ADDA et BELHARET (1997) estiment que 100 mm de pluies hivernales entraînent l'azote nitrique sur une profondeur de 50 cm en sol sableux, 30 cm en sol limoneux et 25 cm en sol argileux.

La présence d'un couvert végétal pendant la période hivernale permet donc, de limiter la lixiviation des nitrates dans le sol pendant les périodes pluvieuses de l'hiver. Le semis direct et l'implantation d'une CIPAN permettent de diminuer la fuite des nitrates dans le milieu (CHEVRIER et BARBIER, 2002)

b) La volatilisation

La volatilisation correspond à la perte d'azote par voie gazeuse, sous forme d'ammoniac. Bien que fortement retenu par le complexe adsorbant, l'ammonium peut partir du sol sous forme de gaz ammoniac (CHRISTIAN et *al*, 2005 ; HARRAT, 2005).

Selon VILAIN (1997), l'importance de la volatilisation dépend des facteurs climatiques locaux à savoir l'humidité et la température ainsi que les facteurs pédologiques (pH, teneur en azote et en matières organiques). Les pertes sont surtout notables après un épandage d'urée, d'ammoniac anhydre ou d'effluents d'élevage. Elles varient de 5 à 15 % selon la technique d'apport d'engrais azotés. L'incorporation permet de les réduire (HARRAT, 2005).

c) La dénitrification

La dénitrification recouvre l'ensemble des réductions qui conduisent des nitrates (NO_3^-), la forme d'azote la plus oxydée, à la forme gazeuse inerte (N_2), par l'intermédiaire de bactéries anaérobies facultatifs. Celles-ci utilisent l'oxygène de l'ion nitrate pour leurs besoins respiratoires dans des conditions proches à l'anoxie (BARROIN et *al*, 1997 in LEMAIRE et NICOLARDOT, 1997).

Les pertes par dénitrification se produisent sous forme de composés oxygénés volatiles (NO_2 , NO) ou d'azote gazeux (N_2). Leur importance est difficile à évaluer, on admet qu'elles sont faibles de l'ordre de 10 à 15% sauf en conditions anaérobies (VILAIN, 1997).

CHRISTIAN et *al* (2005) indiquent que la réduction du nitrate en nitrite ne nécessite pas une microflore spécifique ; par contre la réduction du nitrate en azote gazeux se fait sous l'action d'un nombre restreint de micro-organismes (*Pseudomonas* et *Agrobacterium*) très répandus dans les sols. Ces bactéries sont aérobies facultatives et, en conditions d'anaérobiose partielle, elles peuvent utiliser NO_3^- au lieu de O_2 .

REMY et VIAUX (1980) in ADDA et BELHARET (1997) attestent que la dénitrification exige la réunion de trois conditions qui sont : l'absence d'oxygène dans le milieu confiné ; la présence de nitrates et de nitrites et la présence d'une source d'énergie facilement fermentescible.

d) L'immobilisation ou la réorganisation

Ce type de perte se traduit par le passage de l'azote minéral vers l'azote organique. L'azote nitrique ou ammoniacal est consommé par les bactéries, parfois jusqu'à 50% de la quantité apportée. L'azote est devenu indisponible pour la plante (SIMON et *al*, 1989).

D'après RECOUS (1987) in ADDA et BELHARET (1997), l'immobilisation débute juste après l'apport d'azote, elle peut affecter 10 à 40 % de l'azote apporté, de ce fait, les micro-

organismes entrent en concurrence directe avec la nitrification. L'immobilisation augmente avec les apports des matières organiques d'autant plus que leur rapport C/N est élevé.

III. La fertilisation azotée du blé

III.1- Les engrais azotés

Selon GHOUAR (2006), les engrais azotés sont appliqués depuis plus de 150 ans. Jointes aux progrès de la sélection génétique et des itinéraires techniques, ils permettent d'atteindre des rendements cultureux suffisamment élevés et assurer un faible coût de production.

De plus, pour assurer un développement durable et la protection de l'environnement, certains pays ont introduit un contrôle de la pollution par les engrais. La réduction de la consommation d'engrais ne s'est pas associée à une diminution de la production mais à une augmentation de l'efficacité d'utilisation des engrais, celle-ci étant estimée comme le rapport entre la quantité d'engrais apportée et la quantité absorbée. Le type d'engrais, le mode et la date d'apport ont permis cette amélioration. Des techniques comme la fertigation ont également permis d'augmenter sensiblement l'efficacité (LATIRI, 2002).

III.1-1- Les engrais naturels

D'après PONTAILLER (1971), parmi les engrais dits naturels, il faut citer un certain nombre de produits qui sont utilisés pour la fertilisation des sols, contenant surtout de l'azote sous forme de composés organiques animaux ou végétaux. Cet azote est minéralisé et rendu accessible aux plantes par les microorganismes qui transforment l'azote organique d'abord en azote ammoniacal, puis en azote nitrique. Il faut que la teneur de l'un des éléments N, P₂O₅ ou K₂O dans les produits d'origine végétale ou animale soit supérieure à 3% ou que la somme des trois dépasse 7% (CHRISTIAN et al, 2005).

CHEVRIER et BARBIER (2002) indiquent qu'ils sont représentés par l'ensemble des constituants organiques, morts ou vivants, fortement transformés ou non. Elles comprennent donc à la fois l'humus, des débris végétaux et des êtres vivants. Ces derniers doivent passer sous forme minérale avant d'être assimilés par la plante. Leur transformation variera en fonction de l'activité biologique du sol (SIMON et al, 1989).

III.1-1-1- Aperçus sur la matière organique du sol

Selon GOBAT et *al* (2003), la matière organique fraîche, la litière au sens large, est constituée de l'ensemble des matières organiques d'origine biologique, à différents stades de décomposition, qui représentent une source d'énergie potentielle pour les espèces qui les consomment. Elle comprend les organismes et les parties d'entre eux qui viennent de mourir et qui en sont détachés, qu'ils soient végétaux, animaux ou microbiens, aériens ou souterrains, ainsi que les excréments des animaux et des différents composés émis directement dans le milieu.

Bien que la matière organique (MO) soit un composant mineur des sols, elle est l'un des principaux composants du sol. Elle s'avère l'élément caractéristique pour un sol en termes de productivité et ceci dû aux multiples effets qu'elle génère. Elle constitue environ de 5 à 10 % de la plupart des sols agricoles et est formée par les substances humiques et non humiques. Elle est très hétérogène en raison de la nature des constituants qui la composent (Figure 2), et de leur stade de décomposition (ABDOU KOUDROI, 2007).

Le même auteur note que ces constituants varient selon la diversité de la biomasse et la composition des sols qui en résulte. De plus, la dégradation des débris organiques est influencée par les conditions pédoclimatiques (pH, température, humidité et aération du sol) et la variabilité de la flore microbienne.

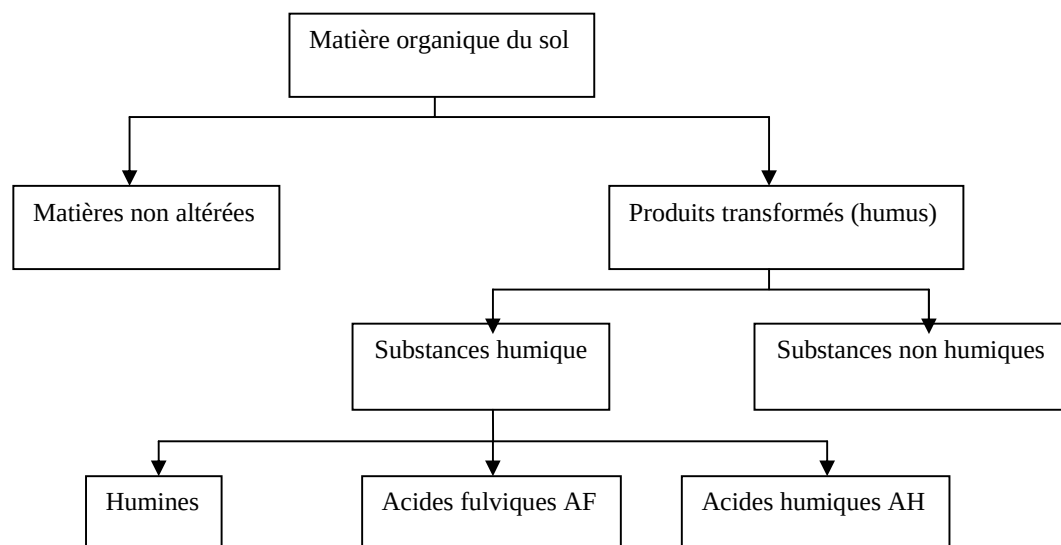


Figure 2. Evolution de la matière organique du sol (ABDOU KOUDROI, 2007).

D'après BAUDIN et al (2007), la matière organique et l'activité biologique qui en découle ont une influence majeure sur les propriétés physiques et chimiques du sol. L'agrégation et la stabilité de la structure du sol augmentent avec le contenu en carbone organique, ce qui a des conséquences directes sur la dynamique de l'eau et la résistance à l'érosion mécanique par l'eau et le vent.

Les sources de matière organique sont les résidus des récoltes, les fumiers d'animaux et les engrais verts, le compost et d'autres matériaux organiques. Une réduction de la teneur en matière organique est provoquée par une baisse du nombre d'organismes en décomposition, ou une augmentation de la vitesse de décomposition découlant de modifications de facteurs naturels ou anthropogènes. La matière organique est considérée comme un composant vital d'un sol sain; sa réduction donne un sol dégradé (ANONYME, 2009).

BAUDIN et al (2007) mentionne que les molécules de la matière organique fraîche subissent plusieurs transformations (Figure 3), elles subissent d'abord une décomposition microbienne qui libère des composés simples, le plus souvent solubles. Une partie de ces composés est reminéralisée, c'est-à-dire transformée en composés minéraux solubles ou gazeux. Ces processus formant la minéralisation dite primaire sont assez rapides (quelques mois) dans les sols où les (micro) organismes sont nombreux.

Les mêmes auteurs montrent qu'une autre partie des composés organiques est réorganisée chimiquement au cours de la formation de l'humus (humification). Une autre partie encore est n'est pas reminéralisée et sert de charpente à la formation de molécules nouvelles, souvent très complexes. Ces molécules organiques sont prépondérantes dans l'humus. Elles sont souvent associées à des minéraux (en général des argiles), des oxydes et hydroxyde de fer, formant ce qu'on appelle des complexes organo-métalliques ou organo-minéraux. Ces complexes ont eux-mêmes un très fort pouvoir complexant et adsorbant vis-à-vis des métaux. Ils forment ainsi de véritables éponges à éléments chimiques.

La dégradation des résidus en humus peut être un processus plus ou moins rapide selon les types de sols, de climats et de résidus. Les résidus les plus rapides à se décomposer sont ceux qui ont un rapport C/N faible, comme ceux des légumineuses (HUBER et SCHAUB, 2011).

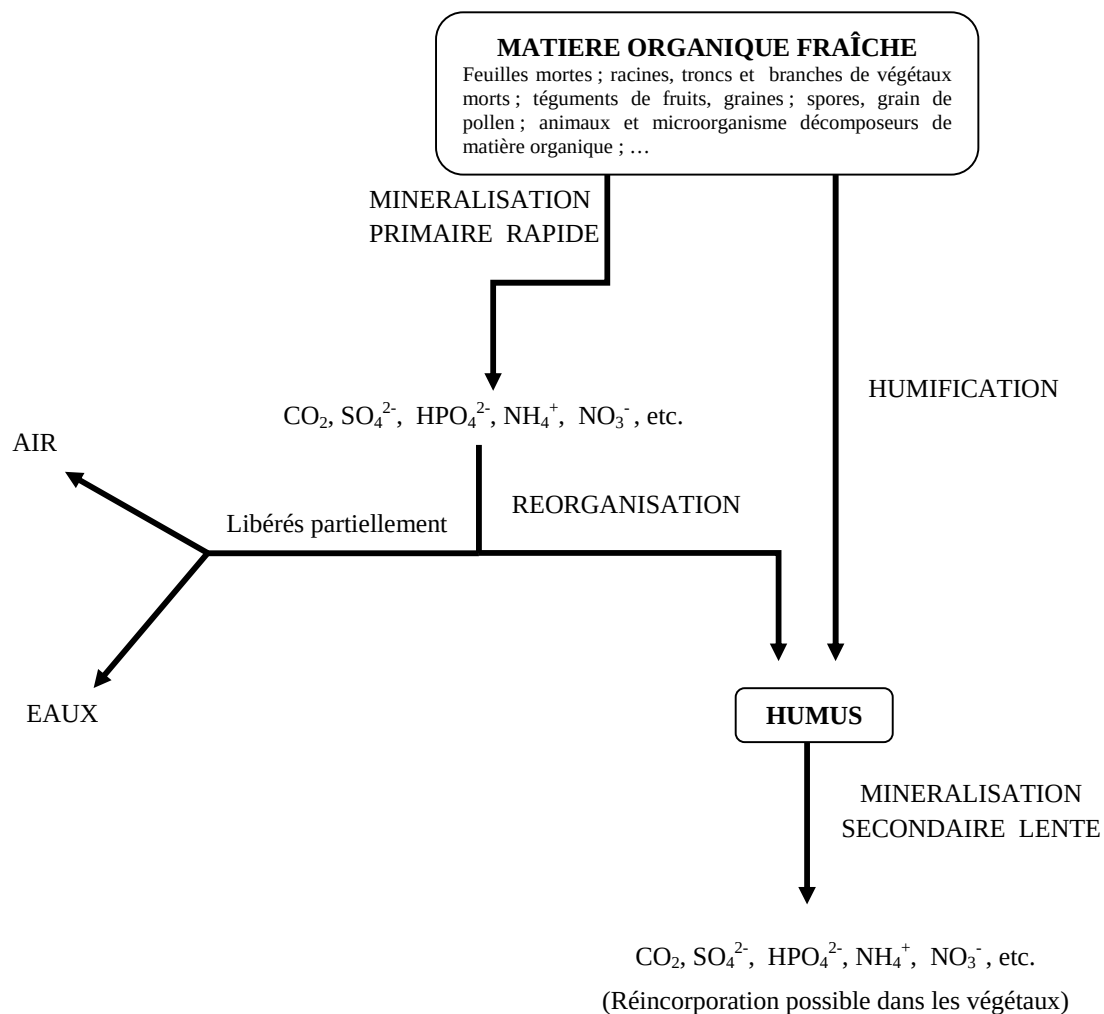


Figure 3. Dégradation de la matière organique et de ses composants au cours de l’humification (BAUDIN et *al*, 2007).

D’après ABDOU KOUDROI (2007) ; ROSELL (1993) *in* HUBER et SCHAUB (2011), l’humus peut donc être défini comme étant le composé final de la dégradation de la matière organique. C’est un composé organique stable, à noyaux aromatiques, amorphe, sombre, cohésif et hydrophile, avec un poids moléculaire compris entre 500 et 300 000 daltons. Il est généralement associé aux minéraux argileux et forme le complexe argilohumique qui joue un rôle essentiel dans la structure du sol, ses propriétés mécaniques, physiques, hydriques et chimiques.

Enfin, les composés organiques se minéralisent à leur tour, mais beaucoup plus lentement que la matière organique fraîche ; on parle alors de minéralisation secondaire, qui s’étend sur des années ou des centaines d’années, en fonction du contexte climatique et de la nature des sols (BAUDIN et *al*, 2007).

III.1-2- Les engrais azotés minéraux

Selon PONTAILLER (1971), On classe les engrais azotés suivant la forme de leur azote.

a) Engrais nitriques

CHRISTIAN *et al* (2005), notent qu'ils contiennent de l'azote sous forme nitrique, NO_3^- .

- Le nitrate de sodium $[\text{NaNO}_3]$: 16% de N et 36.5% de Na_2O ;
- Le nitrate de calcium $[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2]$: 15.5% de N et 34% de CaO ;
- Le nitrate de calcium et le magnésium $[\text{Ca}, \text{Mg}(\text{NO}_3)_2]$: 15% de N, 46% de CaO et 8 % de MgO ;
- Le nitrate de potassium $[\text{KNO}_3]$: 13 % de N et 46% de K_2O .

Les nitrates sont directement assimilables par la plante. Sous cette forme, ils sont très peu utilisés sur céréales (SIMON *et al*, 1989).

b) Engrais ammoniacaux-nitriques

PONTAILLER (1971) et CHRISTIAN *et al* (2005) indiquent que ceux-ci contiennent à la fois de l'azote nitrique (apporté par l'acide nitrique) et de l'azote ammoniacal (apporté par le radical ammoniac).

- Le nitrate d'ammoniac : résulte de la combinaison de l'acide nitrique et de l'ammoniac qui donne un sel à 34,5 % d'azote pur.
- Les ammonitrates : Ils sont constitués par du nitrate d'ammoniaque mélangé avec une charge, du carbonate de chaux, par exemple. Ils sont habituellement sous forme granulée et sont disponible sous deux dosages : ammonitrates à 27% ou 33.5% de N.
- Les ammonitrates enrichis en SO_3 et/ou MgO : le rôle du soufre et du magnésium étant, dans l'alimentation des plantes, souvent en synergie avec l'azote, des ammonitrates peuvent être complétés avec SO_3 ou $\text{SO}_3 + \text{MgO}$ (sulfonitrates). Leur dosage est de 25 à 28% de N, 20 à 35 % de SO_3 et 8 % de MgO .

Selon SIMON *et al* (1989), l'ammonitrate est l'engrais le plus utilisé sur céréales.

c) Engrais ammoniacaux

Cette forme d'azote limite les pertes par lessivage car ils sont constitués en grande partie d'ammoniaque, retenue par le complexe argilo-humique (SIMON *et al*, 1989).

PONTAILLER (1971) et CHRISTIAN *et al* (2005) signalent que ces engrais contiennent leur azote sous forme ammoniacale, NH_4^+ .

- Le sulfate d'ammoniaque $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$: c'est la combinaison de l'ammoniac et de l'acide sulfurique, il renferme de 21% de N et 61% de SO_3 .
- L'ammoniac anhydre $[\text{NH}_3]$: c'est un gaz qui se liquéfie assez facilement quand on le comprime ; c'est un corps très riche en azote (environ 82% de N). Il est injecté dans le sol. Son emploi se justifie pour des doses variant de 80 à 200 Kg de N.ha⁻¹.

d) Autres formes

- L'urée $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$: 46% de N : D'après CHRISTIAN *et al* (2005), c'est l'engrais azoté solide le plus concentré. Très soluble, l'urée se transforme rapidement dans le sol en gaz carbonique et en azote ammoniacal. Elle est habituellement sous forme perlée ou, de plus en plus, granulée. La plante peut assimiler l'urée soit directement sous forme d'ammoniaque, soit après nitrification (PONTAILLER, 1971).
- Les solutions azotées : Elles sont fabriquées à partir du nitrate d'ammoniaque et de l'urée, parfois du sulfate d'ammoniaque. Elles sont généralement employées sur des cultures en cours de végétation. Elles nécessitent l'utilisation de dispositifs de stockage et d'épandage spécifique (CHRISTIAN *et al* 2005).
- La cyanamide calcique $[\text{CN}_2\text{Ca}]$: 18 à 21% de N : PONTAILLER (1971) considère qu'elle est un excellent engrais azoté, surtout employé dans les terres acides ou pauvres en chaux (60-70% de CaO).

III.2- Effet de l'azote selon les stades végétatifs

D'après TOUTAIN (1979) in GHOUAR (2006), les apports d'azote doivent être fractionnés suivants les stades du cycle végétatifs. Au tallage, l'influence de l'azote se manifeste sur la première composante du rendement ; BELAID (1986), note que l'azote agit sur cette dernière en augmentant le nombre de talles par plante. KOUADRIA (1987) et DJIAR (1988),

trouvent que l'apport de doses croissantes a une influence sur le degré de tallage où ils sont obtenus à un gain moyen en talle par plante par rapport au témoin sans azote égale 0.72 talles pour une dose de 50 unités et de 1.48 talles pour une dose de 100 unités et 2.64 talles pour 120 unités par ha.

De plus, l'azote a un effet direct sur la biomasse aérienne où une plante bien alimentée croît rapidement, produit une grande masse végétative de couleur vert foncé due à l'abondance de la chlorophylle (MENAD et OULD-SAID, 2003). Un manque d'azote durant le tallage entraîne une diminution de celui-ci et aussi une réduction de la croissance des tiges et des feuilles, les plus jeunes étant les plus affectées (BAHLOUL, 1989).

BENSEMRA (1990) mentionne qu'au stade montaison, l'azote apporté permet d'émettre des épis, dont le nombre est fortement influencé par la nutrition azotée. De la dose 0 à la dose 140 unités par ha, le nombre d'épis par m² passe de 242 à 264. Par contre un manque d'azote pourrait se traduire par l'apparition d'épis moins fertiles contenant des grains souvent mitadinés. Durant cette période, le blé peut absorber jusqu'à 3 kg d'azote/ha/jour avec un maximum pendant la phase floraison (BAHLOUL, 1989). Un manque d'azote durant la période végétative du blé se traduit par la baisse de nombre d'épis par mètre carré et l'apparition d'épis moins fertiles contenant des grains souvent mitadinés (BENSEMRA, 1990 ; SOLTNER, 1999).

BAHLOUL (1989) signale qu'au stade épiaison, les besoins deviennent très importants et la demande en azote s'accroît en liaison avec l'activité de croissance. La nutrition azotée à cette phase accroît le nombre de grains par épi. Cette composante s'accroît avec l'augmentation de la dose d'azote (BENSEMRA, 1990 ; BELLOULA, 1981). A la floraison, le blé aura absorbé 80 % environ de l'azote contenu dans la végétation à la récolte (BAHLOUL, 1989).

La plante absorbe pratiquement tout son azote dès le début du stade laiteux. A partir de ce stade, il y a transfert des réserves de la plante, des parties végétatives vers le grain (VIAUX, 1980). TAUREAU en 1989, note que l'azote n'a pas d'influence sur la phase de remplissage du grain pendant laquelle la nutrition hydrique et la température jouent un rôle déterminant. Par contre KOUADRIA (1987) constate une baisse de poids de 1000 grains lorsque les doses d'azote augmentent de la dose 0 à la dose 120 U /ha, le poids passe de 29.48 à 26.57 g.

COOPER (1984) montre qu'en zone semi-aride, l'emploi de l'azote au semis augmente sensiblement le rendement. C'est un facteur déterminant pour le rendement (ANONYME, 1987).

Par contre BENSEMRA (1990), constate que lorsque les doses augmentent, le rendement diminue. Ainsi, de la dose témoin à la dose 140 U /ha, le rendement passe de 16.02 q/ha à 11.38 q/ha. Il attribue cette baisse aux conditions climatiques défavorables (Températures, précipitations) enregistrées durant la campagne agricole (1989/1990). De plus, KOUADRIA (1987) affirme aussi l'effet négatif des doses élevées d'azote où il trouve que le passage de la dose de 60 unités à la dose de 120 U /ha se traduit par une baisse de rendement, qui passe respectivement de 20 q/ha à 17.6 q/ha.

III.3- Effet de la fertilisation azotée sur la décomposition de la matière organique

BRYE et *al* (2002) *in* THOMAS (2007) montrent que la fertilisation azotée favoriserait également l'activité microbienne minéralisante qui serait plus active sur la matière organique. Dans certaines études, on observe que l'azote minéral provenant d'apport ou de minéralisation antérieures assurant probablement les besoins azotés des micro-organismes. La forme ammoniacale est utilisée préférentiellement par ces derniers. Elle est donc plus fortement réorganisée que la forme nitrique. Durant quelques mois, la quantité d'azote minéral est supérieure dans les parcelles fertilisées à la somme de l'azote apporté et de l'azote minérale d'un témoin non fertilisé (SIMON et *al*, 1989).

Selon BAIZE (2000), l'ensemble des micro-organismes du sol dégrade progressivement les matières organiques libérant ainsi de l'azote minéral : c'est la minéralisation brute. Cet azote sert en même temps d'aliment à cette population microbienne qui réutilise immédiatement l'ammonium ou les nitrates en élaborant des protéines qui contribuent à augmenter la biomasse microbienne vivante : c'est la réorganisation. La différence entre la minéralisation brute et la réorganisation est la seule quantité qui est disponible pour l'alimentation des végétaux : c'est la minéralisation nette. Selon la période de l'année, cette différence peut être positive (le stock d'azote disponible pour les racines augmente) ou négative (le stock diminue).

De plus le niveau d'azote minéral agit aussi sur la vitesse de décomposition des matières organiques. Elle est plus grande en sol nu qu'en sol cultivé. Or, en sol cultivé, le niveau d'azote minéral est plus faible du fait des prélèvements. Dans les sols cultivés, le rapport C/N s'abaisse davantage et traduit soit une bonne activité biologique qui conduit à la minéralisation de la matière organique (C/N inférieur à 10), soit une activité biologique réduite qui conduit à une humification (C/N supérieur à 10). Certains auteurs suggèrent l'existence d'un équilibre entre les

processus de minéralisation et d'organisation. La minéralisation se poursuivrait jusqu'à atteindre un certain taux. Au-delà la réorganisation serait favorisée. Un apport d'azote minéral sous forme d'engrais, s'ajoutant à la minéralisation, favoriserait donc la réorganisation. Par contre, la présence d'une culture consommant l'azote minéral, accélèrent la minéralisation (VILAIN, 1997 ; SOLTNER, 2000).

III.4- Matière organique et efficience de la fertilisation azotée

CARVALHO (2005) *in* ARCHAMBEAUD (2006) a mis en évidence le développement du volant de fertilité dans les sols cultivés en semis direct (Figure 4). Dans les régions semi-arides, lorsque le taux moyen de matières organiques est de 1 % ; dans ce cas, l'apport le plus efficace d'azote sur blé correspond à 160 unités d'azote pour un rendement moyen de 31 q/ha.

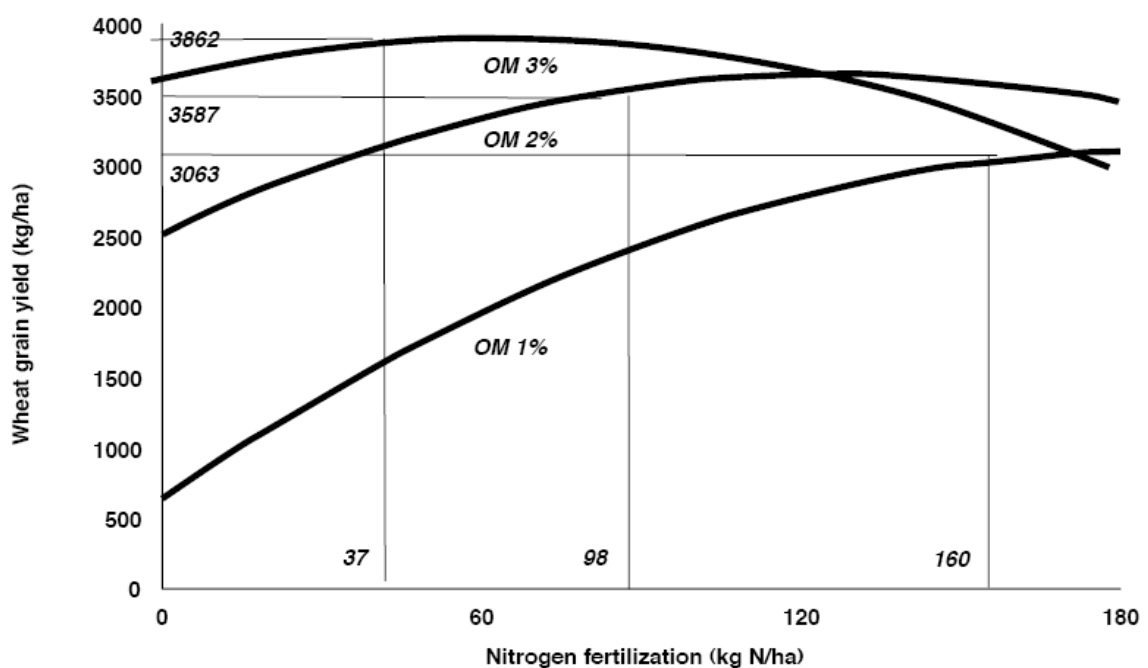


Figure 4. Rendement du blé en fonction du taux de matières organiques du sol et la fertilisation azotée (CARVALHO, 2005 *in* ARCHAMBEAUD, 2006).

Le même auteur montre que dans les systèmes en semis direct, dont les taux de matières organiques voisinent les 2 %, la dose optimale n'est plus que de 98 unités d'azote pour un rendement de 36 q/ha. Enfin, si le taux pouvait atteindre 3 %, seulement 37 unités permettraient

d'atteindre 38 q/ha (courbe de réponse obtenue par modélisation). L'organisation structurale du sol tient donc une place importante dans l'amélioration des rendements et de l'efficience de l'azote (par exemple une meilleure valorisation de l'eau dans les régions sèches). Le volant d'autofertilité, soutenu par une activité biologique, permet une meilleure efficience de l'utilisation de la fertilisation, une nutrition plus équilibrée des cultures et restitutions de qualité.

III.5- Le raisonnement de la fertilisation azotée

BAHLOUL (1989) indique que dans le passé, la fertilisation azotée était pratiquée de manière empirique, voire routinière sur la base de la seule expérience acquise par l'agriculteur. Pour pallier au manque de précision d'une telle démarche, de nombreux travaux ont été consacrés ces dernières années ; la plupart ont été axées vers la mise au point d'une méthode prévisionnelle dite des bilans dont les principes ont été définis par l'INRA et l'ITCF de France. Elle consiste à compenser les besoins en azote d'une culture par des fournitures équivalentes d'azote (fournitures du sol + apports d'engrais). La méthode de calcul de la dose à apporter sur une culture de céréale sera déterminée de la façon suivante:

$$b \times R = (FS + E) C$$

b = azote absorbé par les céréales en Kg par quintal produit (grains).

R = Rendement optimum (prendre le meilleur rendement des 5 dernières années).

FS = Fourniture du sol.

E = dose d'engrais apportée par l'Agriculteur.

C = Coefficient d'utilisation de l'azote.

Le même auteur constate que l'utilisation de l'azote provenant des fournitures du sol et de l'engrais apporté n'est jamais complète de ce fait le paramètre " C " est très variable de 10% à 20% suivant la structure du sol, la qualité d'enracinement, la date d'apport, la forme de l'engrais et les conditions climatiques.

D'après HAMDI (1994), les fournitures d'azote (FS) proviennent de trois sources :

- Le reliquat d'azote minéral se trouvant à la sortie de l'hiver sur la profondeur présumé d'enracinement de la culture;
- Minéralisation de l'humus du sol ;

- Minéralisation des résidus culturaux (effet précédent).

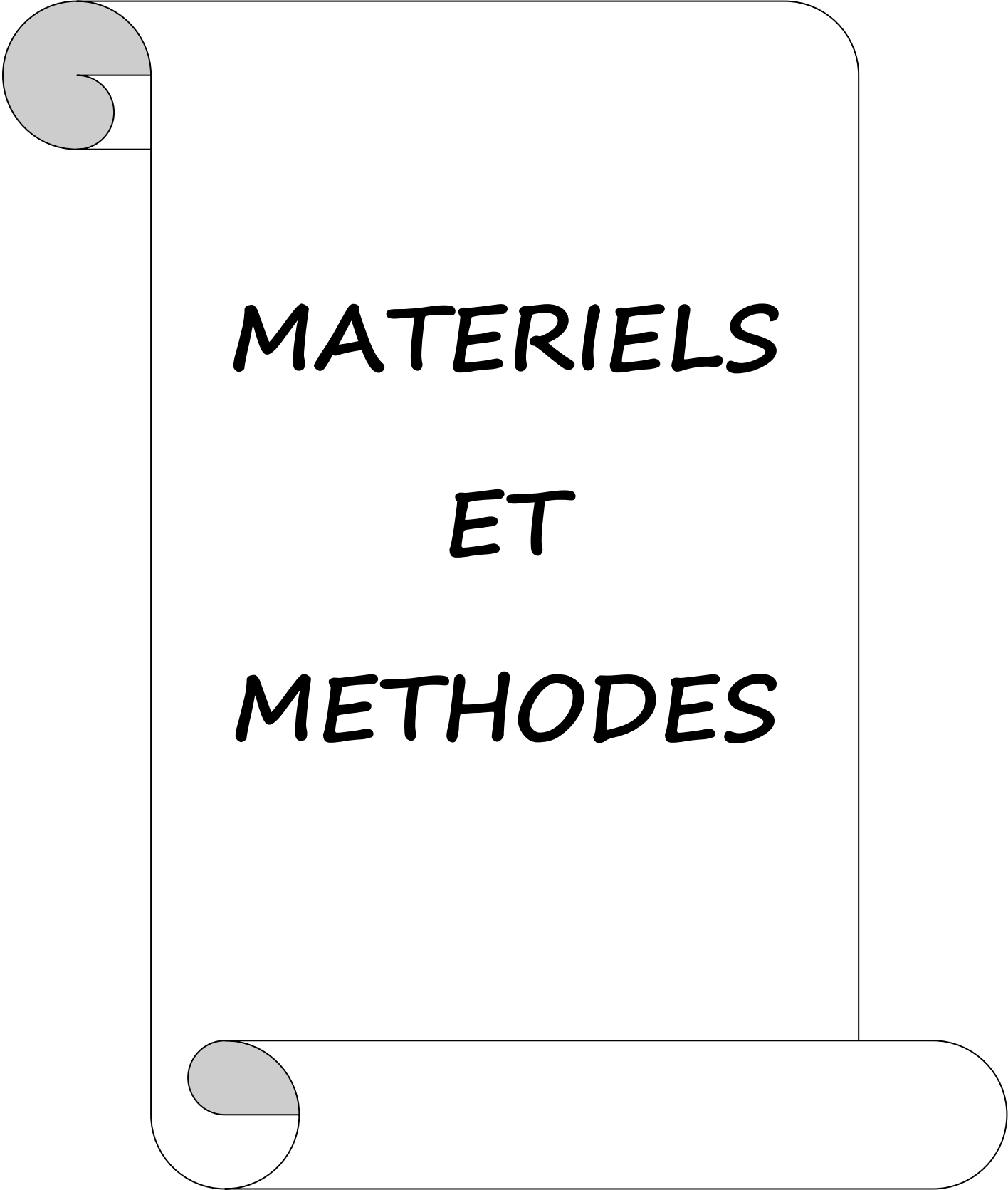
Selon THOMAS (2007), il faut considérer la méthode des bilans comme seulement une indication qui manque de beaucoup de précision et qui est peu adaptée aux techniques culturales simplifiées et surtout au semis direct sous couvert. Ainsi, les quantités d'azote restituées par le sol peuvent varier de manière importante en fonction de l'autofertilité du sol au départ, du mode de simplification mais également du recul.

Le même auteur montre que la fertilisation azotée est donc, surtout en période de transition, un poste qu'il ne faut surtout pas négliger avec souvent un besoin de surfertilisation au départ pour compenser la réduction de la minéralisation consécutive à la suppression du travail du sol. Ensuite, les doses vont se rapprocher et tendre rapidement vers celles pratiquées en conventionnel. Au printemps et après les premières années, le volant d'autofertilité couvre facilement les premiers besoins malgré une faible minéralisation. Ainsi, le premier apport, souvent mal valorisé, peut être éliminé et l'on se dirige vers l'apport unique.

III.6- L'azote et l'agriculture de conservation

THOMAS (2004) considère que l'azote est le premier élément minéral limitant le niveau de production de nombreux systèmes de productions agricoles dans le monde. Cependant et avec le temps, l'agriculture de conservation permet de construire des systèmes de production capables de réorganiser et de recycler au mieux l'azote comme l'ensemble des minéraux avec un meilleur accompagnement du sol. Ceci facilite la gestion et peut même produire des économies notables.

Tout d'abord, l'agriculture de conservation permet de limiter la pollution des eaux de surfaces par les substances fertilisantes et les résidus de produits phytosanitaires du fait de la réduction de l'érosion. De plus, une pratique continue des techniques conservatrices (ex : semis direct), avec en particulier un recours plus fréquent aux couvertures végétales intercalaires, permettrait de limiter sans doute les apports d'azote actuellement pratiqués (CHEVRIER et BARBIER, 2002).



MATERIELS

ET

METHODES

Chapitre II : Matériels et Méthodes

1. Description du site expérimental

1.1. Situation géographique du site expérimental

L'essai a été mené durant la campagne 2010/2011, au niveau de la Ferme Expérimentale Agricole de l'Institut Technique des Grandes Cultures de Sétif. Les parcelles expérimentales sont situées à « Rmada », à l'ouest de la commune de Mezloug (environ 5 km). Elles sont situées au sud-ouest de centre de l'ITGC (environ 4 km). Les coordonnées géographiques de ce site sont : 36° 08' 41,09" N et 5° 20' 36,11" E, à une altitude de 960 m (Figure 5).

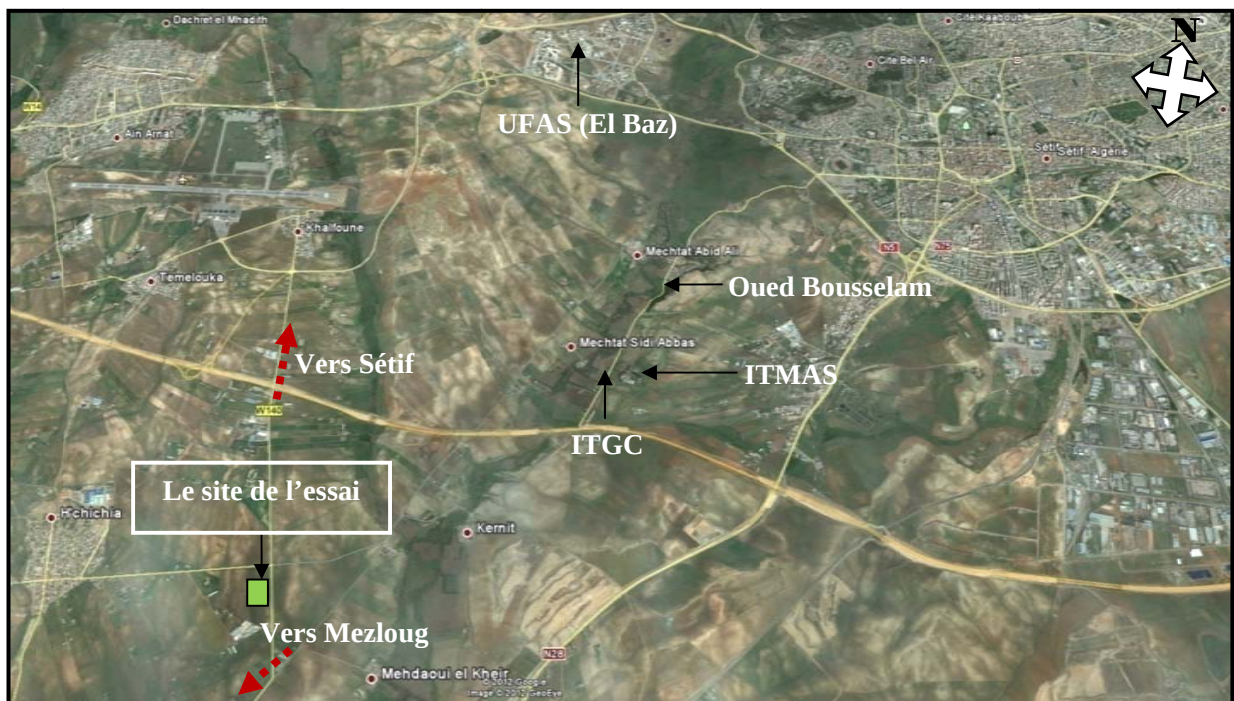


Figure 5. Le site expérimental (ANONYME, 2012).

1.2. Caractéristiques pédoclimatiques du site expérimental

1.2.1. Le sol

Les analyses physico-chimiques réalisées durant la campagne 2010/2011 par les laboratoires FERTIAL et l'ITGC d'Alger permet de déterminer quelques caractéristiques du sol de site d'expérimental (Tableau 1. Annexe I). Le sol de la parcelle d'étude est caractérisée par une texture limono-argileuse, à faible teneur en matière organique (1,39%) ; pauvre en carbone

organique et moyennement riche en azote total ; avec un taux de calcaire total élevée, dont la teneur dépasse 42,87% et un pH est faiblement alcalin (7,74). Après la réalisation d'un profil pédologique dans le site expérimental, nous distinguons qu'il y a deux horizons avec une profondeur total de 53cm (Figure 2; Annexe VII). La description morphologique est comme suit :

- **Horizon 0 – 33 cm** : Brun foncé à l'état frais (5 YR 3/2), texture argilo-limoneux, structure fragmentaire, moyennement poreux, très nombreux racines, graviers peu abondants, présence de débris, de coquilles d'escargots et de la matière organique non direct décelable, vive effervescence à l'HCl avec une répartition généralisée des éléments calcimagnésiques qui sont des éléments carbonatés de forme nodules, la transition avec l'horizon sous-jacent est graduelle et ondulée.
- **Horizon 33 – 53 cm** : Brun foncé à l'état frais (5 YR 3/3), argilo-limoneux, fragmentaire, moyennement poreux, quelques racines, graviers abondants, présence de quelques galeries et de la matière organique non direct décelable, vive effervescence à l'HCl, généralisée, éléments carbonatés de forme nodules, transition distincte et régulière.

1.2.2. Le climat

Le site appartient à la zone semi-aride qui est caractérisée par un climat continental typiquement méditerranéen, ce dernier est caractérisé par un été chaud et sec et un hiver froid et humide.

1.2.2.1. Pluviométrie

Le cumul des pluies enregistré durant la campagne agricole 2010/2011, plus précisément de la période allant du 01 Septembre 2010 au 30 Juin 2011 s'élève à 408,70 mm, ce volume s'avère être supérieur de 7,6% à la moyenne calculée sur les 30 campagnes agricoles précédentes (1981-2011) qui est égale à 380 mm, notant un excès égal à 28,70 mm (Tableaux 2 et 3, Annexe II). Durant la campagne agricole 2010/2011, les précipitations atteignent leur maximum durant le mois de Février avec 121 mm (30 % des précipitations totales reçues dans la saison), par contre elles atteignent leurs minimum au mois de Septembre avec seulement 3,4 mm (0,83 % des précipitations totales) ; comparativement à la moyenne de la période (1981/2011) où elles atteignent leur maximum durant les mois de Décembre et de Mai avec 47,1 et 46,5 mm respectivement (Figure 6).

Les précipitations enregistrées durant la saison d'automne de la campagne 2010/2011 (96,4 mm soit environ 24 % des précipitations totales) sont proches aux celles enregistrées durant la même saison des 30 dernières années avec un écart de 14,4 mm (Figure 1 ; Annexe VII). Elles ont permis une bonne installation de la culture. Les gelées tardives printanières sont fréquentes dans les hauts plateaux, causant des pertes importantes par le gel des épis au stade floraison. Pour cette année, Les gelées précoces s'étalent du mois de Novembre jusqu'au mois de Février, et les gelées tardives sont concentrées au mois de Mars. Nous avons enregistré pour cette campagne 38 jours de gel, avec l'absence total de vent de sirocco (Tableau 2, Annexe II).

1.2.2.2. Température

Les températures moyennes mensuelles de la campagne agricole 2010/2011 sont proche à celles enregistrées à la moyenne des 30 campagnes agricoles précédentes (1981/2011), elles sont de 12,21 et 12,37 °C respectivement (Tableaux 2 et 3, Annexe II). On observe qu'il y a une concordance complète dans les températures moyennes mensuelles pendant les mois de Septembre, Octobre et Novembre, et une autre coïncidence complète pendant le mois de Mars (Figure 7).

Notant que pour cette année des températures très basses (minimales) sont enregistrées aux cours des mois de Décembre jusqu'au mois de Mars où elles ont atteint 1,5 °C au mois de Février. Les températures maximales ont été enregistrées pendant les mois de Septembre, Mai et Juin. Ces deux derniers mois correspond aux périodes de remplissage et de maturation du grain avec 22 et 27,3 C° respectivement. Pour cette campagne le mois de Février reste le plus froid et les mois de Septembre et Juin de restent les plus chauds et secs (Tableau 2, Annexe II).

D'après les figures 8 et 9, on déduit la durée des périodes sèche et humide de la campagne agricole 2010/2011 en comparaison avec celle enregistrée pour les 30 campagnes agricoles précédentes (1981/2011). La période humide notée pour la campagne agricole 2010/2011 s'est étalée sur environ sept (07) mois, alors que celle enregistrée pour les 30 campagnes agricoles précédentes (1981/2011) s'étale sur environ huit (08) mois. Par contre la période sèche n'a duré que deux (02) mois pour la campagne agricole 2010/2011 en comparaison avec celle enregistrée pour les 30 campagnes agricoles précédentes (1981/2011) qui ne dure qu'environ un mois.

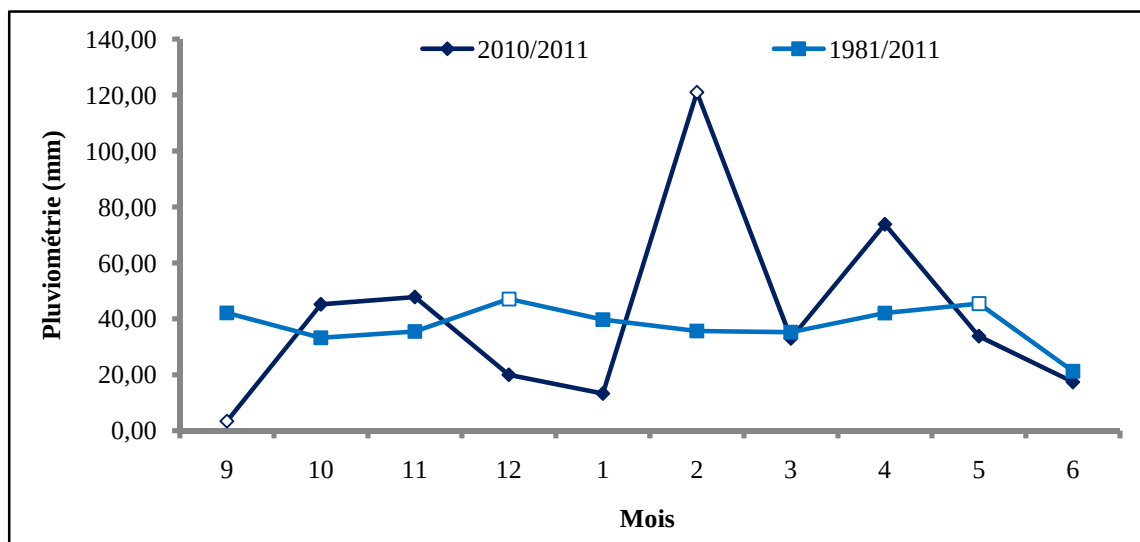


Figure 6. Courbe de variation de la pluviométrie mensuelle pendant la période 1981/2011 et la campagne agricole 2010/2011.

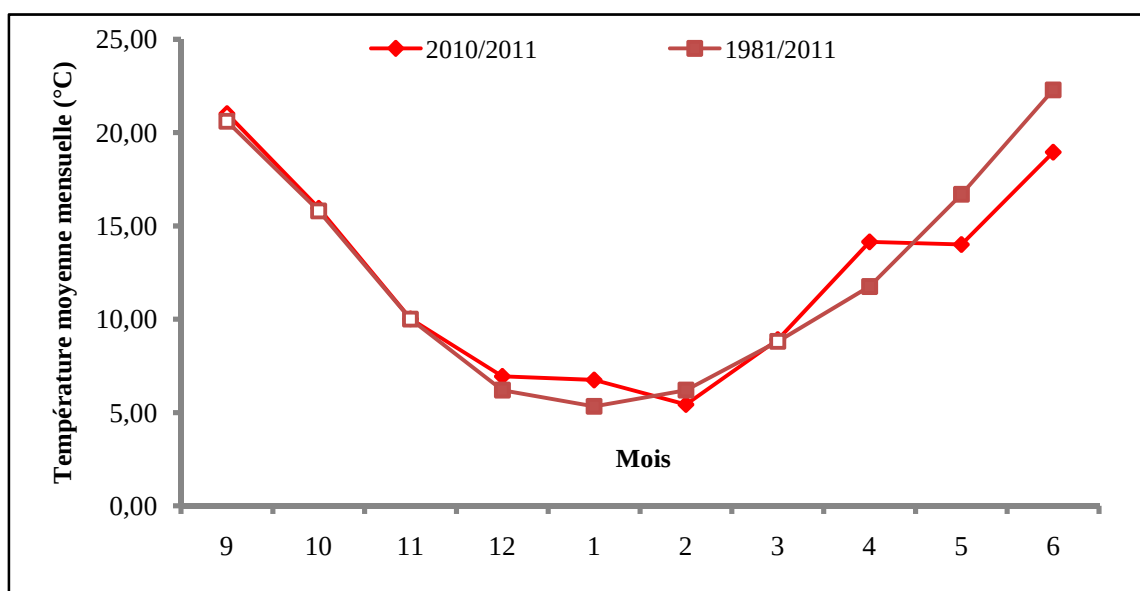


Figure 7. Courbe de variation de la température moyenne mensuelle pendant la période 1981/2011 et la campagne agricole 2010/2011.

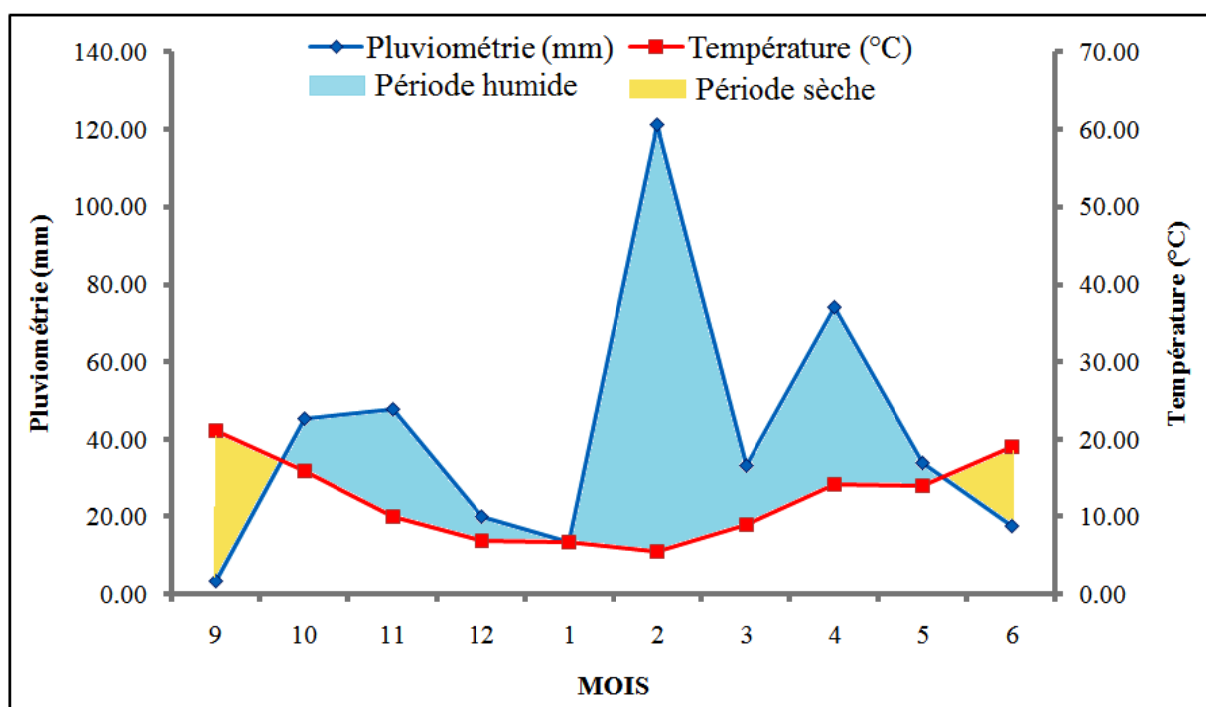


Figure 8. Diagramme ombrothermique pour la campagne agricole 2010/2011.

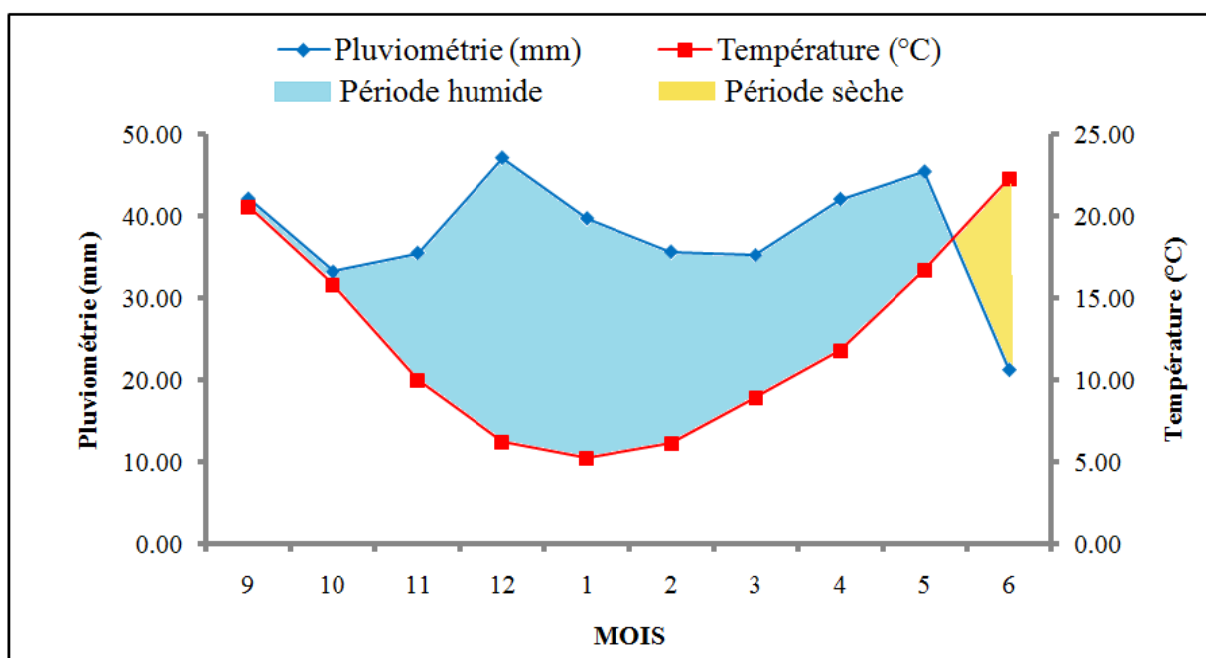


Figure 9. Diagramme ombrothermique pour les trente campagnes agricoles précédentes (1981/2011).

2. Le végétal

La variété de blé dur utilisée est « Bousselam ». C'est une variété introduite en Algérie au niveau de l'ITGC de Sétif en 1994 par l'intermédiaire du centre de l'ICARDA de Syrie, leur pedigree est : HEIDER/MARTE//HUEVO DE ORO.

Les caractéristiques de cette variété selon BOUFNAR-ZAGOUANE et ZAGOUANE, (2006), sont :

- ✓ *Caractéristiques morphologiques* : Epi demi-lâche, blanche ; paille longue mesurant environ 90-100 cm ; grain demi-allongé.
- ✓ *Caractéristiques culturales* : Cycle végétatif mi-tardif, intermédiaire entre les variétés « Waha » et « Mohamed ben Bachir » ; tallage fort ; bonne résistance au froid, à la verse et à la sécheresse.
- ✓ *Comportement à l'égard des maladies* : Résistante aux : rouille (jaune, brune et noire), oïdium, piétin échaudage et fusariose ; et résistance moyenne au septoriose.
- ✓ *Caractéristiques technologiques* : Bonne résistance au mitadinage et à la moucheture ; PMG élevé ; blé correcteur (qualité semoulière) ; variété hautement productive.

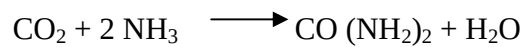
3. Les engrais utilisés

3.1. Le Sulfazot (26% N)

Le Sulfazot est un engrais azoté soufré de couverture, sous forme granulé. C'est un mélange contenant du nitrate d'ammoniaque et du sulfate d'ammoniaque ainsi que certains produits (Inertes de remplissage et matériaux d'enrobage). Il contient 26% d'azote total, dont l'azote nitrique et l'azote ammoniacal représentant 6.5 % et 19.5% respectivement et 35 % d'anhydride sulfurique. Il est destiné à la culture céréalière comme le blé et l'orge à dose de 2 à 3.5 q/ha, les cultures maraichères à dose de 2 à 3 q/ha, l'arboriculture à dose de 3 à 4 q/ha et la viticulture à dose de 1.5 à 2 q/ha. Il peut être utilisé aussi sur un grand nombre de cultures aux besoins variables. Il est conditionné et vendu dans des sacs de 50 kg (ANONYME, 2010).

3.2. L'Urée (46% N)

L'urée est un engrais azoté solide de couverture le plus concentré, contient 46% d'azote total et 1% de biuret, destiné à la culture céréalière comme le blé et l'orge à dose de 1.5 à 2.5 q/ha, les cultures maraichères à dose de 2 à 3.5 q/ha, la viticulture à dose de 1.5 à 2.5 q/ha, l'arboriculture à dose de 5.5 à 6.5 q/ha et les légumes secs à dose de 1.5 à 2.5 q/ha ; Elle est obtenue par synthèse à partir de l'ammoniac et du gaz carbonique suivant la réaction schématique :



L'urée est habituellement sous forme perlée ou de plus en plus granulée. Très soluble, elle est hydrolysée dans le sol et passe, en quelques jours, à l'état d'azote ammoniacal. Ce dernier est, suivant les conditions climatiques du moment, soit fixé par les colloïdes du sol, soit transformé en azote nitrique par les micro-organismes (PONTAILLER, 1971 ; CHRISTIAN *et al*, 2005 ; ANONYME, 2010).

4. Mise en place de l'essai

4.1. Le dispositif expérimental

Le dispositif expérimental adopté dans cet essai est le dispositif factoriel en bloc à 4 répétitions. La superficie totale de l'essai est de 821.25 m² (longueur = 36.5 m, largeur = 22.5 m), chaque bloc est divisé en deux grandes parcelles chacune mesure 08 m de large et 10 m de longueur avec une superficie de 80 m² et comporte 9 micro parcelles. Chaque parcelle élémentaire est constituée de 5 rangs de 8 m de long. Ces derniers sont espacés de 17 cm, soit une largeur de la parcelle élémentaire de 0.85 m avec une superficie de 6.8 m² (Figures 10, 11 et 12).

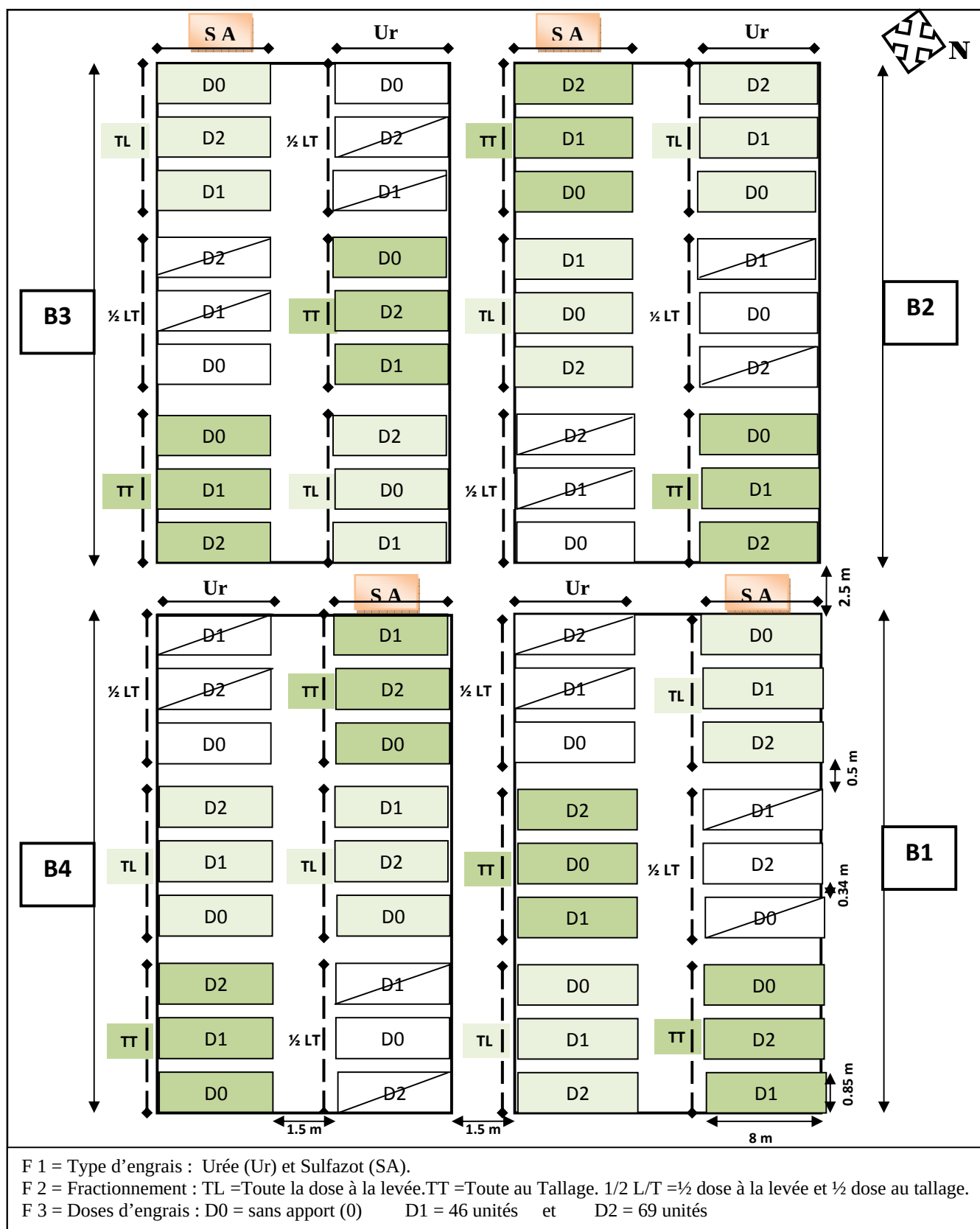


Figure 10. Le dispositif expérimental.

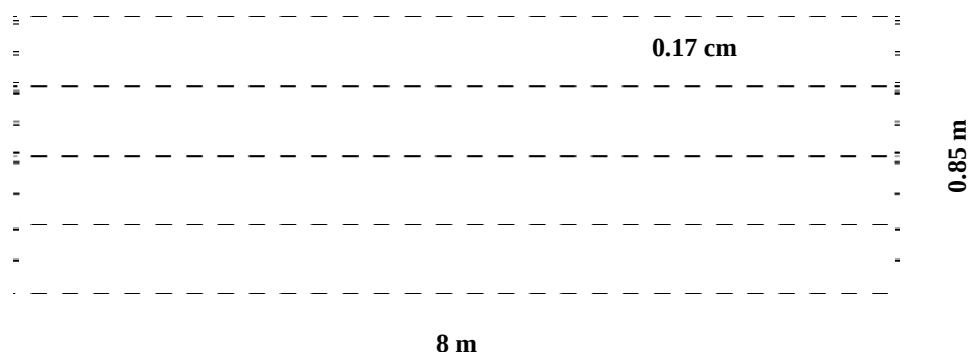


Figure 11. Une parcelle élémentaire.



Figure 12. Vue du dispositif expérimental de l'essai mis en place sur le site dite « Rmada » de la station de L'ITGC de Sétif au cours de la campagne 2010/2011 (au stade épiaison et maturité).

4.2. Traitements

L'essai est conduite en dispositif factoriel en blocs, où en comparant l'effet de 02 types d'engrais azotées (Urée, Sulfazot) en combinaisons avec 03 modes d'applications (Toute la dose à la levée = TL, Toute la dose au Tallage = TT, $\frac{1}{2}$ dose à la levée et $\frac{1}{2}$ dose au tallage = $\frac{1}{2}$ L/T) et 03 doses différentes (sans apport = D0, D1 avec 46 unités et D2 avec 69 unités) :

- ❖ Le facteur I (principal) : Type d'engrais (02)
 - Urée (Ur)
 - Sulfazote (SA)
- ❖ Le facteur II : Mode de fractionnement (03)
 - TL (toute la dose apportée à la levée)
 - TT (toute la dose apportée au tallage)
 - ½ LT (la moitié de la dose donnée à la levée et l'autre apportée au tallage)
- ❖ Le facteur III : Doses d'engrais (03)
 - D0 : le témoin (0 U)
 - D1 : 46 U d'azote (100 kg/ha pour l'urée et 177 kg/ha pour le sulfazot)
 - D2 : 69 U d'azote = $46 + \frac{1}{2} 46$ (150kg/ha pour l'urée et 266 kg/ha pour le sulfazot)

5. La conduite de la culture

5.1. Le semis

Le semis est réalisé mécaniquement le 30 novembre 2010, à l'aide d'un semoir spécifique de marque SEMIATO d'une longueur de 3 m, sur un précédent cultural pois-fourrager variété « Seffrou ». Auparavant la parcelle n'a fait l'objet d'aucune opération culturale. La dose de semis est l'équivalent de 140 kg/ha, avec une densité égale à 240 graines par m². Sachant que la technique pratiquée est le semis direct (Figure 13).



Figure 13. Le semis direct de la variété « Bousselam » sur un précédent cultural (pois-fourrager) sur le site dite « Rmada » de la station de L'ITGC de Sétif au cours de la campagne 2010/2011.

5.2. Le désherbage

La parcelle du site expérimental de « Rmada » n'est pas trop envahis par les mauvaises herbes donc on n'a pas appliqué d'herbicide, une élimination des plantes adventices est réalisée manuellement au printemps.

5.3. La fertilisation

- La fumure de fond a été appliquée pendant l'opération de semis le 30 novembre 2010 par un apport d'engrais de fond (MAP).
- Epandage d'engrais azoté au stade 2 à 3 feuilles pour les deux types « Urée et Sulfazot », (toute la dose à la levée « TL » et la moitié de la dose à la levée « ½ LT », effectué le 10 janvier 2011.
- Epandage d'engrais azoté au stade tallage pour les deux types « Urée et Sulfazot », (toute la dose au tallage « TT » et la moitié de la dose à la levée « ½ LT », effectué le 03 mars 2011.

5.4. La récolte

Les parcelles expérimentales ont été récoltées le 12 juillet 2011. L'opération a été réalisée mécaniquement à l'aide d'une moissonneuse-batteuse expérimental de type « HEGE ».

6. Notations et Mesures

6.1. Caractères phénologiques et morphologiques

6.1.1. La date de levée

La date de la levée est notée, à l'apparition de 50% de plants levés (22/12/2010).

6.1.2. La date d'épiaison

Elle est notée lorsque 50% des épis apparaissent nettement hors de la gaine de la feuille étendard (30/04/2011).

6.1.3. La date de maturité

Dans cette phase les enveloppes de l'épi perdent leurs couleurs vertes qui deviennent jaunes (01/07/2011).

6.1.4. La hauteur des tiges à maturité (HP)

Cette mesure effectuée le 23/06/2010. Elle a été mesurée sur 03 plantes, prélevée d'une manière aléatoire dans chaque parcelle élémentaire. La hauteur est mesurée du collet jusqu'à l'extrémité de l'épi y compris les barbes à l'aide d'une règle graduée.

6.2. Caractères physiologiques

6.2.1. Teneur en chlorophylle total (TCHL)

Ce paramètre est estimé par l'utilisation de l'appareil « chlorophyll meter SPAD » (SPAD, Minolta 5.1). Le chlorophylle-mètre ou SPAD mètre (Soil Plant Analysis Development) est un outil portable de diagnostic qui mesure la verdure ou la teneur relative en chlorophylle des feuilles (Figure 14). L'opération est faite après la floraison où on a choisis au hasard 05 épis au niveau de chaque parcelles élémentaires (en évitant les lignes de bordures) et en les marquant à l'aide de petits morceaux de cordeau. Cette dernière est répétée 03 fois (15/05/2011, 26/05/2011 et 08/06/2011).



Figure 14. L'appareil « SPAD ».

6.3. Caractères de production

Toutes les variables relatives à la culture ont été déterminées sur la base des mesures faites sur une station de comptage choisis au hasard, à l'intérieur des lignes de la parcelle élémentaire, en évitant les bordures. Sur chaque parcelle une station de comptage qui mesure 3 mètres linéaires est matérialisée au stade levée. Les chiffres obtenus seront ramenés à une unité de surface (m^2 et ha).

6.3.1. Le nombre de plants par mètre carré (NP/m^2)

Le comptage du nombre de plantes par mètre carré est réalisé au stade 1 à 2 feuilles au niveau de chaque parcelle élémentaire sur 3 mètres linéaires. Les chiffres obtenus sont convertis au mètre carré.

6.3.2. Le nombre de talles herbacées par mètre carré (TH/m²)

Il est déterminé à partir du comptage du nombre de talles herbacées de la station préparée précédemment par parcelle élémentaire, puis rapportée au m².

6.3.3. Le nombre de talles par plante (coefficient de tallage-épi)

Il est obtenu à partir de la division de nombres de talles herbacées au mètre carré sur le nombre des plantes au mètre carré.

6.3.4. Le nombre d'épis par mètre carré (NE/m²)

Le peuplement épis (NE) est obtenu à partir du comptage des épis de station préparée précédemment de chaque parcelle élémentaire, puis ramené au mètre carré.

6.3.5. La matière sèche au stade épiaison (MS)

Elle est déterminée par des récoltes d'échantillons de végétation au niveau de chaque parcelle élémentaire. Les feuilles, les tiges et les épis de chaque bottillon sont séparés. La matière sèche est obtenue par passage à l'étuve à 85°C pendant 24 heures. En pesant l'amas des plantes à l'aide d'une balance électronique. La matière sèche exprimée en gramme par mètre carré, puis ramené en q/ha.

6.3.6. Le nombre de grains par épi (NG/E)

La fertilité de l'épi est obtenue après le battage de 10 épis prélevés aléatoirement et le comptage de nombre de grains, les résultats sont divisés sur 10.

6.3.7. Le poids de mille grains (PMG)

Le poids de mille grains est déterminé à partir des échantillons prélevés pour déterminer le paramètre fertilité épi, où en pesant 250 grains et les résultats obtenus sont multipliées par 4.

6.3.8. Le rendement biologique (biomasse à maturité Rdt_b)

Il est obtenu après la récolte de l'échantillon de station du comptage préparée précédemment de chaque parcelle élémentaire à l'aide d'une faucille ; dont l'échantillon représente la plante entière sauf la racine en pesant l'amas des plantes à l'aide d'un balance électronique. Le rendement biologique exprimé en gramme par mètre carré, puis ramené en q/ha.

6.3.9. Le rendement en grains (Rdt_g)

Le rendement en grains est déterminé par la récolte des rangs de chaque parcelle élémentaire avec une moissonneuse batteuse expérimentale de marque HEGE125. Le rendement parcellaire exprimé en gramme par mètre carré, puis ramené en q/ha.

6.3.10. Le rendement paille (Rdt_p)

Les tiges des échantillons récoltés précédemment de la station du comptage sont débarrassées de leurs épis, puis pesées. Le rendement en paille qui est exprimé en gramme par mètre carré, puis ramené en q/ha.

6.3.11. L'indice de récolte (IR)

Ce paramètre détermine la part du rendement dans la biomasse totale est obtenu par la formule suivante :

$$IR \% = Rdt_g / Rdt_b \times 100$$

6.3.12. Le taux de grains mitadinées (Mtd%)

On procède à la coupe des grains en utilisant un scalpel où on détermine le nombre des grains farineux et semi-vitreux.

7. Les analyses physico-chimiques du sol

Les échantillons sont prélevés à l'aide d'une tarière à une profondeur de 0-10 cm pour chacune de parcelles élémentaires, puis on fait des échantillons composites de chaque traitement à partir l'ensemble des échantillons collectés des quatre répétitions. Les analyses sont réalisées aux laboratoires de FERTIAL et de l'ITGC d'Alger. L'opération est répétée 04 fois (avant le semis 24/11/2010 ; au tallage 15/03/2011 ; à l'épiaison 06/05/2011 et à maturité 01/07/2011).

8. Analyse statistique des données

Les données collectées à partir de l'expérimentation ont été traitées par les logiciels statistiques : « Co Stat 6 » et « STAT-ITCF 5 ». Une analyse de variance est étudiée pour déterminer l'effet des facteurs principaux : le type d'azote, le mode de fractionnement et les doses ainsi que les différentes interactions entre eux. Une analyse entre paires de caractères est faite pour déterminer les différentes liaisons entre variables.



RESULTATS

ET

DISCUSSIONS

Chapitre III: Résultats et Discussions

1. Effet de la fertilisation azotée sur les variables mesurées

1.1. Le nombre de talles herbacées au mètre carré et le coefficient de tallage (TH/m² ; T/P)

L'analyse de la variance révèle un effet très hautement significatif des facteurs principaux type et doses d'engrais sur les paramètres nombre de talles herbacées par mètre carré et le coefficient de tallage. Un effet significatif du mode de fractionnement est noté sur le nombre de talles par mètre carré. A l'inverse, les différentes interactions entre les trois facteurs étudiés n'ont révélé aucune différence pour les deux paramètres : nombre de talles par m² et le coefficient de tallage (Tableau 1).

La comparaison des moyennes indique que le type d'engrais « urée » a permis un peuplement talles/m² le plus élevé. Les taux sont de l'ordre de 108% et 104% respectivement par rapport au sulfazot et à la moyenne de l'essai (Tableau 2 ; Figure 15). Concernant le mode de fractionnement (F2), on observe que l'apport de toute la dose à la levée (TL) donne une valeur de nombre de talles/m² la plus élevée (642,48 talles/m²) contre 605,39 et 603,51 talles/m² respectivement pour l'apport de toute la dose au tallage (TT) et le fractionnement (1/2 LT). Cette meilleure valeur représente 104 % par rapport la moyenne générale de l'essai (Tableau 2 ; Figure 16). L'autre fait marquant est noté au niveau de la variation des doses. A ce sujet, on constate une grande fluctuation pour ce facteur. On constate une évolution des valeurs qui est proportionnelle avec la croissance des doses d'azote apportées. La plus faible valeur est donnée par le témoin (D0) avec 515,44 talles/m², par contre (D2), affiche 711,76 talles/m² qui représente 138,09% et 115,3% respectivement par rapport au témoin sans azote (D0) et la moyenne générale de l'essai (Tableau 2 ; Figure 17). Ces résultats sont confirmés par BENCHEIKH et DERROUGH (2008) qui trouvent que le passage de la dose de 0 à la dose de 96 U/ha se traduit par une augmentation de nombre de talles par m², qui passe respectivement de 861 à 1092.

On peut attribuer ces effets significatifs de la fertilisation azotée sur ce paramètre aux conditions pluviométriques caractérisant cette campagne qui étaient favorables pour l'alimentation azotée. En effet, des excès de +30,44 et +15,89 mm ont été enregistré respectivement aux saisons d'hiver et de printemps de la campagne 2010/2011 par rapport aux ceux des 30 dernières années (Figure 1 ; Annexe VII).

Tableau 1. Carrés moyens de l'analyse de variance des variables mesurés.

SOURCE	ddl	TH/m ²	T/P	N E/m ²	MS	N G/E	PMG
Effet principal							
Type (F1)	1	43927,96***	1,75***	225,75 ns	334,41 ns	26,16*	0,37 ns
Mode (F2)	2	11591,92*	0,19 ns	1202,26 ns	1534,43***	18,82*	16,74**
Dose (F3)	2	232153,62***	6,23***	43649,75***	15106,34***	385,17***	120,13***
Interaction							
F1 x F2	2	1345,02 ns	0,11 ns	1196,13 ns	514,89*	21,31*	1,92 ns
F1 x F3	2	283,04 ns	0,02 ns	511,30 ns	174,03 ns	38,15**	2,33 ns
F2 x F3	4	983,44 ns	0,07 ns	223,40 ns	621,17***	10,15 ns	6,45 ns
F1 x F2 x F3	4	2068,38 ns	0,05 ns	757,44 ns	956,99***	19,88*	6,61 ns
Erreur	51	2505,67	0,10	1018,79	110,21	5,55	3,03
CV		8,11 %	10,3 %	10,48 %	12,51 %	7,12 %	2,84 %

ddl : degré de liberté. ns= effet non significatif, *, **, *** = effet significatif, très significatif et très hautement significatif au seuil de 5% respectivement. CV : coefficient de variation. TH/m² : Talles herbacées par m². T/p : Talle par plante. N E/m² : nombre d'épis par m². MS : matière sèche à l'épiaison. N G/E : nombre de grains par épi. PMG : poids de mille grains.

Tableau 2. Groupes homogènes de variable : talles/m² pour F1, F2 et F3.

Type d'azote (F1)		Fractionnement (F2)			Dose d'azote (F3)		
Urée	sulfazot	TL	TT	½ LT	D0	D1	D2
641,83a	592,43b	642,48a	605,39b	603,51b	515,44c	624,18b	711,76a
Moyenne générale		617,13					

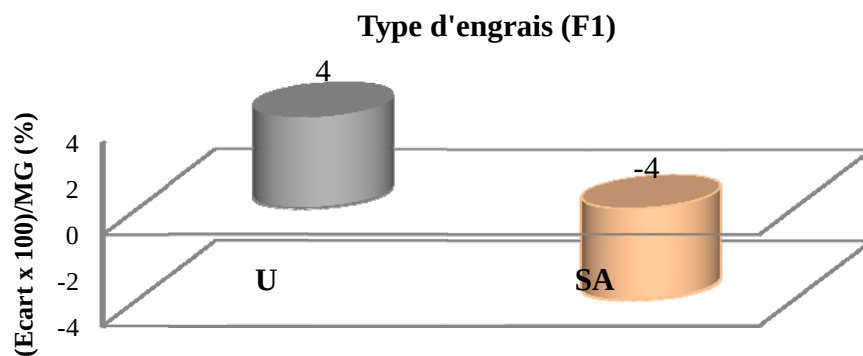


Figure 15. Effet du type d'engrais sur le peuplement: talles/ m².

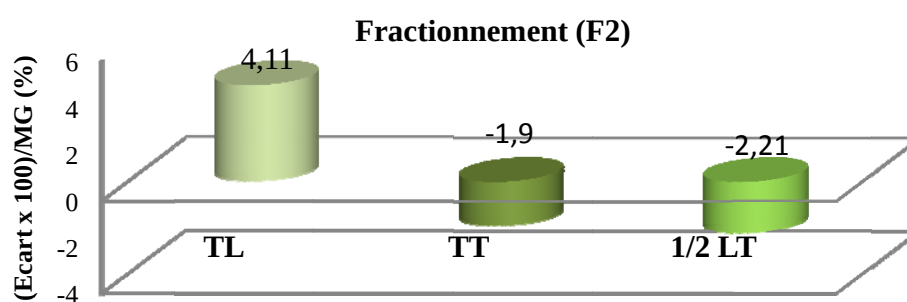


Figure 16. Effet de mode de fractionnement sur le peuplement talles/ m².

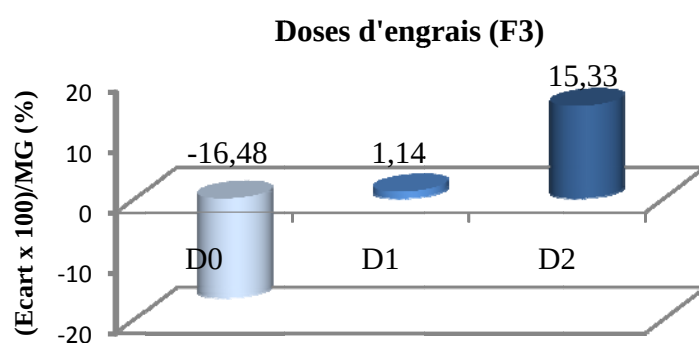


Figure 17. Effet des doses d'engrais sur le peuplement talles/ m².

La comparaison des moyennes pour le coefficient de tallage indique que le type d'engrais « urée » a permis de produire 3,16 talles par plante. Les taux sont de l'ordre de 110% et 105% respectivement par rapport au sulfazot et la moyenne générale de l'essai (Tableau 3 ; Figure 18). On constate une évolution des valeurs de l'indice de tallage qui est proportionnelle avec la croissance des doses d'azote apportées (Figures 3 et 4 ; Annexe VIII). La plus faible valeur est donnée par le témoin (D0) avec 2,49 talles/plante, par contre (D2) affiche 3,51 talles/plante ce qui représente 140,96% et 116,61% respectivement par rapport au témoin sans azote (D0) et la moyenne générale de l'essai (Tableau 3 ; Figure 19). On a obtenu un gain moyen en talle par plante par rapport au témoin sans azote égale 0,52 talles pour une dose (D1) de 46 unités et de 1,02 talles pour une dose (D2) de 69 unités par ha. Ceci indique que le coefficient de tallage est proportionnel à la dose d'azote appliquée. A ce sujet, MOSSEDDAQ et MOUGHILI (1999) relèvent l'effet de l'azote sur le peuplement départ est hautement significatif et remarque que l'apport de l'azote à raison de 120 unités /ha au stade A, a permis de produire 5,2 contre 4,3 talles par pied pour le témoin.

D'autres auteurs aussi confirment ces résultats, DJIAR (1988) et KOUADRIA (1987), trouvent que l'apport de doses croissantes a une influence sur le degré de tallage où ils sont obtenus à un gain moyen en talle par plante par rapport au témoin sans azote égale 0,72 talles pour une dose de 50 unités et de 1,48 talles pour une dose de 100 unités et 2,64 talles pour 120 unités par ha.

Tableau 3. Groupes homogènes de variable : talles/plante pour F1 et F3.

Type d'azote (F1)		Dose d'azote (F3)		
Urée	sulfazot	D0 (0U)	D1 (46U)	D2 (69U)
3,16a	2,85b	2,49c	3,01b	3,51a
Moyenne générale	3,01			

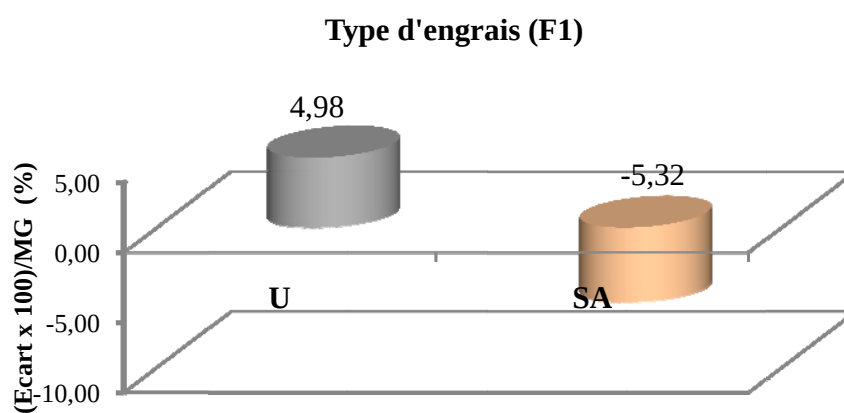


Figure 18. Effet du type d'engrais sur le coefficient du tallage.

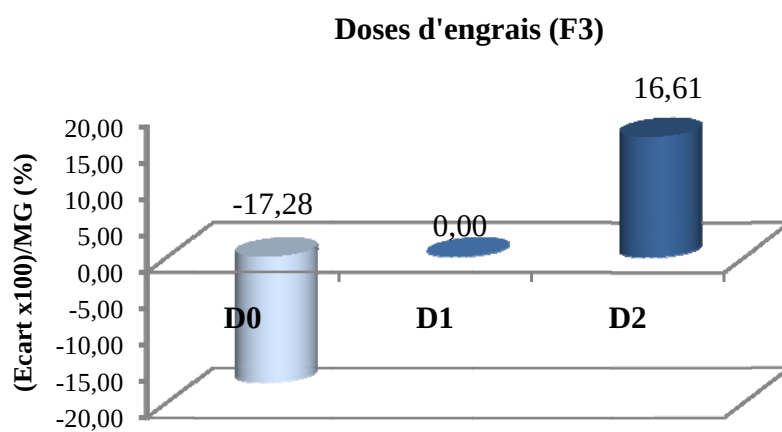


Figure 19. Effet des doses d'engrais sur le coefficient du tallage.

1.2. Le nombre d'épis au mètre carré (NE/m²) et la matière sèche accumulée au stade épiaison (MS)

D'après le Tableau 1, l'analyse de variance révèle un effet très hautement significatif de facteur principal doses d'engrais sur le nombre d'épis par mètre carré. Au contraire, les facteurs type d'engrais (F1), mode de fractionnement (F2) et les différentes interactions entre les trois facteurs étudiés n'ont révélé aucune influence sur ce paramètre (NE/m²). Un effet très hautement significatif de mode de fractionnement et des doses apportées est noté sur le taux de matière sèche accumulée. Pour les différentes interactions entre les trois facteurs étudiés, une différence très hautement significative est marquée pour les facteurs mode de fractionnement x doses apportées (F2 x F3) et les facteurs type d'engrais x mode de fractionnement x doses apportées (F1 x F2 x F3). On observe aussi un effet significatif pour l'interaction type d'engrais x mode de fractionnement (F1 x F2). Par contre, aucune différence significative a été révélée pour l'interaction type d'engrais x doses apportées (F1 x F3).

On remarque une évolution des valeurs de nombre d'épi au mètre carré qui est proportionnelle avec la croissance des doses d'azote appliquées. La comparaison des moyennes montre que la plus faible valeur est donnée par le témoin (D0) avec 264,38 épi/m², par contre (D2) affiche 349,35 épi/m² qui représente 132,14% et 114,65% respectivement par rapport au témoin sans azote (D0) et la moyenne générale de l'essai (Tableau 4 ; Figure 20). Ces résultats sont confirmés par HAMADACHE et al (2002), où ils indiquent que le nombre d'épis par mètre carré est fortement influencé par la nutrition azotée. De la dose 0 à la dose 67 unités par ha, le nombre d'épis par m² passe de 241,94 à 273,56. De plus, BENCHEIKH et DERROUGH (2008) constatent que le passage de la dose de 0 à la dose de 48 unités par hectare se traduit par une augmentation de nombre d'épis par m², qui passe respectivement de 334,5 à 409.

Tableau 4. Groupes homogènes de variable : N E/m² pour le facteur doses (F3).

Dose d'azote (F3)		
D0 (U)	D1 (46U)	D2 (69U)
264,38c	300,41b	349,35a
Moyenne générale	304,71	

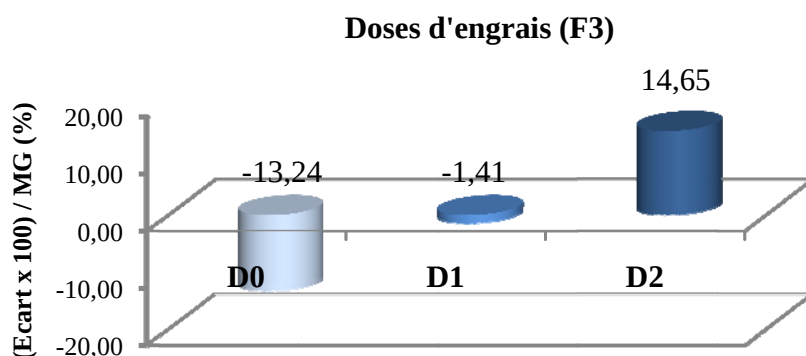


Figure 20. Effet des doses d'engrais sur le nombre d'épi au mètre carré.

La comparaison des moyennes pour la variable quantité de matière sèche accumulée au stade épiaison présente trois groupes homogènes, où le premier groupe représenté par le fractionnement de la dose en deux parties (1/2 dose à la levée et 1/2 dose au tallage) qui donne la valeur la plus élevée (91,57 q/ha) contre 84,53 et 75,62 q/ha respectivement pour l'apport de toute la dose en une seule fois soit à la levée (TL), soit au tallage (TT), ces deux derniers représentent le deuxième et le troisième groupes homogènes respectivement. La meilleure valeur obtenue par le fractionnement (1/2 LT) représente 109,13 % par rapport la moyenne générale de l'essai, 108,33 et 121,09 % par rapport au TT et TL respectivement (Tableau 5 ; Figure 21).

Concernant l'effet doses d'azote appliquées sur la quantité de matière sèche accumulée au stade épiaison, les valeurs moyennes sont de l'ordre croissant 58,24 ; 85,10 et 108,38 q/ha, respectivement pour la D0, D1 et D2. L'avantage est en faveur de la dose D2, qui devance les autres doses, soit de 186,10% et 127,36% respectivement et 129,16% par rapport la moyenne générale de l'essai (Tableau 5 ; Figure 22). A ce sujet MOSSEDDAQ et MOUGHLI (1999) trouvent que la production de la matière sèche augmente de façon proportionnelle à la quantité d'azote appliquée.

Tableau 5. Groupes homogènes de variable : MS accumulée au stade épiaison pour F2 et F3.

Fractionnement (F2)			Dose d'azote (F3)		
TL	TT	½ LT	D0	D1	D2
75,62c	84,53b	91,57a	58,24c	85,10b	108,38a
Moyenne générale			83,91		

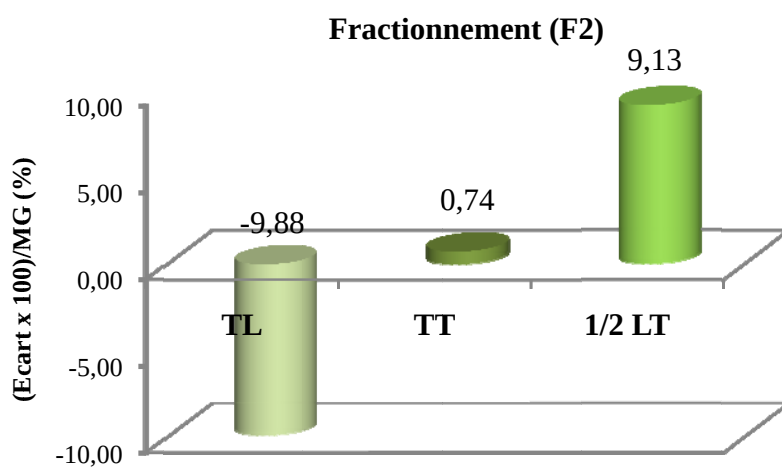


Figure 21. Effet du fractionnement (F2) sur la variable quantité de matière sèche accumulée au stade épiaison (MS).

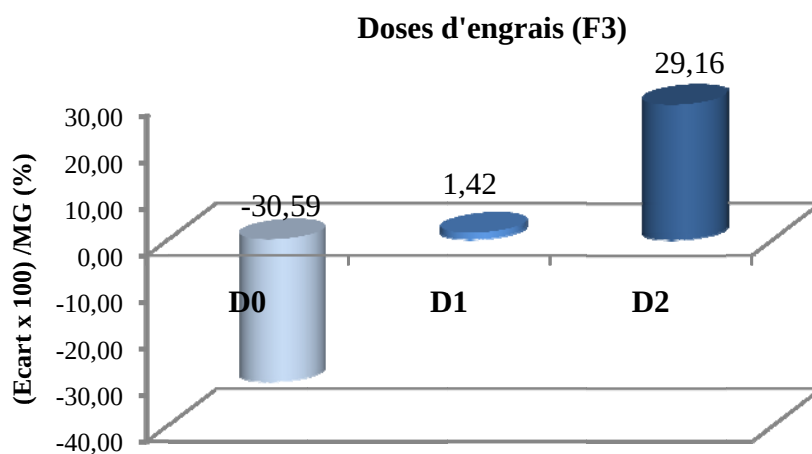


Figure 22. Effet des doses d'engrais (F3) sur la variable quantité de matière sèche accumulée au stade épiaison (MS).

Les données révèlent la formation de quatre groupes homogènes. La comparaison des moyennes pour l'interaction type d'engrais x fractionnement (F1 x F2) montre que l'effet est en faveur de l'urée fractionnée (1/2 LT), qui constitue le premier groupe homogène, suivi par le deuxième groupe homogène qui est le sulfazot apporté en totalité au tallage (TT) et fractionné (1/2 LT) avec respectivement des valeurs proches de 97,51 , 87,54 et 85,64, soit 116,21% , 104,33 et 102,06% par rapport à la moyenne générale de l'essai. Notons que la plus faible moyenne est donnée par le sulfazot apporté en totalité à la levée (TL) avec 72,07 q/ha, dont la valeur représente 85,89% de la moyenne de l'essai (Tableau 6 ; Figure 23).

Concernant l'interaction Fractionnement x doses d'engrais (F2 x F3), on distingue cinq (05) groupes homogènes. Le premier groupe représente la dose D2 fractionnée (1/2 LT) qui donne la valeur la plus élevée, suivi de la dose D2 apportée en totalité au tallage (TT) qui représente le deuxième groupe, avec respectivement des valeurs proches de 124,08 et 107, soit 147,87% et 127,53% par rapport à la moyenne générale de l'essai. Notons que la plus faible moyenne est donnée par les valeurs du témoin (D0) qui composent le dernier groupe (Tableau 7 ; Figure 24).

Tableau 6. Groupes homogènes de variable MS pour l'interaction (F1x F2).

F1 (Type)	F2 (Fractionnement)		
	TL	TT	½ LT
Urée	79,17 bc	81,51 bc	97,51 a
Sulfazot	72,07 c	87,54 b	85,64 b
Moyenne générale	83,91		

Tableau 7. Groupes homogènes de variable MS pour l'interaction F2 x F3.

F2 (Fractionnement)	F3 (Doses)		
	D0	D1	D2
TL	59,83 e	72,99 d	94,04 c
TT	58,16 e	88,41 c	107 b
½ LT	56,73 e	93,91 c	124,08 a
Moyenne générale	83,91		

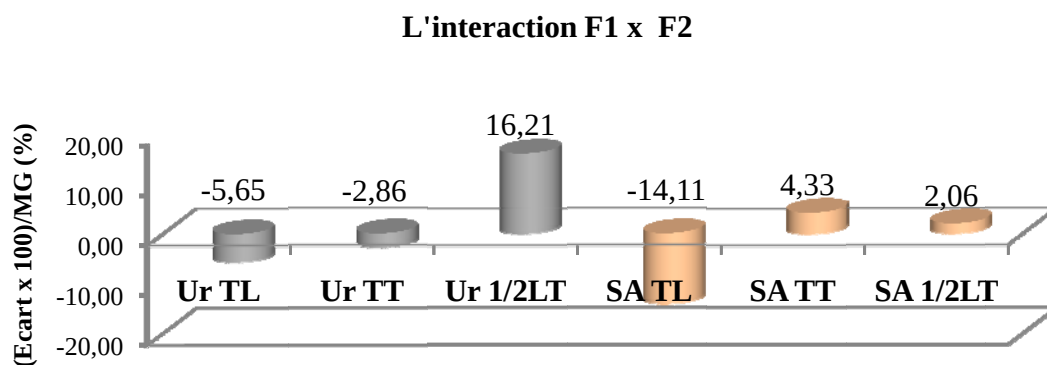


Figure 23. Effet de l'interaction type d'engrais x fractionnement sur la variable quantité de matière sèche accumulée au stade épiaison (MS).

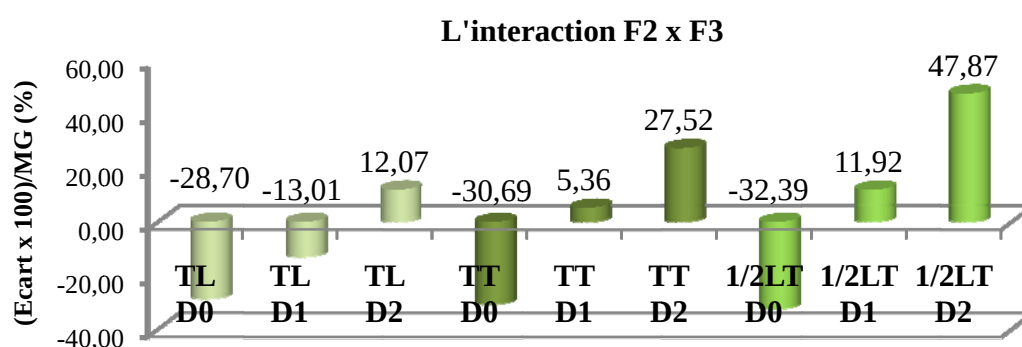


Figure 24. Effet de l'interaction Fractionnement x doses d'engrais sur la variable quantité de matière sèche accumulée au stade épiaison (MS).

Les valeurs moyennes de l'interaction des trois facteurs (F1 x F2 x F3) révèlent la constitution de huit (08) groupes homogènes. La plus forte valeur qui représente le premier groupe est donnée par la dose D2 fractionnée ($\frac{1}{2}$ LT) de l'urée (Urée / $\frac{1}{2}$ LT / D2), suivi par la dose D2 apportée en totalité au tallage (TT) du sulfazot (SA / TT / D2) avec respectivement 145,07 et 119,44 q/ha, soit 172,89% et 142,34% par rapport à la moyenne générale de l'essai. La plus faible moyenne est donnée par les valeurs du témoin (D0) qui composent le dernier groupe (Tableau 8 ; Figure 25).

Tableau 8. Groupes homogènes de variable MS pour l'interaction F1x F2 x F3.

F1 (Type)	F2 (fractionnement)	F3 (doses)		
		D0	D1	D2
Urée	TL	58,92 f	78,11 def	100,46 cd
	TT	57,61 f	92,37 cd	94,56 cd
	½ LT	57,09 f	90,35 cd	145,07 a
Sulfazot	TL	60,74 f	67,86 ef	87,62 cd
	TT	58,72 f	84,46 cde	119,44 b
	½ LT	56,37 f	97,46 cd	103,09 c
Moyenne générale		83,91		

L'interaction F1 x F2 x F3

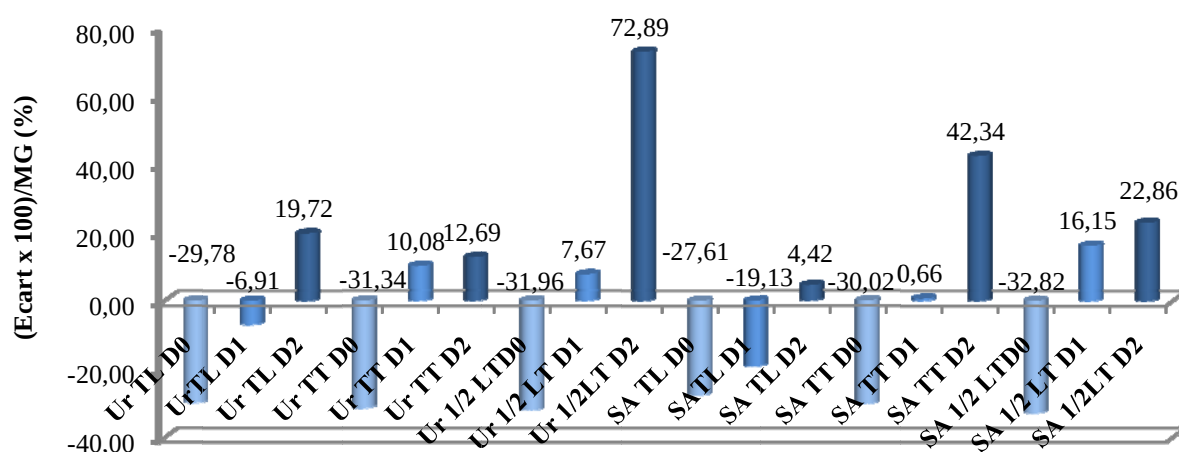


Figure 25. Effet de l'interaction Type x Fractionnement x Doses d'engrais sur la variable quantité de matière sèche accumulée au stade épiaison (MS).

1.3. La fertilité d'épi (NG/E) et le poids de 1000 grains (PMG)

D'après le Tableau 1, l'analyse de variance montre un effet très hautement significatif du facteur principal doses d'engrais sur le nombre de grains par épis, un effet très significatif pour l'interaction type d'engrais x doses et un effet significatif des facteurs type d'engrais (F1), mode de fractionnement (F2) et les interactions : Type d'engrais x Fractionnement (F1 x F2) et Type d'engrais x Fractionnement x Doses apportées (F1 x F2 x F3). Par contre, l'interaction Fractionnement x Doses apportées (F2 x F3) n'a révélé aucune influence sur ce paramètre (NG/E). Un effet très hautement significatif des doses apportées (F3) est noté sur le poids de 1000 grains et un effet très significatif pour le facteur principal mode de fractionnement (F2). Au contraire, le facteur Type d'engrais (F1) et les différentes interactions entre les trois facteurs étudiés n'ont révélés aucune différence significative sur ce paramètre (PMG).

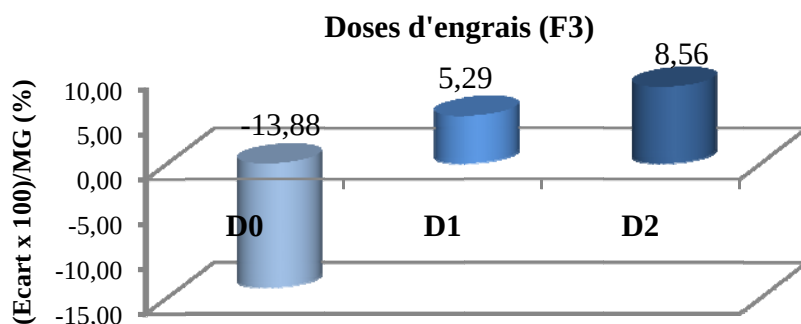
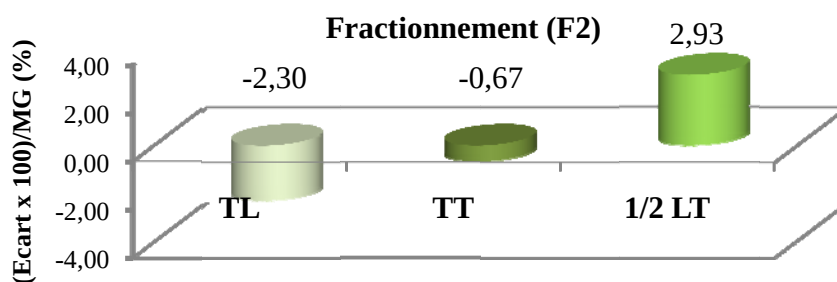
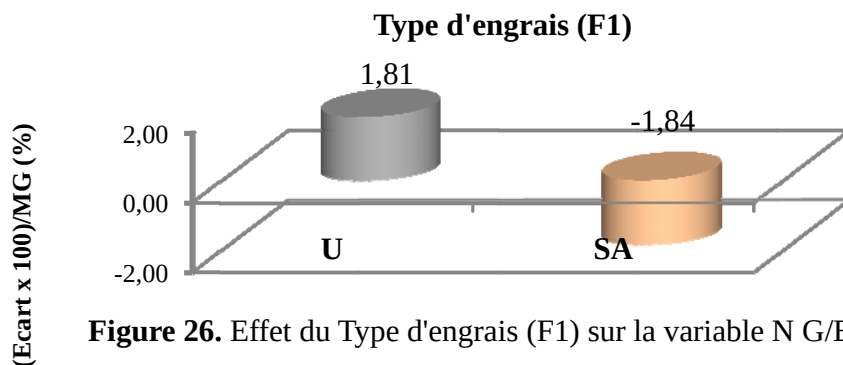
La comparaison des moyennes pour la variable fertilité d'épi indique que le type d'engrais « urée » donne la valeur la plus élevée de nombre de grains par épi avec 33,67. Les taux sont de l'ordre de 103,73% et 101,81% respectivement par rapport au sulfazot et la moyenne générale de l'essai (Tableau 9 ; Figure 26).

Concernant le mode de fractionnement (F2), on observe que le fractionnement (1/2 LT) donne une valeur de nombre de grains par épi la plus élevée (34,04 grains/épi) contre 32,85 et 32,31 respectivement pour l'apport de toute la dose au tallage (TT) et l'apport de toute la dose à la levée (TL). Cette meilleure valeur représente 102,93 % par rapport la moyenne générale de l'essai (Tableau 9 ; Figure 27).

Le fait marquant est, noté au niveau de la variation des doses, est l'évolution des valeurs proportionnellement avec l'augmentation des doses d'azote apportées. La plus faible valeur est donnée par le témoin (D0) avec 28,48 grains/épi, par contre (D2) affiche 35,9 grains/épi ce qui représente 126,05 % et 108,56 % respectivement par rapport au témoin sans azote (D0) et la moyenne générale de l'essai (Tableau 9 ; Figure 28). Ces résultats sont confirmés par BELLOULA (1981) ; DJENNADI-AIT ADBALLAH et RAFOUFI (2008) qui signalent que le nombre de grains par épi s'accroît avec l'augmentation de la dose d'azote. De la dose 46 à la dose 92 unités par ha, le nombre de grains par épi passe de 32,6 à 36,6. Par contre HAMADACHE et al (2002) indiquent que le passage de la dose 0 à la dose 67 unités par ha, se traduit par une baisse de nombre grains/épi, qui passe de 42,76 à 39,87.

Tableau 9. Groupes homogènes de variable : N G/E pour F1, F2 et F3.

Type d'azote (F1)		Fractionnement (F2)			Dose d'azote (F3)		
Urée	sulfazot	TL	TT	½ LT	D0	D1	D2
33,67 a	32,46 b	32,31 b	32,85 ab	34,04 a	28,48 b	34,82 a	35,9 a
Moyenne générale		33,07					



D'après le Tableau 10, on observe que les données révèlent la formation de trois groupes homogènes. La comparaison des moyennes pour l'interaction type d'engrais x fractionnement (F1 x F2) montre que l'effet en est faveur de l'urée apporté en totalité au tallage (TT) et le sulfazot fractionné (1/2 LT), qui constituent le premier groupe homogène avec respectivement des valeurs proches de 34,45 et 34,31 soit 104,17% et 103,75% par rapport à la moyenne générale de l'essai. Notons que la plus faible moyenne est donnée par le sulfazot apporté en totalité au tallage (TT) avec 31,24 q/ha, qui représente 94,47% de la moyenne de l'essai (Figure 29).

Tableau 10. Groupes homogènes de variable N G/E pour l'interaction (F1x F2).

F1 (Type)	F2 (Fractionnement)		
	TL	TT	½ LT
Urée	32,78 ab	34,45 a	33,78 ab
Sulfazot	31,84 ab	31,24 b	34,31 a
Moyenne générale	33,07		

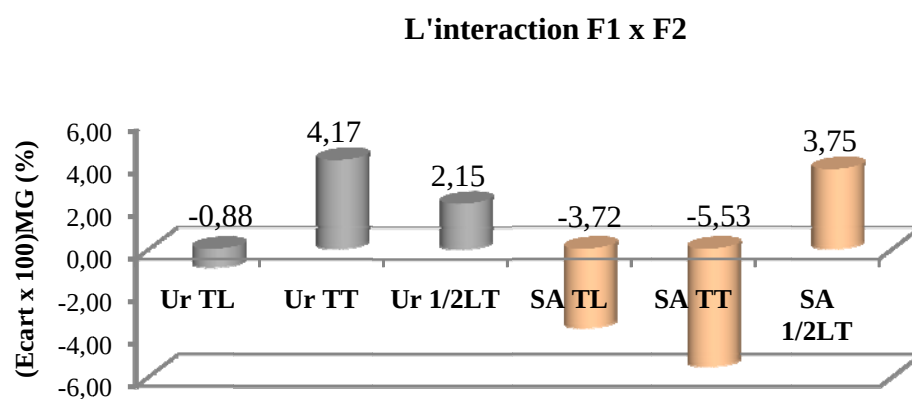


Figure 29. Effet de l'interaction Type d'engrais x Fractionnement sur la variable N G/E.

La comparaison des moyennes pour l'interaction type d'engrais x doses (F1 x F3) montre que la dose D2 de l'urée donne la meilleure valeur, où elle constitue le premier groupe homogène, avec de valeur proche de 37,95 soit 114,76% par rapport à la moyenne générale de l'essai. La plus faible moyenne est donnée par les témoins avec 28,47 et 28,50 grains/épi, soit 86,18% et 86,09% respectivement par rapport à la moyenne générale de l'essai (Tableau 11; Figure 30).

Tableau 11. Groupes homogènes de variable N G/E pour l'interaction (F1x F3).

F1 (Type)	F3 (Doses)		
	D0	D1	D2
Urée	28,50 c	34,56 b	37,95 a
Sulfazot	28,47 c	35,08 b	33,85 b
Moyenne générale	33,07		

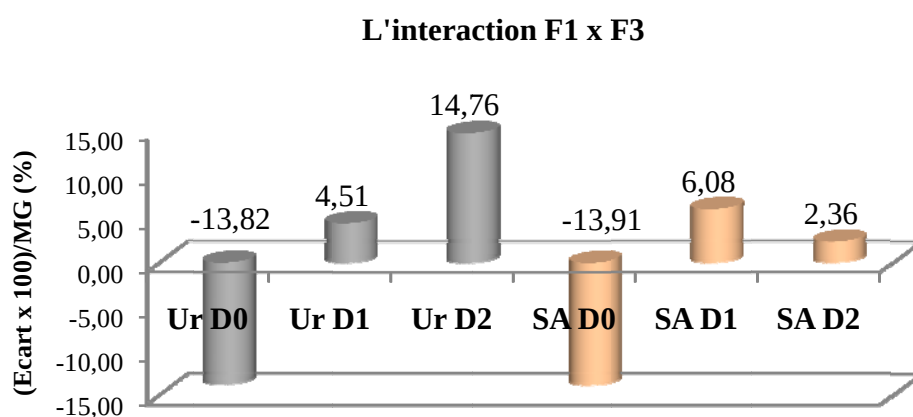


Figure 30. Effet de l'interaction Types x Doses d'engrais sur la variable N G/E.

Les valeurs moyennes de l'interaction des trois facteurs (F1 x F2 x F3) révèlent la constitution de sept (07) groupes homogènes. La plus forte valeur qui représente le premier groupe est donnée par la dose D2 apportée en totalité au tallage (TT) de l'urée (Urée / TT / D2), suivi par la dose D2 fractionnée (1/2 LT) du sulfazot (SA / ½ LT / D2) qui représente le deuxième groupe avec respectivement des valeurs proches de 40,55 et 38,55grains/épi, soit 122,62% et 116,57% par rapport à la moyenne générale de l'essai. La plus faible moyenne est donnée par les valeurs du témoin (D0) qui composent le dernier groupe (Tableau 12 ; Figure 31).

Tableau 12. Groupes homogènes de variable N G/E pour l'interaction F1x F2 x F3.

F1 (Type)	F2 (fractionnement)	F3 (doses)		
		D0	D1	D2
Urée	TL	28,67 e	34,03 bcd	35,65 bcd
	TT	28,75 e	34,05 bcd	40,55 a
	½ LT	28,08 e	35,60 bcd	37,65 abc
Sulfazot	TL	28,70 e	34,40 bcd	32,42 cde
	TT	28,17 e	34,97 bcd	30,57 de
	½ LT	28,52 e	35,85 bcd	38,55 ab
Moyenne générale		33,07		

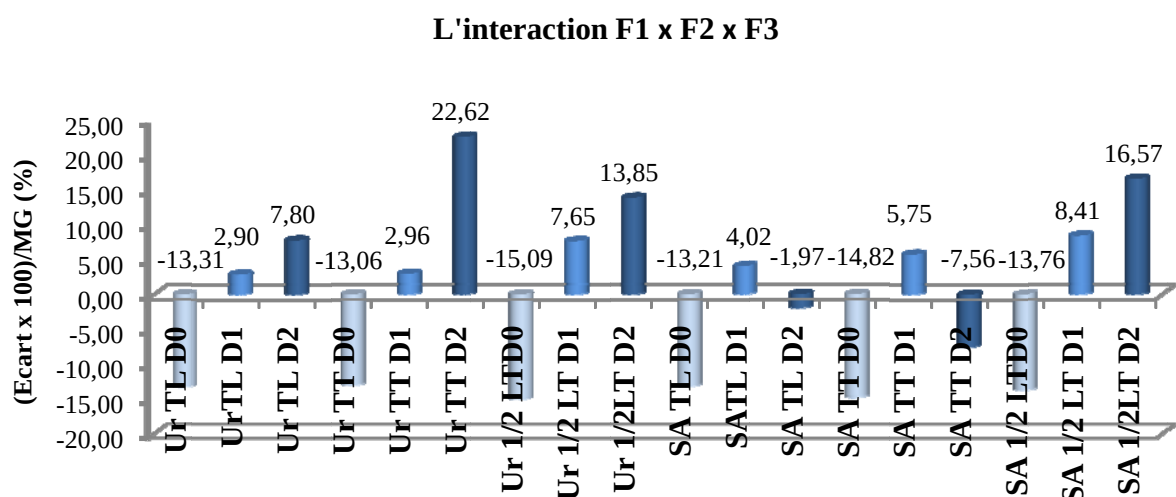


Figure 31. Effet de l'interaction Type x Fractionnement x Doses d'engrais sur la variable N G/E.

Pour la variable poids de 1000 grains, la comparaison des moyennes des valeurs de mode de fractionnement révèle deux groupes homogènes, où le premier groupe représente l'apport en totalité de la dose au tallage (TT) qui donne la valeur la plus élevée avec 62,36 g, suivi par l'apport en totalité de la dose à la levée (TL) et le fractionnement de la dose (1/2 LT) qui représentent le deuxième groupes avec des valeurs proches de 60,96 et 60,86 g respectivement. Cette meilleure valeur obtenue par le traitement (TT) représente 101,58 % par rapport la moyenne générale de l'essai, 102,27 et 102,46 % par rapport aux traitements TL et (1/2 LT) respectivement (Tableau 13 ; Figure 32).

En ce qui concerne l'effet des doses d'engrais appliquées sur le poids de 1000 grains, on observe que les valeurs moyennes sont de l'ordre décroissant : 63,08 ; 62,24 et 58,86g, respectivement pour la D2, D1 et D0. L'avantage est en faveur de la dose D2, qui devance les autres doses, soit de 101,35% et 107,17% respectivement, et de 102,75 % par rapport la moyenne générale de l'essai (Tableau 13 ; Figure 33). Ces résultats sont à l'inverse que ceux obtenus par KOUADRIA (1987), où il constate que lorsque les doses d'azote augmentent, de la dose 0 à la dose 120 unités par ha, une baisse de poids de 1000 grains est observée, il passe de 29,48 à 26,57. De plus, HAMADACHE et al (2002) soulignent que le passage de la dose 0 à la dose 67 unités par ha, se traduit par une baisse de poids de 1000 grains, qui passe de 35,06 à 30,29g. TAUREAU en 1989 note aussi que l'azote n'a pas d'influence sur la phase de remplissage du grain pendant laquelle la nutrition hydrique et la température jouent un rôle déterminant.

Tableau 13. Groupes homogènes de variable : PMG pour F2 et F3.

Fractionnement (F2)			Dose d'azote (F3)		
TL	TT	½ LT	D0 (U)	D1 (46U)	D2 (69U)
60,96 b	62,36 a	60,86 b	58,86 c	62,24 b	63,08 a
Moyenne générale			61,39		

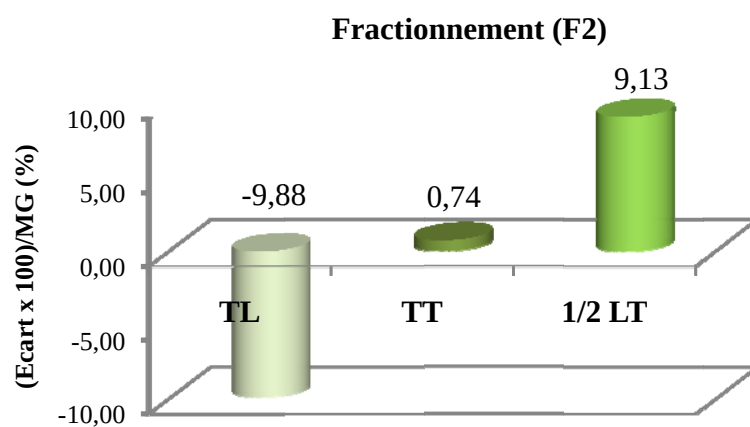


Figure 32. Effet du Fractionnement sur la variable PMG.

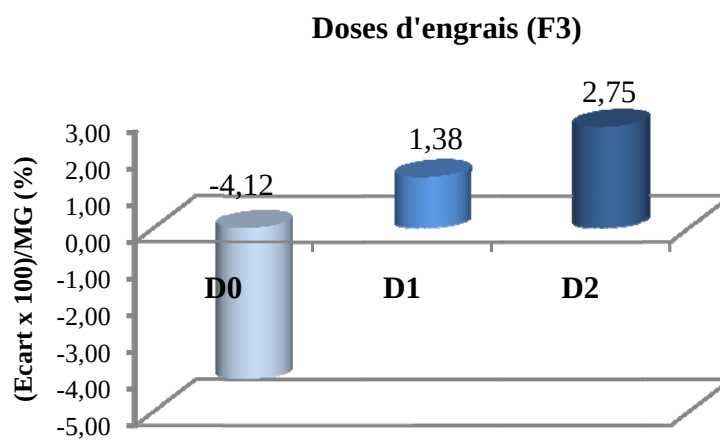


Figure 33. Effet de doses d'engrais sur la variable PMG.

1.4. La hauteur (HP) et l'indice de récolte (IR)

L'analyse de la variance des variables liées à la hauteur des plantes et l'indice de récolte montre d'une part un effet très hautement significatif de mode de fractionnement (F2) et des doses d'engrais (F3) sur la variable hauteur des plantes et d'autre part, un effet très hautement significatif des doses d'engrais (F3) sur la variable indice de récolte. Un effet non significatif pour le facteur type d'engrais (F1) pour la variable (HP). Ainsi, un effet non significatif pour les facteurs : type d'engrais (F1) et son mode de fractionnement (F2) pour la variable (IR). Notons en plus que les interactions entre les trois facteurs pour les deux variables (HP et IR) révèlent des différences non significatives sauf l'interaction : Type d'engrais x doses appliquées, où on a enregistré un effet significatif (Tableau 14).

La comparaison des moyennes pour la variable hauteur des plantes (HP) montre que l'effet de mode de fractionnement est en faveur de l'apport de toute la dose à la levée (TL) et au tallage (TT) avec 89,90 et 89,48 cm respectivement, contre 87,81 cm pour ½ dose apportée à la levée et ½ dose au tallage, ces valeurs représentent 100,94 et 100,47% respectivement par rapport à la moyenne générale de l'essai (Tableau 15 ; Figure 34).

En ce qui concerne les doses (F3), le gain en hauteur est enregistré chez la dose D2 (69 U/ha) où il égale à 14,44 cm par rapport au témoin sans azote (D0), 3,19 cm par rapport au D1 et de 5,88 cm de plus par rapport à la moyenne (Tableau 15 ; Figure 35). Ces résultats sont confirmés par DJENNADI-AIT ABDALLAH et RAFOUFI (2008), qui trouvent que le fait de doubler la dose d'azote (de 46 aux 92 unités par hectare), fait observer une augmentation de la hauteur de l'ordre de 4 cm. Le phénomène observé est d'une importance capitale, surtout lorsqu'il s'agit des variétés à paille haute qui présentent un haut risque de verse en condition de forte alimentation en azote.

Tableau 14. Carrés moyens de l'analyse de variance des variables mesurés.

SOURCE	ddl	HP	IR	Rdt _b	Rdt _g	Rdt _p
Effet principal						
Type (F1)	1	5 e ⁻⁵ ns	0,03 ns	136,73 ns	1,03 ns	51,46 ns
Mode (F2)	2	29,37***	36,17 ns	139,62 ns	40,180 ns	8,11 ns
Dose (F3)	2	1381,19***	1308,47***	12930,71***	182,01**	2148,16***
Interaction						
F1 x F2	2	1,34 ns	1,97 ns	163,48 ns	24,45 ns	74,10 ns
F1 x F3	2	0,10 ns	232,52*	369,89 ns	62,31 ns	120,33 ns
F2 x F3	4	0,27 ns	13,12 ns	88,34 ns	7,47 ns	21,88 ns
F1 x F2 x F3	4	0,43 ns	24,95 ns	386,38 ns	38,30 ns	461,28 ns
Erreur	51	3,51	68,08	248,96	32,65	94,93
CV		2,1 %	25,19 %	16,8 %	19,60 %	24,10 %

ddl : degré de liberté. ns= effet non significatif, *, **, *** = effet significatif, très significatif et très hautement significatif au seuil de 5% respectivement. CV : coefficient de variation. HP : Hauteur des plants. IR : Indice de récolte. Rdt_b : Rendement biologique. Rdt_g : Rendement en grain. Rdt_p : Rendement paille.

Tableau 15. Groupes homogènes de variable : HP pour F2 et F3.

Fractionnement (F2)			Dose d'azote (F3)		
TL	TT	½ LT	D0 (U)	D1 (46U)	D2 (69U)
89,90 a	89,48 a	87,81 b	80,50 c	91,75 b	94,94 a
Moyenne générale			89,06		

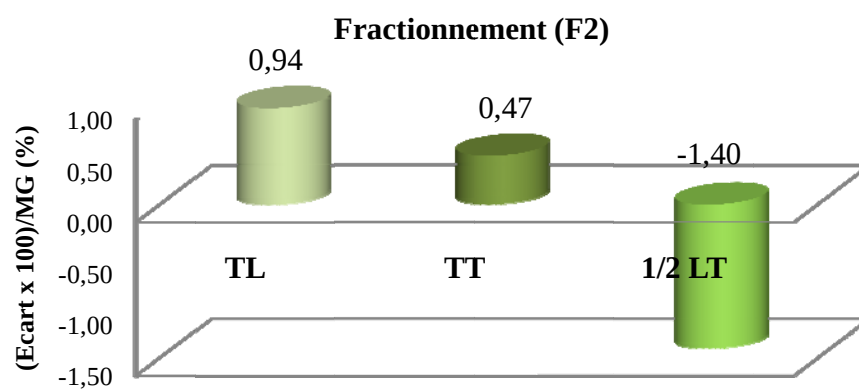


Figure 34. Effet de Fractionnement (F2) sur la variable hauteur des plantes (HP).

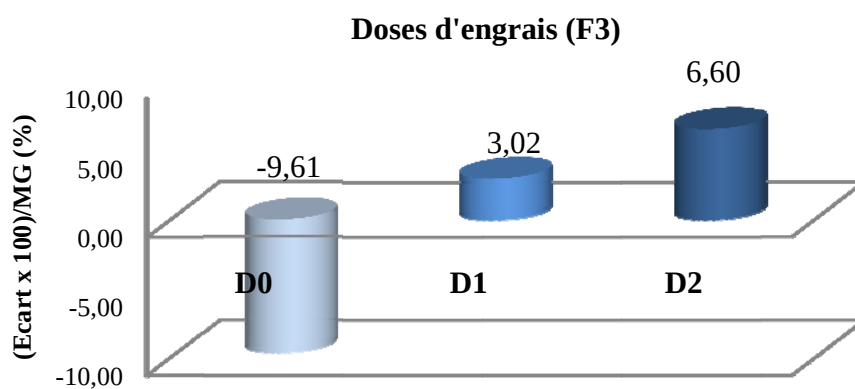


Figure 35. Effet des doses d'engrais sur la variable (HP).

La comparaison des moyennes pour l'interaction type d'engrais x doses (F1 x F3) montre que les deux derniers groupes homogènes ont une valeur d'indice de récolte la plus faible, dont les doses D1 et D2 du sulfazot qui donnent des valeurs de 25,48 et 28,67% soit 77,8 ; 87,54% respectivement par rapport à la moyenne générale de l'essai et une différence de 18,56 et 15,37% respectivement par rapport au témoin sans azote ; et les doses D1 et D2 de l'urée qui donnent des valeurs de 32,24 et 27,58% respectivement, soit 98,44 et 84,21% respectivement par rapport à la moyenne générale de l'essai et une différence de 6,25 et 10,91% respectivement par rapport au témoin sans azote . Notons que ce dernier a la valeur la plus élevée (Tableau 16 ; Figure 36).

Tableau 16. Groupes homogènes de variable IR pour l'interaction (F1x F3).

F1 (Type)	F3 (Doses)		
	D0	D1	D2
Urée	38,49 ab	32,24 bc	27,58 c
Sulfazot	44,04 a	25,48 c	28,67 c
Moyenne générale	32,75		

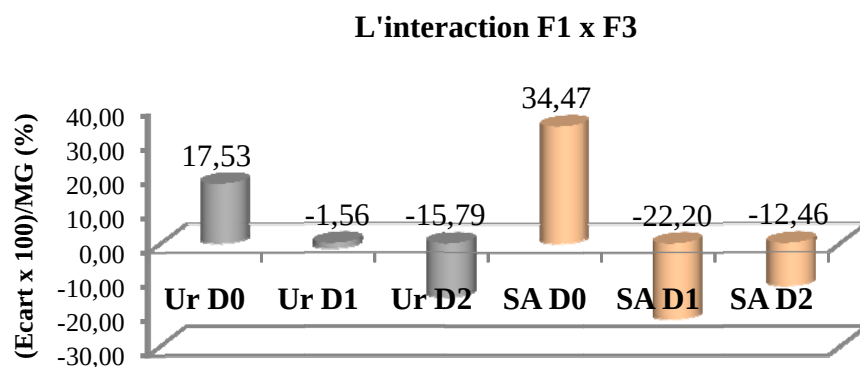


Figure 36. Effet de l'interaction Type d'engrais x doses sur la variable indice de récolte (IR).

1.5. Les variables de la productivité (Rdt_b ; Rdt_g et Rdt_p)

L'analyse de la variance liées aux variables de la productivité (Rdt_b ; Rdt_g et Rdt_p), montre un effet très hautement significatif des doses d'engrais (F3) sur les rendements biologique et paille et un effet très significatif des doses apportées (F3) sur le rendement en grains (Rdt_g). L'engrais à travers le facteur (F1) et son mode de fractionnement affiche un effet non significatif pour les trois variables exprimant la productivité (Rdt_b , Rdt_g , Rdt_p). Pour les mêmes variables, les valeurs des interactions entre facteurs étudiés ne révèlent aucun effet significatif (Tableau 14).

Pour la variable rendement biologique (Rdt_b). On remarque une évolution des valeurs qui est proportionnelle avec la croissance des doses d'azote appliquées. La comparaison des moyennes montre que la plus faible valeur est donnée par le témoin (D0 = 0U) avec 69,85 q/ha, par contre (D2 = 69 U) affiche 116,08 q/ha et représente 166,19% et 123,23% respectivement par rapport au témoin sans azote (D0) et la moyenne générale de l'essai (Tableau 17 ; Figure 37). Ces résultats sont observés par la FAO (2005) où il était établi dans les conditions expérimentales que la dose de 67 unités favorise la biomasse et donc la production de matière sèche.

Tableau 17. Groupes homogènes de variable : Rdt_b pour le facteur doses (F3).

Doses d'azote (F3)		
D0 (U)	D1 (46U)	D2 (69U)
69,85 c	96,67 b	116,08 a
Moyenne générale	94,20	

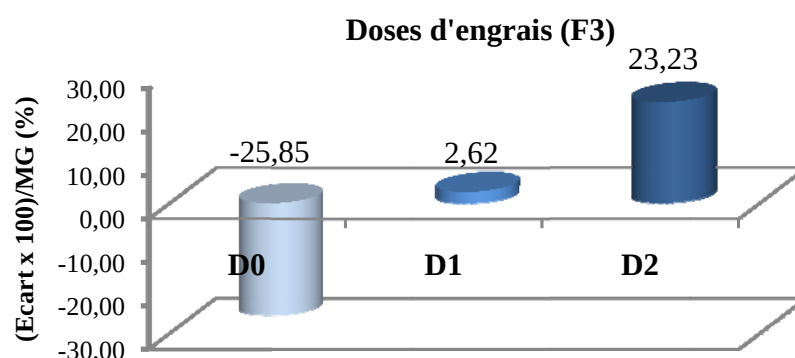


Figure 37. Effet des doses d'engrais sur la variable Rdt_b .

Pour la variable rendement en grains (Rdt_g), la comparaison des moyennes montre la formation de trois groupes homogènes, où le premier groupe représente la dose D2 (69 U) qui donne la meilleure valeur avec 32,31 q/ha soit 110,88% par rapport la moyenne générale de l'essai, suivi par les doses D0 (0 U) et D1 (46 U) qui constituent le dernier groupe avec des valeurs proches de 27,77 et 27,34 q/ha respectivement (Tableau 18 ; Figure 38).

BOUFNAR-ZAGHOUE et ZAGHOUE (2006) mentionnent qu'un apport compris entre 46 et 70 unités/ha donne un rendement optimal égal à 38 q/ha. De plus LAAKAB et OUARETH (2008) trouvent que l'application d'une dose de 46 unités permet d'obtenir un rendement égal à 42,9 q/ha. DJENNADI-AIT ADBALLAH et RAFOUFI (2008) indiquent que le rendement s'accroît avec l'augmentation de la dose d'azote. De la dose 46 à la dose 92 unités par ha, le rendement passe de 32,1 à 34 q/ha. Ainsi, ABAD et *al* (1996) trouvent que le rendement a augmenté de 27,28 à 34,76 q/ha, avec 200 unités par hectare. Par contre KOUADRIA (1987) constate que le passage de la dose de 60 unités à la dose de 120 unités par hectare se traduit par une baisse de rendement, qui passe respectivement de 20 à 17,6 q/ha. Ainsi, HAMADACHE et *al* (2002) montrent que le passage de la dose 0 à la dose 67 unités par ha, se traduit par une diminution de rendement, qui passe de 27,5 à 24,31 q/ha.

Concernant le rendement paille, on constate une évolution des valeurs qui est proportionnelle avec la croissance des doses d'azote appliquées. La comparaison des moyennes pour la variable rendement paille (Rdt_p) indique que la dose d'engrais « D2 » a la valeur la plus élevée et permet de produire 49,01 q/ha. Les taux sont de l'ordre de 161,80% et 121,16% respectivement par rapport au témoin ($D0=30,29$ q/ha) et à la moyenne générale de l'essai (Tableau 19 ; Figure 39). On a obtenu un excédent moyen en rendement paille par rapport au témoin sans azote égale 11,76 q/ha pour une dose (D1) de 46 unités et de 18,72 q/ha pour une dose (D2) de 69 unités par ha. BENCHEIKH et DERROUGH (2008) confirment ces résultats, ils constatent que le passage de la dose de 48 unités à la dose de 96 unités par hectare se traduit par une augmentation du rendement paille, qui passe respectivement de 39,58 q/ha à 44,16 q/ha. Alors que HAMADACHE et *al* (2002) mentionnent que la dose d'azote a une forte influence sur ce paramètre, de la dose 0 à la dose 67 U/ha, le rendement paille passe de 18,85 à 22,65 q/ha.

Tableau 18. Groupes homogènes de variable : Rdt_g pour le facteur doses (F3).

Doses d'azote (F3)		
D0 (U)	D1 (46U)	D2 (69U)
27,77 b	27,34 b	32,31 a
Moyenne générale	29,14	

Tableau 19. Groupes homogènes de variable : Rdt_p pour le facteur doses (F3).

Doses d'azote (F3)		
D0 (U)	D1 (46U)	D2 (69U)
30,29 c	42,05 b	49,01 a
Moyenne générale	40,45	

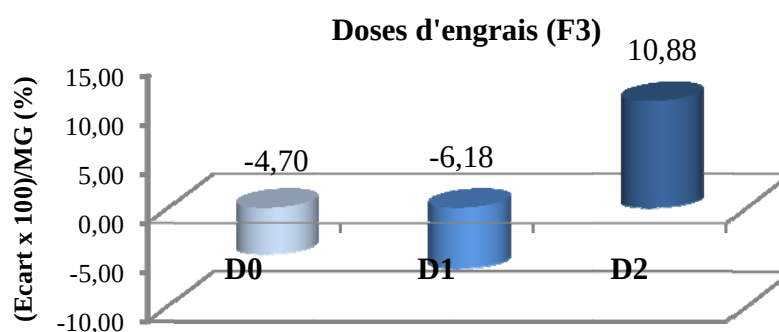


Figure 38. Effet des doses d'engrais sur la variable : Rdt_g .

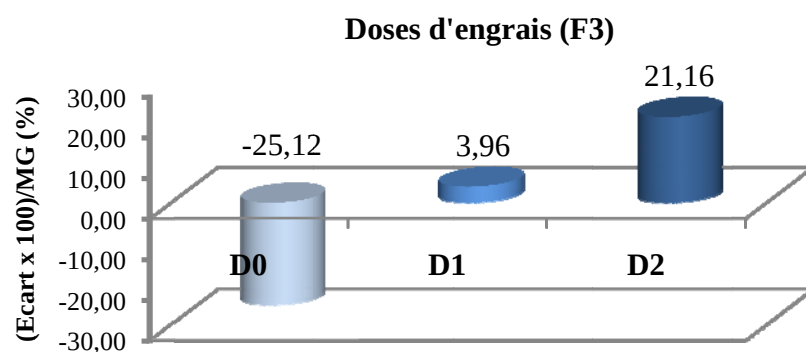


Figure 39. Effet des doses d'engrais (F3) sur la variable Rdt_p .

1.6. La variation de teneur en chlorophylle après la floraison (TCHL1; TCHL2 et TCHL3)

L'analyse de la variance concernant la variation de la teneur en chlorophylle, mesurée trois fois après la floraison (TCHL1; TCHL2 et TCHL3), montre un effet très hautement significatif des doses d'engrais (F3) sur la variable TCHL1 ; Un effet très significatif des doses d'engrais sur la variable TCHL2 et un très significatif du mode de fractionnement sur la variable TCHL3. Au contraire, le type d'engrais et son mode de fractionnement ne révèlent aucun effet significatif sur les variables TCHL1 et TCHL2. Notons en plus que l'analyse de variance pour la variable TCHL3 affiche des effets non significatifs pour le type d'engrais et ses doses apportées. Ainsi, les interactions entre les facteurs étudiés pour les trois variables (TCHL1, TCHL2 et TCHL3) ne révèlent aucun effet significatif sauf les interactions suivantes : Type d'engrais x doses appliquées pour la variable TCHL2, où on a enregistré un effet significatif ; les interactions : Type d'engrais x mode de fractionnement et Type d'engrais x mode de fractionnement x doses d'engrais pour la variable TCHL3 qui révèlent un effet significatif et un effet très significatif respectivement (Tableau 20).

Pour la variable teneur en chlorophylle (TCHL1), la comparaison des moyennes montre que la dose D2 (69 U) donne la meilleure valeur avec 43,95 unité spad soit 106,99% et 118,59% par rapport la moyenne générale de l'essai et le témoin sans azote respectivement, suivi par la dose D1 (46 U) qui donne de valeur proche de 42,22 unité spad. Notons que la plus faible valeur est enregistré par le témoin (D0) avec 37,06 unité spad (Tableau 21 ; Figure 40).

Concernant la variable teneur en chlorophylle (TCHL2), la comparaison des moyennes indique que les doses d'engrais « D2 » et « D1 » ont les valeurs les plus élevés avec 37,04 et 35,75 unité spad respectivement. Les taux sont de l'ordre de 114% et 110% respectivement par rapport à la moyenne générale de l'essai et de 150% et 145% respectivement par rapport au témoin. Notons que le témoin (D0) a la plus faible moyenne avec 24,68 (Tableau 22 ; Figure 41).

La comparaison des moyennes pour l'interaction type d'engrais x doses (F1 x F3) montre que la dose « D2 » du sulfazot donne la meilleure valeur avec 38,45 soit 118,34% par rapport à la moyenne générale de l'essai, suivi par les « D1 » et « D2 » de l'urée avec des valeurs proches de 37,20 et 35,62 respectivement, soit 114,50% et 109,63% respectivement. La plus faible moyenne est donnée par les témoins avec 24,99 et 24,37 unité spad (Tableau 23; Figure 42).

Tableau 20. Carrés moyens de l'analyse de variance des variables mesurés.

SOURCE	ddl	TCHL1	TCHL2	TCHL3	Mtd%
Effet principal					
Type (F1)	1	0,59 ns	1,01 ns	0,62 ns	474,68 *
Mode (F2)	2	1,69 ns	12,75 ns	7,65 **	251,09 ns
Dose (F3)	2	308,16 ***	1107,39 **	1,16 ns	2316,74 ***
Interaction					
Type x Mode	2	0,89 ns	23,26 ns	5,37 *	22,01 ns
Type x Dose	2	13,86 ns	49,96 *	0,86 ns	171,69 ns
Mode x Dose	4	5,72 ns	18,62 ns	1,77 ns	64,76 ns
Type x Mode x Dose	4	7,84 ns	33,18 ns	5,86 **	116,42 ns
Erreur	51	7,69	13,43	1,37	113,53
CV		6,75 %	11,28 %	12,23 %	32,73 %

ddl : degré de liberté. ns= effet non significatif, *, **, *** = effet significatif, très significatif et très hautement significatif au seuil de 5% respectivement. CV : coefficient de variation. TCHL1 : Teneur en chlorophylle le 15/05/2011. TCHL2 : Teneur en chlorophylle le 26/05/2011. TCHL3 : Teneur en chlorophylle le 08/06/2011. Mtd% : Taux de mitadinage.

Tableau 21. Groupes homogènes de variable : TCHL1 pour le facteur doses (F3).

Doses d'azote (F3)		
D0 (U)	D1 (46U)	D2 (69U)
37,06 c	42,22 b	43,95 a
Moyenne générale	41,08	

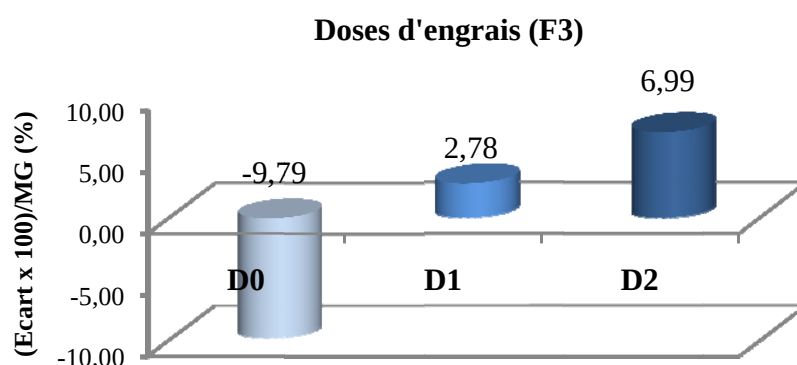


Figure 40. Effet des doses d'engrais sur la variable TCHL1.

Tableau 22. Groupes homogènes de variable : TCHL2 pour le facteur doses (F3).

Doses d'azote (F3)		
D0 (U)	D1 (46U)	D2 (69U)
24,68 b	35,75 a	37,04 a
Moyenne générale	32,49	

Tableau 23. Groupes homogènes de variable : TCHL2 pour l'interaction (F1x F3).

F1 (Type)	F3 (Doses)		
	D0	D1	D2
Urée	24,99 c	37,2 ab	35,62 ab
Sulfazot	24,37 c	34,29 b	38,45 a
Moyenne générale	32,49		

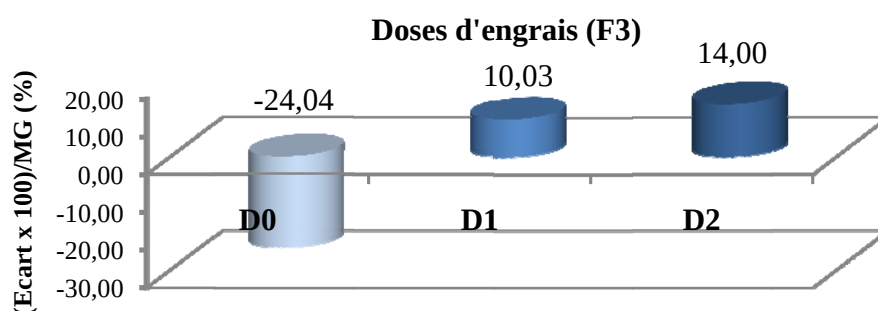


Figure 41. Effet des doses d'engrais sur la variable TCHL2.

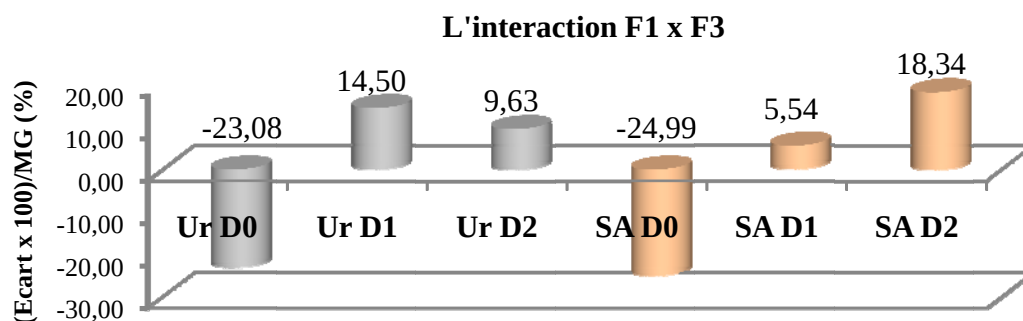


Figure 42. Effet de l'interaction type x doses d'engrais sur le variable TCHL2.

Pour la variable teneur en chlorophylle (TCHL3), la comparaison des moyennes montre que le mode de fractionnement : $\frac{1}{2}$ dose apportée à la levée et $\frac{1}{2}$ dose au tallage ($\frac{1}{2}$ LT) donne la valeur la plus élevée avec 10,2 unité spad, soit 106,70% par rapport à la moyenne générale de l'essai, contre 9,32 et 9,15 respectivement pour l'apport de toute la dose à la levée (TL) et au tallage (TT), ces valeurs représentent 97,50% et 95,71% respectivement par rapport à la moyenne générale de l'essai (Tableau 24 ; Figure 43).

D'après le tableau 25, on observe que les données révèlent la formation de trois groupes homogènes. La comparaison des moyennes pour l'interaction type d'engrais x fractionnement (F1 x F2) montre que l'effet en faveur est de : l'urée apporté en totalité au tallage (TT) et le sulfazot fractionné ($\frac{1}{2}$ LT), qui constituent le premier groupe homogène avec respectivement des valeurs proches de 34,45 et 34,31 soit 104,17% et 103,75% par rapport à la moyenne générale de l'essai. Notons que la plus faible moyenne est donnée par le sulfazot apporté en totalité au tallage (TT) avec 31,24 q/ha, qui représente 94,47% de la moyenne de l'essai (Figure 44).

Les valeurs moyennes de l'interaction des trois facteurs (F1 x F2 x F3) révèlent la composition de trois (03) groupes homogènes. La plus forte valeur qui représente le premier groupe est donnée par la dose D2 apportée en deux fractions dont $\frac{1}{2}$ dose à la levée et dose $\frac{1}{2}$ au tallage du sulfazot (SA / $\frac{1}{2}$ LT / D2) avec 11,38 soit 119,04% par rapport à la moyenne générale de l'essai. Par contre, les plus faibles moyennes sont données par les doses D2 du sulfazot apportées en totalité soit à la levée, soit au tallage, et la dose D1 de l'urée apportée en totalité au tallage (SA/TL/D2 ; SA/TT/D2 et Ur/TT/D1) avec des valeurs proches de 8,72 ; 7,84 et 7,88 unité spad respectivement, ces derniers composent le dernier groupe (Tableau 26 ; Figure 45).

Ces résultats sont confirmés par MENAD et OULD-SAID (2003) qui constatent qu'une plante bien alimentée en azote produit une grande masse végétative de couleur vert foncé due à l'abondance de la chlorophylle.

Tableau 24. Groupes homogènes de variable : TCHL3 pour le facteur doses (F3).

Mode de fractionnement (F2)		
TL	TT	½ LT
9,32 b	9,15 b	10,20 a
Moyenne générale	9,56	

Tableau 25. Groupes homogènes de variable TCHL3 pour l'interaction (F1x F2).

F1 (Type)	F2 (Fractionnement)		
	TL	TT	½ LT
Urée	9,49 b	9,34 b	9,56 b
Sulfazot	9,16 b	8,95 b	10,84 a
Moyenne générale	9,56		

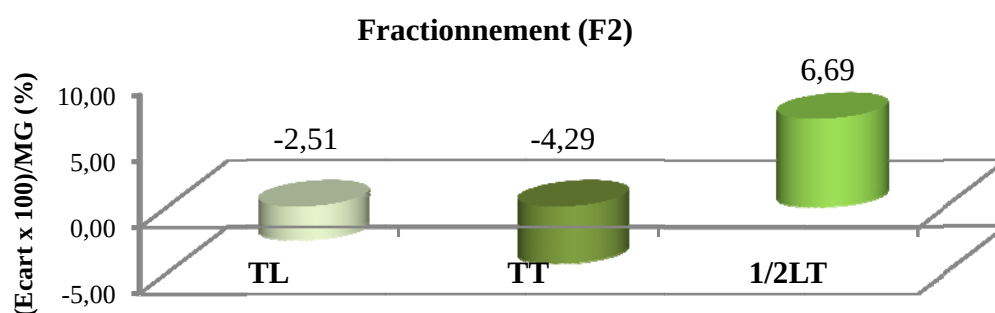


Figure 43. Effet de mode fractionnement sur la variable TCHL3.

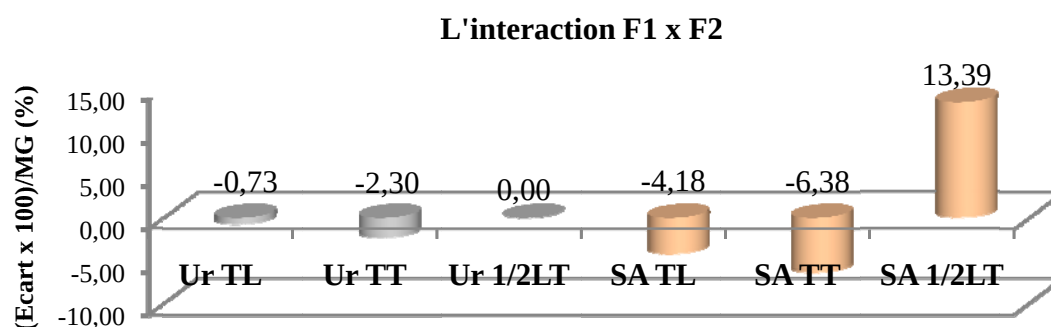


Figure 44. Effet de l'interaction type d'engrais x mode de fractionnement sur la variable TCHL3.

Tableau 26. Groupes homogènes de variable TCHL3 pour l'interaction F1x F2 x F3.

F1 (Type)	F2 (fractionnement)	F3 (doses)		
		D0	D1	D2
Urée	TL	9,75 ab	9,67 ab	9,06 ab
	TT	9,75 ab	7,88 b	10,39 ab
	½ LT	9,97 ab	9,64 ab	9,08 ab
Sulfazot	TL	9,78 ab	8,99 ab	8,72 b
	TT	9,70 ab	9,31 ab	7,84 b
	½ LT	9,88 ab	10,77 ab	11,38 a
Moyenne générale		9,56		

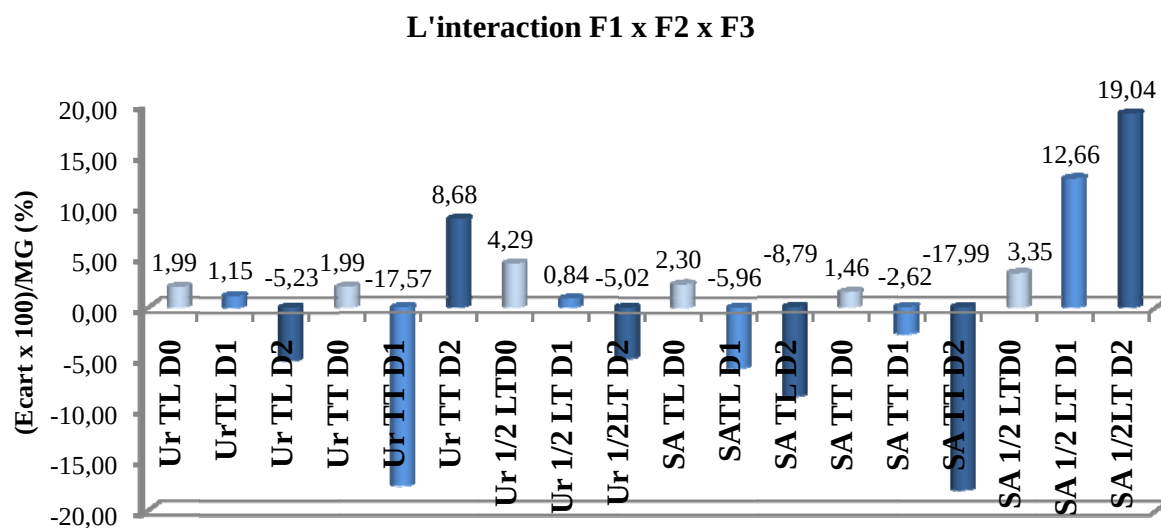


Figure 45. Effet de l'interaction type x mode de fractionnement x doses sur la variable TCHL3.

1.7. Le taux de mitadinage (Mtd%)

L'analyse de variance de taux de grains mitadinés (Mtd%) montre un effet très hautement significatif des doses d'engrais (F3) sur le taux des grains mitadinés et un effet significatif de type d'engrais (F1) sur ce variable. Au contraire, le mode de fractionnement (F2) et les valeurs des interactions entre les trois facteurs étudiés ne révèlent aucun effet significatif (Tableau 20).

La comparaison des moyennes pour la variable taux de mitadinage indique que le type d'engrais « sulfazot » a permis d'obtenir un taux des grains mitadinés moins que l'on enregistré chez l'urée. Les taux sont de l'ordre de 85,37% et 92,11% respectivement par rapport à l'urée et au moyenne générale de l'essai (Tableau 27 ; Figure 46).

Concernant la variable doses d'engrais, on constate une diminution de taux de mitadinage qui est proportionnelle avec la croissance des doses d'azote apportées. La plus faible valeur est donnée par la dose D2 avec 23,74% qui représente 55,02% et 72,91% respectivement par rapport au témoin sans azote (D0) et au moyenne générale de l'essai. Par contre le témoin (D0), affiche 43,15% (Tableau 28 ; Figure 47). Ces résultats sont confirmés par ACHOURI (1984) qui indique que la fréquence de mitadinage décroît rapidement avec l'augmentation de l'apport totale d'azote. De plus MENTASSEUR et NEKKAA (2007) trouvent qu'une dose doublée de 46 à 92 unités par hectare réduit le taux de mitadinage de 9,51 à 8,71%. Ainsi, ABDELLAOUI (2007) montre que le taux de mitadinage passe de 35,02% chez le témoin sans azote (N0) à 14,21% pour la dose 120U/ha.

Tableau 27. Groupes homogènes de variable : Mtd% pour F1 et F3.

Type d'azote (F1)		Dose d'azote (F3)		
Urée	sulfazot	D0 (0U)	D1 (46U)	D2 (69U)
35,13 a	29,99 b	43,15 a	30,79 b	23,74 c
Moyenne générale		32,56		

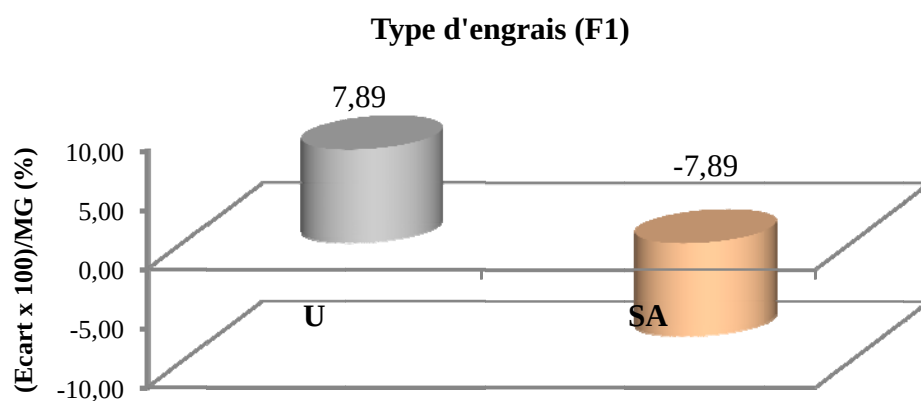


Figure 46. Effet de type d'engrais le taux de mitadinage (Mtd).

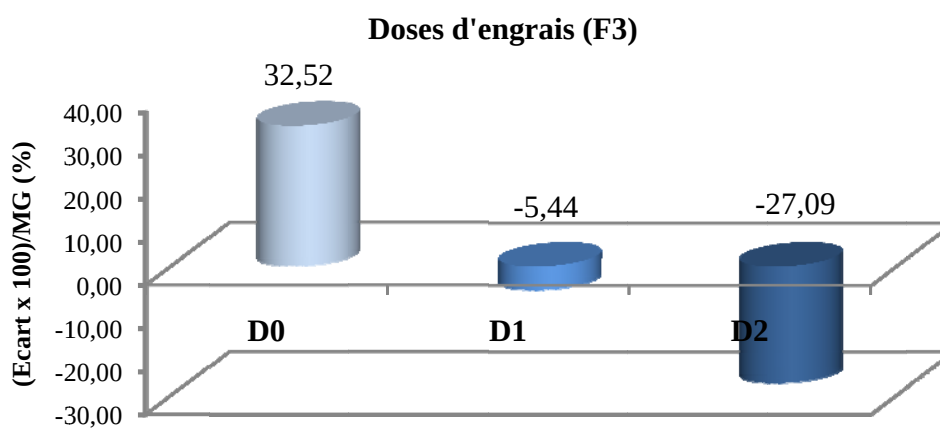


Figure 47. Effet des doses d'engrais sur le taux de mitadinage (Mtd).

2. Etude des relations entre les moyennes des variables mesurées

D'après le tableau 28, l'étude des liaisons entre paires caractères des variables mesurés montre que :

- Le rendement en grains est positivement lié avec le nombre de talles par plante ($r = 0,539$), le nombre de talles herbacées par m^2 ($r = 0,537$), le nombre d'épis par m^2 ($r = 0,693$), le rendement biologique ($r = 0,549$) et le rendement paille ($r = 0,527$). Ceci indique que le traitement qui donne un bon coefficient de tallage avec un nombre d'épi élevé, associé à une biomasse aérienne importante aboutit à un rendement élevé. De plus, on observe aussi que le rendement en grains est corrélé positivement avec le PMG ($r = 0,446$) mais cette liaison non significative. Ce résultat est correspondant à celui enregistrée par les auteurs HOUSLEY et *al* (1982); BRUCKNER et FORHBERG (1987) in GUENDOOUZ (2010). A l'inversement, il est lié négativement et non significativement avec l'indice de récolte ($r = -0,028$).
- Le rendement biologique est cependant fortement dépendant de nombre de talles herbacées par m^2 ($r = 0,913$), de nombre d'épi par m^2 ($r = 0,940$), de la hauteur des plants ($r = 0,926$) et de poids de mille grains ($r = 0,818$). Cela indique que le rendement biologique augmente avec l'augmentation des valeurs de ces quatre variables. Ces derniers sont les constituants principaux de ce caractère. Ces résultats confirment ceux obtenus par ABASSENE (1997) et MEKHOLOUF (1998). Ainsi, ce caractère est lié significativement, avec un score positif avec le rendement paille ($r = 0,980$), la quantité de la matière sèche accumulée au stade épiaison ($r = 0,763$) et la teneur en chlorophylle après le stade floraison (TC1 : $r = 0,861$; TC2 : $r = 0,809$). Ceci montre que le traitement qui produit une quantité importante de la matière sèche au stade épiaison suivi par une teneur suffisante en chlorophylle (azote) après le stade floraison et un rendement paille élevé conduit à un rendement biologique élevé.
- Le rendement paille est fortement corrélé significativement et positivement avec le nombre de talles herbacées par m^2 ($r = 0,864$), le nombre d'épi par m^2 ($r = 0,928$), la hauteur des plants ($r = 0,911$) et le rendement biologique ($r = 0,980$), cela montre que l'accroissement de ces variables se traduit par l'augmentation de rendement paille.

Tableau 28. Corrélations entre les différentes variables mesurées.

	T/P	T/m ²	E/m ²	HP	NGE	PMG	Rdtb	Rdtp	Rdtg	IR	MS	TC1	TC2	TC3	Mtd
T/P	1,000														
T/m ²	0,984	1,000													
E/m ²	0,854	0,899	1,000												
HP	0,866	0,906	0,889	1,000											
NGE	0,696	0,732	0,652	0,806	1,000										
PMG	0,697	0,755	0,802	0,858	0,635	1,000									
Rdtb	0,868	0,913	0,940	0,926	0,726	0,818	1,000								
Rdtp	0,818	0,864	0,928	0,911	0,735	0,809	0,980	1,000							
Rdtg	0,539	0,537	0,693	0,455	0,217	0,446	0,549	0,527	1,000						
IR	-0,725	-0,771	-0,696	-0,857	-0,756	-0,723	-0,836	-0,840	-0,028	1,000					
MS	0,799	0,819	0,717	0,780	0,695	0,670	0,763	0,745	0,391	-0,695	1,000				
TC1	0,810	0,848	0,864	0,921	0,702	0,916	0,861	0,830	0,450	-0,782	0,779	1,000			
TC2	0,751	0,783	0,786	0,909	0,710	0,878	0,809	0,785	0,338	-0,788	0,738	0,952	1,000		
TC3	-0,294	-0,267	-0,262	-0,256	0,224	-0,366	-0,263	-0,232	-0,410	0,074	-0,189	-0,296	-0,284	1,000	
Mtd	-0,568	-0,655	-0,761	-0,785	-0,727	-0,715	-0,773	-0,823	-0,364	0,728	-0,711	-0,735	-0,691	-0,118	1,000

T/p : Talle par plante. T/m² : nombre talles herbacées par m². E/m² : nombre d'épis par m². HP : Hauteur des plants. N G/E : nombre de grains par épi. PMG : poids de mille grains. Rdt_b : Rendement biologique. Rdt_p : Rendement paille. Rdt_g : Rendement en grain. IR : Indice de récolte. MS : matière sèche à l'épiaison. TC1 : Teneur en chlorophylle le 15/05/2011. TC2 : Teneur en chlorophylle le 26/05/2011. TC3 : Teneur en chlorophylle le 08/06/2011. Mtd : Taux de mitadinage.

- L'indice de récolte lié significativement et négativement avec tous les variables qui contribuent à l'élaboration de la biomasse aérienne (nombre de talles par m² ; nombre d'épis par m² ; la hauteur des plants ; la fertilité d'épi ; la matière sèche accumulée au stade épiaison ; le rendement paille et le rendement biologique) avec des coefficients de corrélation suivants: $r = -0,771$; $r = -0,696$; $r = -0,857$; $r = -0,756$; $r = -0,695$; $r = -0,836$; $r = -0,840$ respectivement. Cela indique que l'augmentation des valeurs de ces variables qui entrent dans l'élaboration de la biomasse aérienne se fait au détriment de l'indice de récolte qui a tendance à diminuer.
- La quantité de la matière sèche accumulée au stade épiaison est positivement corrélée avec le nombre de talles par m² ; nombre d'épis par m² et la hauteur des plants avec $r = 0,819$; $r = 0,717$ et $r = 0,780$ respectivement. Cela montre que lorsque ces paramètres s'accroissent, la quantité de la matière sèche s'augmente.
- La hauteur des plants est lié conjointement avec la teneur en chlorophylle après la floraison (TC1 : $r = 0,921$; TC2 : $r = 0,909$). Cela nous amène à dire que, plus les plantes contiennent des quantités importantes de chlorophylle (bien alimentées en azote) plus la hauteur des plants est élevée.
- L'indice de tallage est positivement lié avec le nombre de talles au m² ($r = 0,984$) ; le nombre d'épis par m² ($r = 0,854$) ; la hauteur des plantes ($r = 0,866$) ; le nombre de grains par épi ($r = 0,696$) ; le PMG ($r = 0,697$) ; le rendement biologique ($r = 0,868$) et le rendement en grains ($r = 0,539$). Ceci suggère que le traitement qui produit plus de talles, plus de grains par épis et un PMG élevé, produit aussi plus de rendement.
- Le taux de mitadinage est corrélé significativement avec un score négatif, avec la teneur en chlorophylle après la floraison (TC1 : $r = -0,735$; TC2 : $r = -0,691$). Cela signifie que l'abondance de la chlorophylle dans les plants réduit le taux de grains mitadinés. Ces résultats sont confirmés par ACHOURI (1984) qui souligne que la fréquence de mitadinage décroît rapidement avec l'augmentation de l'apport totale d'azote. Ce taux aussi est négativement lié avec le nombre de talles par m² ; nombre d'épis par m² ; la hauteur des plants ; la matière sèche accumulée au stade épiaison ; le rendement biologique et le rendement paille avec $r = -0,655$; $r = -0,761$; $r = -0,785$; $r = -0,711$; $r = -0,773$ et $r = -0,823$ respectivement.

3. Effet de la fertilisation azotée sur la décomposition de la matière organique

3.1. Effet de type d'engrais

Le rapport C/N indique l'évolution de la matière organique, il intervient dans la mesure où il oriente la décomposition de la matière organique, soit vers la minéralisation (C/N) bas ou faible, soit vers l'humification (C/N) élevé ou fort (DUCHAUFOR, 1988 in MADANI, 2008). Selon les normes d'interprétation du rapport (C/N), proposés par GAGNARD et al (1988) in MADANI (2008), on observe que l'urée contribue à l'accélération de la vitesse de décomposition de la matière organique (minéralisation) où elle affiche une valeur faible de rapport C/N (7,34), ce qui signifie que la minéralisation est rapide en comparaison avec le sulfazot qui affiche une valeur normale de 8,39 (Figure 48).

VILAIN (1997) confirment ces résultats, où ils trouvent que dans certaines études, l'azote minéral provenant d'apport ou de minéralisation antérieures assurant probablement les besoins azotés des micro-organismes. La forme ammoniacale est utilisée préférentiellement par ces derniers. Elle est donc plus fortement réorganisée que la forme nitrique. Notons que l'urée se décompose en ammoniac et en dioxyde de carbone. Cela, justifie l'effet en faveur de l'engrais « urée » par rapport à l'engrais « sulfazot ».

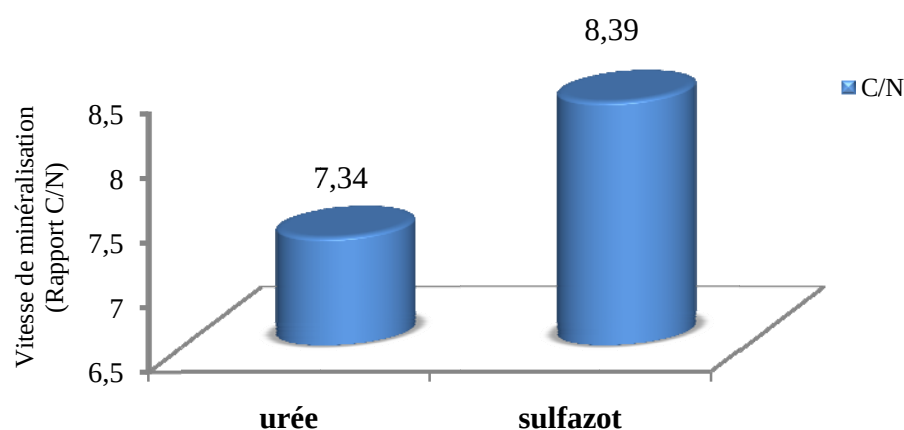


Figure 48. Effet du type d'engrais sur la vitesse de la minéralisation de la matière organique.

3.1.1. Effet de l'urée

La figure 49 montre que l'effet d'apport unique des doses D1 et D2 à la levée (Toute la dose appliquée à la levée TL) sur la vitesse de la minéralisation de la matière organique est moins élevé que celui enregistré dans le cas du témoin sans apport (D0) surtout dans les périodes : 03/2011 (après 2 mois de l'épandage des engrais azotés) et 05/2011 (après 04 mois de l'épandage des engrais azotés).

Pour l'effet d'apport fractionné des doses D1 et D2 (1/2 dose appliquée à la levée TL et 1/2 dose appliquée au tallage TT) sur la vitesse de la minéralisation de la matière organique (Figure 50), nous observons que cet effet est identique pour les trois doses (D0, D1 et D2).

Concernant l'effet de l'apport unique des doses D1 et D2 (Toute la dose appliquée au tallage TT) sur la vitesse de la minéralisation de la matière organique (Figure 51), on remarque que cet effet est presque semblable pour les trois doses (D0, D1 et D2) sauf celui enregistré par la dose D2 dans la période : 05/2011 (après 02 mois de l'épandage des engrais azotés), où elle affiche une valeur normale de 9,69, selon les normes d'interprétation du rapport (C/N), proposés par GAGNARD et al (1988) in MADANI (2008).

D'après les 03 figures précédentes, nous remarquons que le rapport (C/N) a une tendance à diminuer au cours du temps (mois) pour les trois périodes d'apport (Toute la dose appliquée à la levée TL, 1/2 dose appliquée à la levée TL et 1/2 dose apportée au tallage TT et toute la dose appliquée au tallage TT) et les trois doses (sans apport D0, D1 et D2). Il intervient dans la mesure où il oriente la décomposition de la matière organique vers la minéralisation. Ces résultats sont confirmés par BRYE (2002) in THOMAS (2007) et VILAIN (1997), où ils mentionnent que la fertilisation azotée favoriserait également l'activité microbienne minéralisante où l'azote minéral assurant probablement les besoins azotés des micro-organismes qui serait plus active sur la matière organique. De plus, ADRIEN N'DAYEGAMIYE (2007) souligne que la minéralisation de l'azote de la matière organique du sol se déroule principalement en deux phases, soit une première phase de minéralisation intense de la fraction labile, suivie d'une phase plus lente de minéralisation portant sur la fraction lentement minéralisable. Rappelons que le terrain de l'essai est en sa 03 troisième année d'application de semis direct. Alors que la couche de couvert végétal est en cours de construction.

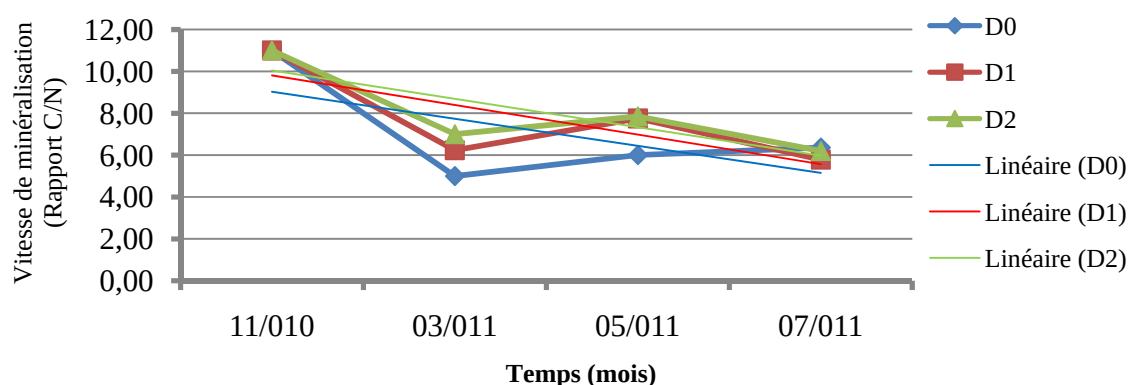


Figure 49. Effet de l'apport unique (TL) sur la vitesse de la minéralisation de la matière organique au cours de temps.

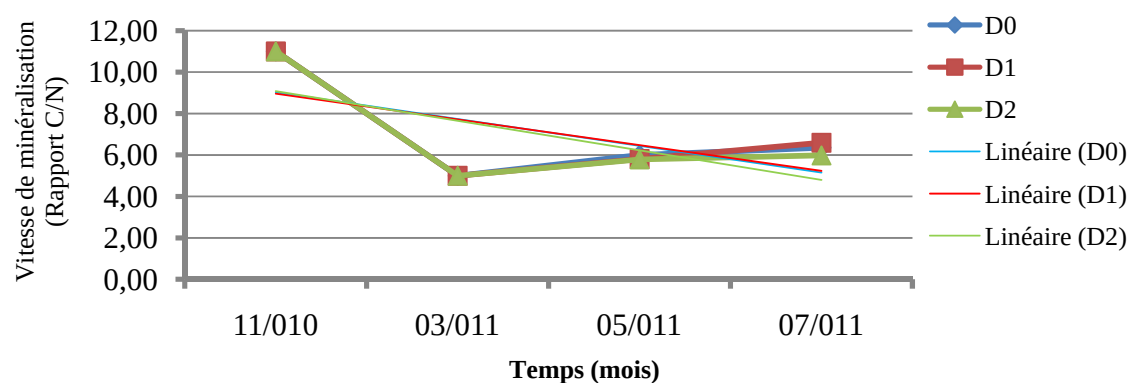


Figure 50. Effet de l'apport fractionné (1/2LT) sur la vitesse de la minéralisation de la matière organique au cours de temps.

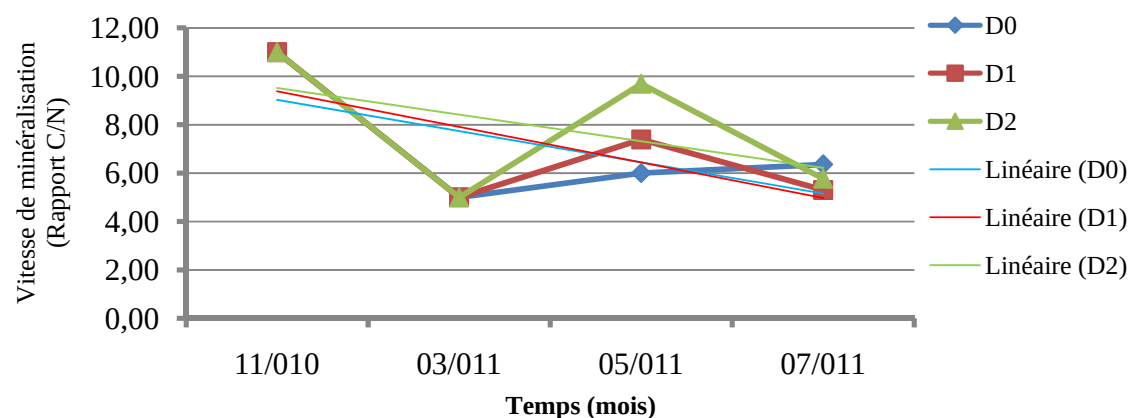


Figure 51. Effet de l'apport unique (TT) sur la vitesse de la minéralisation de la matière organique au cours de temps.

3.1.2. Effet du sulfazot

Selon les figures 52 et 53, le rapport (C/N) a une tendance à diminuer au cours du temps (mois) pour les témoins sans apport (D0) et la dose D2 apportée en totalité à la levée (TL) et en totalité au tallage (TT). Il contribue à orienter la décomposition de la matière organique vers la minéralisation. A l'inversement, ce rapport (C/N) a une tendance à augmenter au cours du temps (mois) pour la dose D1 apportée en totalité à la levée (TL) et en totalité au tallage (TT). Ceci signifie que la minéralisation est ralentit au cours de temps.

En ce qui concerne l'effet d'apport fractionné des doses D1 et D2 (1/2 dose appliquée à la levée TL et 1/2 dose appliquée au tallage TT) sur la vitesse de la minéralisation de la matière organique (Figure 54), nous observons que le rapport C/N enregistré par le témoin (D0) et la dose D1 a une tendance à diminuer. Il intervient dans la mesure où il oriente la décomposition de la matière organique vers la minéralisation. Notons que le rapport enregistré par la dose D2 a une tendance nulle.

VILAIN (1997) confirme ces résultats, où il indique que dans certains études, l'azote minéral présent (apport sous forme d'engrais) assurant probablement les besoins azotés des micro-organismes, qui seraient plus active sur la matière organique (Ça désigne la dose D2 apportée en totalité à la levée (TL) et en totalité au tallage (TT) et la dose D1 fractionnée (1/2LT) de notre cas). Par contre, le même auteur note que dans d'autres études, l'engrais a diminué la minéralisation (Ça correspond à la dose D1 apportée en totalité à la levée (TL) et en totalité au tallage (TT) de notre cas). Il mentionne aussi que la minéralisation d'un sol fertilisé n'est pas forcément égale à celle d'un sol non fertilisé. De plus, ADRIEN N'DAYEGAMIYE (2007) indique que la minéralisation de l'azote de la matière organique du sol se déroule principalement en deux phases, soit une première phase de minéralisation intense de la fraction labile, suivie d'une phase plus lente de minéralisation portant sur la fraction lentement minéralisable.

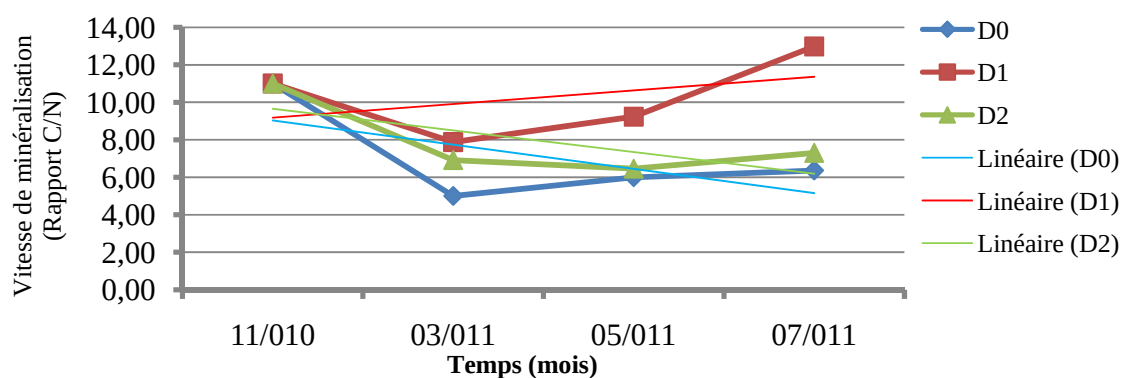


Figure 52. Effet de l'apport unique (TL) sur la vitesse de la minéralisation de la matière organique au cours de temps.

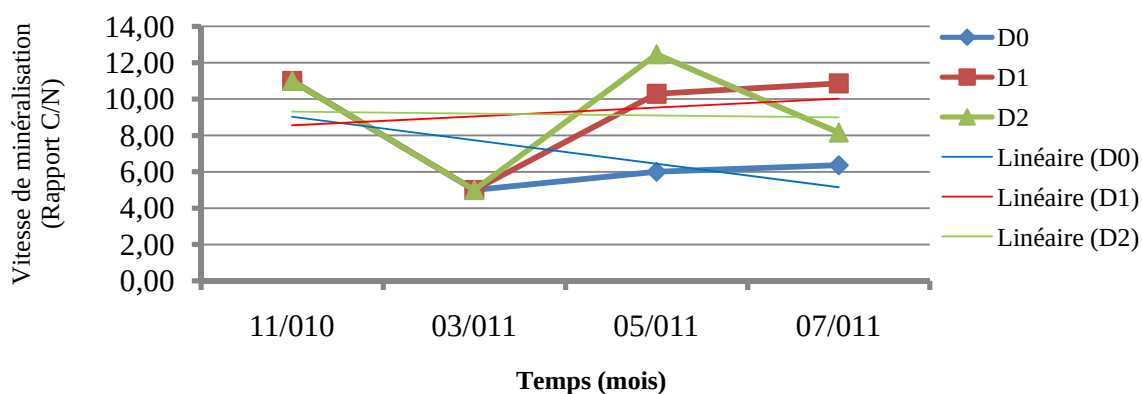


Figure 53. Effet de l'apport unique (TT) sur la vitesse de la minéralisation de la matière organique au cours de temps.

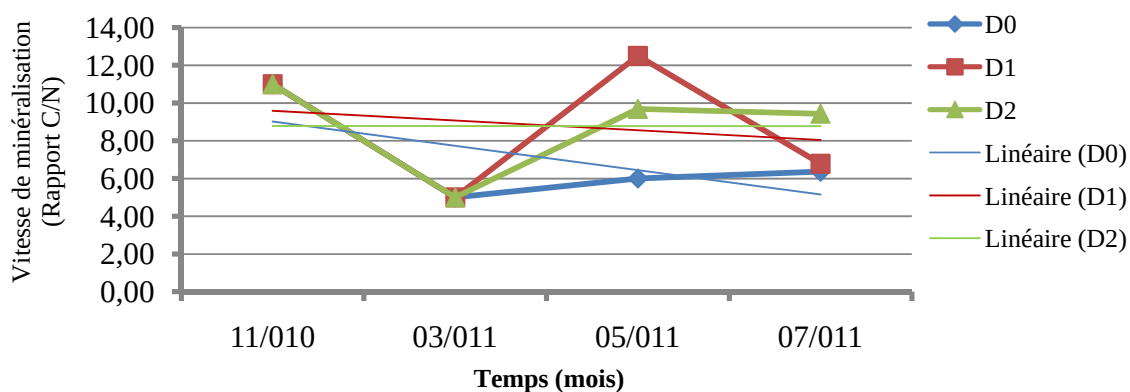


Figure 54. Effet de l'apport fractionné (1/2LT) sur la vitesse de la minéralisation de la matière organique au cours de temps.

Conclusion générale

La fertilisation azotée demeure une source d'amélioration de la culture des céréales non négligeable. Sachant que, le perfectionnement de la productivité et l'amélioration des rendements en céréales ne peuvent être obtenus que par une fertilisation raisonnée prenant en considération la fertilité des sols et le potentiel de la culture. De plus avec la simplification du travail du sol et les couverts végétaux, la problématique se complexifie pouvant entraîner des modifications plus ou moins profondes de stratégies de la fertilisation. Les résultats obtenus au terme d'une année d'expérimentation révèlent que la fertilisation azotée agit différemment, mais toujours favorablement sur l'ensemble des paramètres analysés. Les coefficients de variations vont de 2,10 à 32,72%, selon le paramètre pris en compte.

L'efficacité des deux types d'engrais utilisés (F1) reste identique et n'a pas de différence significative sur la plus part des variables étudiées sauf les paramètres suivants : le peuplement talles par mètre carré ; la fertilité d'épis et le taux de mitadinage, où on observe que l'efficacité de l'urée est en faveur ; nous avons enregistré pour le variable (TH/m²) un gain de +4% (+24,47 talles/m²) par rapport la moyenne générale et +8,34% (+ 49,4 talles/m²) par rapport au sulfazot. Pour la fertilité d'épis, on a marqué une augmentation égale à +1,84% (+0,6 de grain/épis) par rapport la moyenne générale et de +3,12% (+1,21 grain/épis) par rapport au sulfazot. Concernant le taux de mitadinage, le « sulfazot » a permis d'obtenir un taux des grains mitadinés moins que l'on enregistré chez l'urée (-7,89% par rapport la moyenne générale et de -14,63% par rapport au sulfazot).

L'effet de mode de fractionnement (F2) est significatif et positive pour tous les paramètres étudiés à l'exception de nombre d'épis/m², les rendements (Rdt_b, Rdt_g et Rdt_p), l'indice de récolte et la teneur en chlorophylle (TC1 ; TC2) qui ne sont pas influencés par le mode d'apport d'engrais azoté.

Pour le facteur doses (F3), on a enregistré des différences très hautement significatives pour l'ensemble des paramètres étudiés sauf la teneur en chlorophylle (TC3). Le rendement en grains qui est l'un des buts de notre recherche a été influencé de façon significative par les doses d'engrais appliquées. Le rendement atteint un maximum de 32,31 q/ha obtenue par la dose « D2 » soit une augmentation relative de +16,34% (+4,54 q/ha) par rapport au témoin sans apport « D0 » et de +10,88% (+3,17 q/ha) par rapport la moyenne générale de l'essai.

Les relations entre les variables affichent des corrélations significatives entre l'ensemble d'eux. Le taux de mitadinage est corrélé significativement et négativement avec la teneur en chlorophylle après la floraison. Ça indique que le taux de grains mitadinés diminue parallèlement avec la profusion de la chlorophylle dans les plants.

En ce qui concerne l'autre but de notre expérimentation qui est l'effet de la fertilisation azotée sur la décomposition de la matière organique, on constate que le type d'engrais a un effet sur cette opération, où on observe que l'urée contribue à l'accélération de la vitesse de la décomposition de la matière organique (minéralisation) dont elle affiche une valeur faible de rapport C/N (7,34), ce qui signifie que la minéralisation est rapide en comparaison avec le sulfazot qui affiche une valeur normale de ce rapport qui est égale à 8,39.

Pour les différents modes d'apport d'engrais « urée » et leurs doses appliquées, nous indiquons qu'ils ont intervenus dans la minéralisation de la matière organique (le rapport (C/N) a une tendance à diminuer au cours du temps (mois)).

Concernant les différents modes d'apport d'engrais « sulfazot » et leurs doses appliquées, on remarque qu'ils ont contribué dans la minéralisation de la matière organique (le rapport (C/N) a une tendance à diminuer au cours du temps (mois)) et particulièrement pour le témoin sans apport (D0) et la dose D2 apportée en totalité à la levée et au tallage. A l'inverse, ce rapport (C/N) a une tendance à augmenter au cours du temps (mois) pour la dose D1 apportée en totalité à la levée et au tallage. Ceci signifie que la minéralisation est ralentie au cours de temps.

Enfin, il serait intéressant de poursuivre cette étude d'autres années afin de cerner le comportement de cette variété vis-à-vis d'une fertilisation azotée combinée avec les autres éléments fertilisants sous les conditions de l'agriculture de conservation. Notons que cette expérience ne représente que les résultats d'une seule année et après trois années de l'application de semis direct sous un couvert végétal mort (paille) et mérite d'être reconduite pour pouvoir tirer des conclusions plus précises.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ABAD A ; LIOVERAS J ; MICHELENA A and FERRAN J, 1996. Nitrogen fertilization effects on yield and quality of durum wheat in the Erbo Valley (Spain). Options méditerranéennes. CIHEAM. 3p.

ABASSENE F, 1997. Etude génétique de la durée des phases de développement et leur influence sur le rendement et ses composantes chez le blé dur (*Triticum durum*, Desf), Thèse. Mag. INA. El Harrache. 80 p.

ABDELLAOUI Z ; TESKRAT H ; BELHADJ A et ZAGHOUE O, 2010. Étude 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. Options méditerranéennes. Série A. Numéro 96 : pp71-87.

ABDELLAOUI Z, 2007. Étude de l'effet de la fertilisation azotée sur les propriétés techno-fonctionnelles des protéines de blé. Thèse. Mag. INA. Alger. 95p.

ABDELLAOUI Z, FETTIH S et ZEGHOUE O, 2006. Etude comparative de l'effet du semis direct et du labour conventionnel sur le comportement d'une culture de blé dur. Options méditerranéennes. Série A. Numéro 69 : pp115-120.

ABDOU KOUDROI M, 2007. Extraction et quantification de la matière organique des deux sols cultivés différemment. Rapport de stage. Université de Toulon et du Var. Faculté des sciences et techniques. 16 p.

ACHOURI I, 1984. Fertilisation azotée et densité de peuplement d'une variété de blé dur « Capeité » dans la Mitidja. Mem Ing. Agro. INA. Alger. 62p.

ADDA B et BELHARET D, 1997. Dynamique de phosphore et de l'azote en milieu aride sous pivot (EL Goléa) et sous deux spéculations (blé et pomme de terre). Mem. Ing. Agro. INA. Alger. pp 6-13.

ADRIEN N'DAYEGAMIYE PH-D, 2007. Contribution en azote du sol reliée à la minéralisation de la matière organique : facteur climatique et régies agricoles influençant les taux de minéralisation d'azote. Colloque sur l'azote. CRAAQ-QAQ. 28p.

AIBAR J, 2006. La lutte contre les mauvaises herbes pour les céréales en semis direct : Principaux problèmes. Options méditerranéennes. Série A. Numéro 69 : pp19-26.

AL-OUDA A, 2010. The role of improved regional cultural practices in the implementation of conservation agriculture in Arab countries. Options méditerranéennes. Série A. Numéro 96 : pp107-116.

ANGAR H ; BEN HAJ SALAH H ET BEN-HAMMOUDA M, 2010. Semis direct et semis conventionnel en Tunisie : les résultats agronomiques de 10 ans de comparaison. Options méditerranéennes. Série A. Numéro 96 : pp53-59.

ANGERS D, 2001. Evolution de la matière organique, l'activité biologique et le structure de sol sous pratique culturale de conservation. <http://www.durasol.qc.ca/pdf/angers-denis.pdf>

ANONYME, 1987. La culture intense du blé. Rev céréaliculture. Ed ITGC. Alger. 20p.

ANONYME, 2009. Réduction du taux de matière organique. SoCo. L'agriculture durable et la conservation des sols. Fiche technique n°03. 4p.

ANONYME, 2010. Manuel : utilisation des engrais. Cultures maraîchères et industrielles Arboriculture Grandes cultures. Fertial SPA/Groupe Villar Mir. Edition 2010. 100p.

ANONYME, 2012. Photo satellite prise de Google Earth.

ARCHAMBEAUD M, 2006. Structure et matières organiques. Fertilité des sols. Recherche et expérimentation. Rev TCS N° 39. SEPTEMBRE/OCTOBRE 2006. 2 p.

ARNAL ATARES P, 2006. Semis direct dans la vallée moyenne de l'Ebre : Résumé des résultats et analyse économique. Options méditerranéennes. Série A. Numéro 69 : pp77-85.

BADRAOUI M, AGBANI M, EL GHAROUS M, KARROU M et SOUDI B, 2000. Normes d'interprétation des analyses de sol pour les cultures de blé et de betterave en irrigué dans les Doukkala. Séminaire 'Intensification agricole et qualité des sols et des eaux', Rabat, 2-3 Novembre 2000. 31-47 pp.

BAHLOUL A, 1989. Fertilisation azotée raisonnée des céréales. Rev. Céréaliculture. N° 20. Troisième trimestre. Ed. ITGC. Alger. pp 15-19.

BAIZE D, 2000. Guide des analyses en pédologie. 2^{ème} Ed. Rev et augmentée. INRA, Paris. 255p.

BAUDIN F, TRIBOVILLARD N et TRICHET J, 2007. Géologie de la matière organique. Société géologique de France- Vuibert. 263p.

BELAID D, 1986. Aspect sur la céréaliculture Algérienne. Ed. OPU. pp 75-86.

- BELLOULA B, 1981.** Contribution à l'étude de l'action de la fertilisation azotée fractionnée sur une culture de blé tendre en zone subhumide (Mouzaia). Mem Ing. Agro. INA. Alger. 154p.
- BENCHEIKH Ch et DERROUGH R, 2008.** Effet de l'UAN comme engrais azotée sur l'amélioration du rendement du blé tendre (*Triticum aestivum* L.). Mem Ing. Agro. Sétif. 45p.
- BENHAMADI A, 2010.** Témoignage Algérie. Options Méditerranéennes, A n°. 96, 2010. pp 89-90.
- BENSEMRA M, 1990.** Effet de la fertilisation azotée et de la densité de semis sur le rendement de la variété de blé dur « WAHA » cultivée en zone subhumide. Mem Ing. Agro. INA. Alger. 77p.
- BOUFNAR-ZAGHOUE F et ZAGHOUNE O, 2006.** Guide des principales variétés de céréales à paille cultivée en Algérie. 1^{ère} Ed. ITGC, ALGER. pp 22-24.
- BOUHIDEL I, 2006.** Etude expérimentale de l'influence de gypse sur la minéralisation de l'urée et la cinétique d'absorption. Thèse. Mag. Agro. Batna. 180p.
- BOUZERZOUR H ; MAKHLOUF M ; CHENNAFI H ; HANNACHI A ; TOUAHRIA O and FELLAHI Z-E-A, 2011.** Tillage and Residue Management Effect on Durum Wheat [*Triticum turgidum* (L.)Thell. ssp. *turgidum* conv. *durum* (Desf.) MacKey] Growth and Yield Under Semi Arid Climate. Adv. Environ. Biol., 10p.
- BOUZRARA S ; OULD FERROUKH M-E-H ; et 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 n°. 96, 2010. pp 123-129.
- 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. Doc. l'institut national agronomique. Paris. Grignon. 132 p.
- CARVALHO M, 2006.** Effects of direct drilling on the fertilization of cereals. Options Méditerranéennes, A n°. 69, 2006. pp 63-68.
- CHABANE I, 2009.** Etude de l'effet de trois modes de conduite culturale sur la conservation de l'eau dans le sol en relation avec le comportement des cultures dans les conditions des hautes plaines céréalières (région de Sétif). Mem Ing. Agro. .UFA.Sétif. 64 p.

- CHABANE M, 2010.** L'Agriculture de Conservation : Voie de sécurité alimentaire dans les pays du Maghreb ? Options Méditerranéennes, A n°. 96, 2010. pp 189-208.
- CHEVRIER A et BARBIER S, 2002.** Performances économiques et environnementales des techniques agricoles de conservation des sols. Création d'un référentiel et premiers résultats. Mémoire de fin d'études. 96p.
- CHRISTIAN S, MULLER J-C, DECROUX J. 2005.** Guide de la fertilisation raisonnée. Ed. France Agricole. pp105-142.
- COOPER, 1984.** Rapport annuel de l'ICARDA. in MENAD et OULD-SAID 2003. Gestion de la fertilisation dans les zones semi-arides (cas de la wilaya de Saïda). Revu céréaliculture, N°40. 2^{ème} semestre. Ed. ITGC de Sétif. 30p.
- DE BENITO A and SOMBRERO A, 2006.** Changes in soil chemical properties under three tillage Systems in a long-term experiment. Options Méditerranéennes, A n°. 69, 2006. pp 155-159.
- DERDOUR B, 2007.** Variabilité génotypique du blé dur (*Triticum durum Desf.*) vis-à-vis de la nuisibilité directe du brome (*Bromus rubens L.*) Thèse. Mag. Agro. Batna. 80p.
- DERPSCH R and FRIEDRICH T. 2009.** Global Overview of Conservation Agriculture Adoption. Proceedings, Lead Papers, 4th World Congress on Conservation Agriculture, 4-7 February 2009, New Delhi, India, pp 429-438.
- DERPSCH R, 2008.** Comparatives examples of successful CA/No-till adoption in the world outside the Mediterranean region, recent trends in conservation agriculture under Mediterranean conditions. Zaragoza (Spain): 1-16.
- DJENNADI-AIT ABDALLAH F et RAFFOUFI B, 2008.** Etude de l'effet de la fertilisation azotée sur l'amélioration du rendement et sur la teneur en protéines du grain chez le blé dur dans la région de Sétif .Rev N°51.2^{ème} semestre. ITGC de Sétif. pp 5-12.
- DJENNADI-AIT ABDALLAH F, 2006.** Analyse de la mise en place de la culture céréalière dans les conditions de l'Algérie du nord. Rev N°46.1^{er} semestre. ITGC de Sétif. 30p.
- DJERMOUN A, 2009.** La production céréalière en Algérie : les principales Caractéristiques. Départ d'Agronomie. Univ Hassiba Benbouali de Chlef. Revue Nature et Technologie. n° 01/Juin 2009. pp45-53.

DJIAR N, 1988. Influence de la densité de semis en relation avec la fertilisation azotée, sur une variété de blé tendre « Siété Cerros » dans la région de Bouira. Mem Ing. Agro. INA. Alger. 50p.

DRAOUI M, 2011. Article d'Algériainvest disponible sur site web : <http://www.adnsolution.net/invest/index.php?news=250>. Consulté le: 06/02/2012.

FAO, 2003. Economie de l'agriculture de conservation. Service de la gestion des terres et de la nutrition des plantes. Division de la mise en valeur des terres et des eaux. Rome, 2003. 77p.

FAO, 2005. Utilisation des engrais par culture en Algérie. Service de la gestion des terres et de la nutrition des plantes. Division de la mise en valeur des terres et des eaux. Rome, 2005. 61p.

FAO, 2011. Article disponible sur site web : www.fao.org/ag/ca. Consulté le: 16/01/2012.

FERTAS K, 2007. Essais d'optimisation du fractionnement et de la période d'apport de l'azote pour la culture du blé dur (variété waha) en zone semi – aride irriguée. Thèse. Mag. Agro. Univ. Batna. 78p.

FREIXIAL R et DE CARVALHO J-M, 2006. The benefits of direct drilling on a farm in the Alentejo (Portugal). Options Méditerranéennes, A n°. 69, 2006. pp 167-171.

GHOUAR W, 2006. Effet du cumul de pluie hivernale sur la réponse du cultivar « Waha » (*Triticum durum* Desf.) à la fertilisation azotée. Thèse. Mag. Agro. Batna. 66p.

GOBAT J-M, ARAGNO M et MATTHEY W, 2003. Le sol vivant. Bases de pédologie biologie du sol. 2^{ème} Ed, revue et augmentée. presses polytechniques et universitaire Romandes. 568p.

GUENDOZ A, 2010. Relation de certains indicateurs de l'image numérique de la feuille drapeau avec l'efficience d'utilisation d'eau chez quelques variétés du blé dur (*Triticum durum* Desf). Thèse. Mag. Agro. UFA SETIF. 82p.

HAMADACHE A ; ABDELLAOUI Z et AKNINE M, 2002. Facteurs agrotechniques d'amélioration de la productivité du blé dur en Algérie. Cas de la zone sub-humide. Revue semestrielle. Institut National de la recherche Agronomique d'Algérie. 14p.

HAMDI F, 1994. Etude de fertilisation azotée du blé dur (*Triticum durum* Desf) en Mitidja. Mem. Ing. Agro. INA. Alger. pp 19-24.

- HARRAT W, 2005.** Fertilisation azotée du blé dur (*Triticum durum* Desf) variété simeto, en Mitidja : comparaison des formes et modalités d'apport de l'azote (au sol et foliaire). Mem. Ing. Agro. INA. Alger. 16p.
- HEDDADJ D et CLOAREC M, 2010.** Impact des techniques culturales sans labour sur le fonctionnement biophysique des sols. Options Méditerranéennes, A n°. 96, 2010. pp 131-145.
- HUBER G et SCHAUB C, 2011.** La fertilité des sols : L'importance de la matière organique. Service environnement innovation. Agriculture & Territoires. Chambre d'agriculture Bas-Rhin. 46 p.
- KASSAM A et FRIEDRICH T, 2010.** Conservation Agriculture: Concepts, worldwide experience, and lessons for success of CA-based systems in the semi-arid Mediterranean environments. Options Méditerranéennes, A n°. 96, 2010. 41p.
- KOUADRIA N, 1987.** Influence de la dose de semis et de la fertilisation azotée sur l'élaboration du rendement du blé tendre variété « Anza » dans la région de Tiaret. Mem. Ing. Agro. INA. Alger. 51p.
- LAAKAB R et OUARETH R, 2008.** Effet de la fertilisation (N, P, K) sur la culture du blé dur variété « Bousselam » en zone semi-aride de Sétif. Mem. Ing. Agro. UFA Sétif. 59 p.
- 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. Options Méditerranéennes, A n°. 96, 2010. pp 99-106.
- LATIRI K, 2002.** La fertilisation : Engrais et production agricole. INRA. Tunisie. pp 1-2.
- LEMAIRE G et NICOLARDOT B, 1997.** Maîtrise de l'azote dans les agrosystèmes. Ed: INRA. Paris. France. Les Colloques, n°83. pp 40-42-87- 100.
- LI L, HUANG G, ZHANG R, BILL B, GUANGDI L et KWONG Y-C, 2011.** Benefits of Conservation Agriculture on Soil and Water Conservation and Its Progress in China. Agricultural Sciences in China 2011, 10(6): pp 850-859
- M'RABET R, 2010.** Climate change and carbon sequestration in the Mediterranean basin: Contributions of no-tillage systems. Options Méditerranéennes, A n°. 96, 2010. 20p.
- M'RABET R, 2011.** Effects of Residue Management and Cropping Systems on Wheat Yield Stability in a Semiarid Mediterranean Clay Soil.

<http://www.SciRP.org/journal/ajps>. American Journal of Plant Sciences, 2011, 2, pp202-216.

MADANI Dj, 2008. Relation entre le couvert végétal et les conditions édaphiques en zone a déficit hydrique. Thèse. Mag. Agro. Univ. Batna. 83p.

MAHNANE S et BOUKHLIF R, 2010. Pratique des Techniques Culturelles Simplifiées et du Semis Direct à l'EAC Nouari DAHAL, zone nord des Hautes Plaines Sétifiennes. Options Méditerranéennes, A n°. 96, 2010. pp 211-212.

MATHIEU C et PIELTAIN F, 2003. Analyse chimique des sols. Edition tech et doc. Lavoisier. Paris. pp 65-66.

MEKHLOUF A, (1998). Etude de la transmission héréditaire des caractères associés au rendement en grains chez le blé dur (*Triticum durum*, Desf.). Thèse. Mag. INA Alger. 67p.

MENAD A et OULD-SAID H, 2003. Gestion de la fertilisation dans les zones semis arides (cas de la wilaya de Saïda). Rev N°40. 2^{ème} semestre. Ed. ITGC de Sétif. pp 30-31.

MENTASSEUR T et NEKKAA A, 2007. Effet du fractionnement de différentes doses d'engrais azotés sur l'amélioration du rendement et la qualité technologique du blé dur variété « waha », ITGC de Sétif. Mem. Ing.Agro. UFA Sétif. 65 p.

MOSSEDDAQ F et MOUGHLI L, 1999. Fertilisation azotée des céréales cas des blés en Bour et en irrigué. Bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA. Transfert de Technologie en Agriculture. Bulletin réalisé à l'institut agronomique et vétérinaire Hassan II. Rabat. N°62. pp 1-4.

ONIGC, 2007. Marché du blé. Analyses et perspectives. Les cahiers de l'ONIGC. 54p.

PONTAILLER S, 1971. Engrais et fumure. 4^{ème} Ed .Presse universitaire de France. 127p.

POUSSET J, 2002. Engrais vert et fertilité des sols. 2^{ème} édition. Ed Agri décisions Groupe France Agricole. Paris. 303p.

PRATS J et CLEMENT-GRANDCOURT M, 1971. Les céréales. Collections d'enseignement agricole. 2^{ème} Ed, REVUE ET AUGMENTEE. Baillièrre et fils. France 351p.

SEGUY L, BOUZINAC S et MARONEZZI A-C, 2001. Un dossier du semis direct : Système de culture et dynamique de la matière organique. CIRAD-CA -

AGRONORTE PESQUISAS-GROUPE MAEDA - ONG TAFA/FOFIFA/ANAE. 202 p.

SIMON H, CODACCIONI P et LECOEUR X, 1989. Produire des céréales à paille. Agriculture d'aujourd'hui. Ed Lavoisier Paris. 333p.

SOLTNER D, 1999. Les grandes productions végétales. 19^{ème} Ed. Coll. Sci et Tec. Agri. pp 21-140.

SOLTNER D, 2000. Les bases de la production végétale. 22^{ème} Ed. Coll. Sci et Tec. Agri. pp 147-148.

SOLTNER D, 2005. Les grandes productions végétales. 20^{ème} Ed. Coll.sci et Tec. Agri. pp 21-140.

TAUREAU S. A, 1989. Influence de la dose d'azote et de la densité de semis sur le rendement du blé dur variété « WAHA » dans la région de Tiaret. Mem Ing. Agro. INA. Alger. 64p.

THOMAS F ; MAKHLOUF M, 2010. Compte rendu d'atelier n°1 : Maîtrise des adventices et successions culturales. Options Méditerranéennes, A n° : 96, 2010. 2 p.

THOMAS F, 2004. Gestion de l'azote en TCS et Semis Direct. Une approche différente. 12 p.

THOMAS F, 2006. Augmentation de la biomasse en circulation au travers de couverts et mélanges de couverts végétaux : Expérience française. Options Méditerranéennes, A n° : 69, 2006. pp 37-42.

THOMAS F, 2007. L'azote en TCS et SD. Beaucoup de bénéfices mais une gestion à adapter. Rev TCS. n°44. Septembre/Octobre 2007. 12 p.

VADON B ; LAMOUCHE L ; ELMAY S ; MAGHFOUR A ; MAHNANE S ; BENAOUA H et ELGHARRAS O, 2006. Organisations paysannes : Un levier pour développer l'agriculture de conservation au Maghreb. Options méditerranéennes. Série A. Numéro 69 : 87-99.

VIAUX PH, 1980. Fumure azotée des céréales d'hiver. Rev. Perspectives agricoles spécial fertilisation N°43. pp 10-25.

VILAIN M, 1997. Production végétale. Vol 2. Ed. Lavoisier. Tech et doc. 449p.

YALLAOUI-YAICI N et GHALEM Y, 2006. Présentation de la méthodologie pour l'évaluation du programme d'intensification céréalière. Revu N°46. 1^{ère} Ed. ITGC de Sétif. 4p.

ANNEXES

ANNEXES

Tableau 1. Analyse physico-chimique du sol du site expérimental.

Nature	Horizons		
	0-10	10-20	10-30 cm
<i>Analyse physique</i>			
Argile (%)	32	32	40
Limon (%)	40	36	28
Sable (%)	28	32	32
MO (%)	2,66	--	--
pH	7,82	7,69	7,70
Da (g/cm ³)	1,45	--	--
<i>Analyse chimique</i>			
C org (%)	1,54	--	--
N (%)	0,14	0,12	0,13
C/N	11,00	--	--
Calcaire total (%)	27,96	50,18	50,46
K (ppm)	247,30	328,60	344,30
P (ppm)	32,00	27,20	18,70
Na (meq/100g)	0,68	0,59	0,65
Mg (meq/100g)	4,59	5,65	4,78
Conductivité (µs/cm)	120	137	133

Tableau 2. Climatologie mensuelle de la région de Sétif durant la campagne agricole 2010/2011 pour les dix (10) mois.

MOIS	Pluviométrie mensuelle		Température mensuelle (°C)			Nombre de Jr de gelée	Nombre de Jr de grêle	Nombre de Jr de sirocco
	Qte (mm)	Nbr jr	Min (m)	Max (M)	Moy			
Septembre	3,40	7	15,29	26,75	21,02	0	0	0
Octobre	45,20	13	11,01	20,88	15,95	0	0	0
Novembre	47,80	14	6,28	13,75	10,02	3	0	0
Décembre	20,00	11	2,34	11,53	6,94	14	0	0
Janvier	13,30	9	2,37	11,11	6,74	6	0	0
Février	121,00	19	1,20	9,65	5,43	11	0	0
Mars	33,00	12	4,55	13,26	8,91	4	0	0
Avril	73,80	4	8,61	19,68	14,15	0	0	0
Mai	33,80	5	6,00	22,00	14,00	0	0	0
Juin	17,40	3	10,60	27,30	18,95	0	0	0
Total moyen	408,7	97	6,83	17,59	12,21	38	0	0

Source : Station ONM de Sétif (2011).

Tableau 3. Climatologie mensuelle de la région de Sétif durant une période allant de 1981 jusqu'au 2011 pour les dix (10) mois.

MOIS	Pluviométrie (mm)	Température (°C)
Septembre	42,10	20,60
Octobre	33,20	15,80
Novembre	35,50	10,00
Décembre	47,10	6,20
Janvier	40,50	5,33
Février	36,26	6,20
Mars	35,44	8,81
Avril	42,77	11,75
Mai	46,50	16,69
Juin	20,63	22,29
Σ Totale /moy totale	380,00	12,37

Source : Station ONM de Sétif (2011).

Tableau 4. L'évolution de taux de la matière organique au cours du temps (mois).

<i>Engrais</i>	<i>mode</i>	<i>Doses</i>	<i>11/2010</i>	<i>03/2011</i>	<i>05/2011</i>	<i>07/2011</i>	<i>MOY TOT</i>
<i>Urée</i>	TL	D0	2,66	1,03	1,34	1,75	1,70
		D1	2,66	1,39	1,60	1,49	1,79
		D2	2,66	1,44	1,75	1,60	1,86
		Moyen 1					1,78
	1/2 TL	D0	2,66	1,03	1,34	1,75	1,70
		D1	2,66	1,03	1,60	1,70	1,75
		D2	2,66	1,03	1,39	1,44	1,63
		Moyen 2					1,69
	TT	D0	2,66	1,03	1,34	1,75	1,70
		D1	2,66	1,03	1,65	1,55	1,72
		D2	2,66	1,03	1,49	1,39	1,64
		Moyen 3					1,69
	<i>MOYEN I</i>						1,72
<i>Sulfazot</i>	TL	D0	2,66	1,03	1,34	1,75	1,70
		D1	2,66	2,17	2,06	2,89	2,45
		D2	2,66	1,55	1,44	2,01	1,92
		Moyen 1'					2,02
	1/2 LT	D0	2,66	1,03	1,34	1,75	1,70
		D1	2,66	1,03	2,58	1,75	2,01
		D2	2,66	1,03	2,17	2,27	2,03
		Moyen 2'					1,91
	TT	D0	2,66	1,03	1,34	1,75	1,70
		D1	2,66	1,03	2,48	2,99	2,29
		D2	2,66	1,03	2,79	1,55	2,01
		Moyen 3'					2,00
	<i>MOYEN II</i>						1,98
<i>MOY TOT</i>						1,85	

Tableau 5. L'évolution du rapport C/N au cours du temps (mois).

<i>Engrais</i>	<i>mode</i>	<i>Doses</i>	<i>11/2010</i>	<i>03/2011</i>	<i>05/2011</i>	<i>07/2011</i>	<i>MOY TOT</i>
<i>Urée</i>	TL	D0	11,00	5,00	6,00	6,36	7,09
		D1	11,00	6,23	7,75	5,78	7,69
		D2	11,00	7,00	7,85	6,20	8,01
		Moyen 1					7,60
	1/2 TL	D0	11,00	5,00	6,00	6,36	7,09
		D1	11,00	5,00	5,81	6,59	7,10
		D2	11,00	5,00	5,79	5,98	6,94
		Moyen 2					7,04
	TT	D0	11,00	5,00	6,00	6,36	7,09
		D1	11,00	5,00	7,39	5,30	7,17
		D2	11,00	5,00	9,69	5,77	7,87
		Moyen 3					7,38
	<i>MOYEN I</i>						7,34
<i>Sulfazot</i>	TL	D0	11,00	5,00	6,00	6,36	7,09
		D1	11,00	7,88	9,23	12,92	10,26
		D2	11,00	6,92	6,46	7,30	7,92
		Moyen 1'					8,42
	1/2 TL	D0	11,00	5,00	6,00	6,36	7,09
		D1	11,00	5,00	12,50	6,78	8,82
		D2	11,00	5,00	9,69	9,43	8,78
		Moyen 2'					8,23
	TT	D0	11,00	5,00	6,00	6,36	7,09
		D1	11,00	5,00	10,29	10,86	9,29
		D2	11,00	5,00	12,46	8,19	9,16
		Moyen 3'					8,51
	<i>MOYEN II</i>						8,39
	<i>MOY TOT</i>						7,86

Tableau 6. L'évolution de l'azote total au cours du temps (mois).

<i>Engrais</i>	<i>mode</i>	<i>Doses</i>	<i>11/2010</i>	<i>03/2011</i>	<i>05/2011</i>	<i>07/2011</i>	<i>MOY TOT</i>
<i>Urée</i>	TL	D0	0,14	0,12	0,13	0,16	0,14
		D1	0,14	0,13	0,12	0,15	0,14
		D2	0,14	0,12	0,13	0,15	0,14
		Moyen 1					<u>0,14</u>
	1/2 TL	D0	0,14	0,12	0,13	0,16	0,14
		D1	0,14	0,12	0,16	0,15	0,14
		D2	0,14	0,12	0,14	0,14	0,14
		Moyen 2					<u>0,14</u>
	TT	D0	0,14	0,12	0,13	0,16	0,14
		D1	0,14	0,12	0,13	0,17	0,14
		D2	0,14	0,12	0,13	0,14	0,13
		Moyen 3					<u>0,14</u>
	<i>MOYEN I</i>						<u>0,14</u>
<i>Sulfazot</i>	TL	D0	0,14	0,12	0,13	0,16	0,14
		D1	0,14	0,16	0,13	0,13	0,14
		D2	0,14	0,13	0,13	0,16	0,14
		Moyen 1'					<u>0,14</u>
	1/2 TL	D0	0,14	0,12	0,13	0,16	0,14
		D1	0,14	0,12	0,12	0,15	0,13
		D2	0,14	0,12	0,13	0,14	0,13
		Moyen 2'					<u>0,13</u>
	TT	D0	0,14	0,12	0,13	0,16	0,14
		D1	0,14	0,12	0,14	0,16	0,14
		D2	0,14	0,12	0,13	0,11	0,13
		Moyen 3'					<u>0,13</u>
	<i>MOYEN II</i>						<u>0,14</u>
<i>MOY TOT</i>						<u>0,14</u>	

Tableau 7. L'évolution du pH au cours du temps (mois).

<i>Engrais</i>	<i>mode</i>	<i>Doses</i>	<i>11/2010</i>	<i>03/2011</i>	<i>05/2011</i>	<i>07/2011</i>	<i>MOY TOT</i>
<i>Urée</i>	TL	D0	7,82	7,66	8,50	7,62	7,90
		D1	7,82	7,62	7,74	7,20	7,60
		D2	7,82	7,57	7,68	7,60	7,67
		Moyen 1					7,72
	1/2 TL	D0	7,82	7,66	8,50	7,62	7,90
		D1	7,82	7,66	7,70	7,92	7,78
		D2	7,82	7,66	7,64	8,00	7,78
		Moyen 2					7,82
	TT	D0	7,82	7,66	8,50	7,62	7,90
		D1	7,82	7,66	7,74	7,62	7,71
		D2	7,82	7,66	7,68	7,86	7,76
		Moyen 3					7,79
	<i>MOYEN I</i>						7,78
<i>Sulfazot</i>	TL	D0	7,82	7,66	8,50	7,62	7,90
		D1	7,82	7,52	7,73	7,93	7,75
		D2	7,82	7,77	7,72	7,60	7,73
		Moyen 1'					7,79
	1/2 TL	D0	7,82	7,66	8,50	7,62	7,90
		D1	7,82	7,66	7,68	7,70	7,72
		D2	7,82	7,66	7,72	7,97	7,79
		Moyen 2'					7,80
	TT	D0	7,82	7,66	8,50	7,62	7,90
		D1	7,82	7,66	7,52	7,65	7,66
		D2	7,82	7,66	7,65	7,71	7,71
		Moyen 3'					7,76
	<i>MOYEN II</i>						7,78
<i>MOY TOT</i>						7,78	

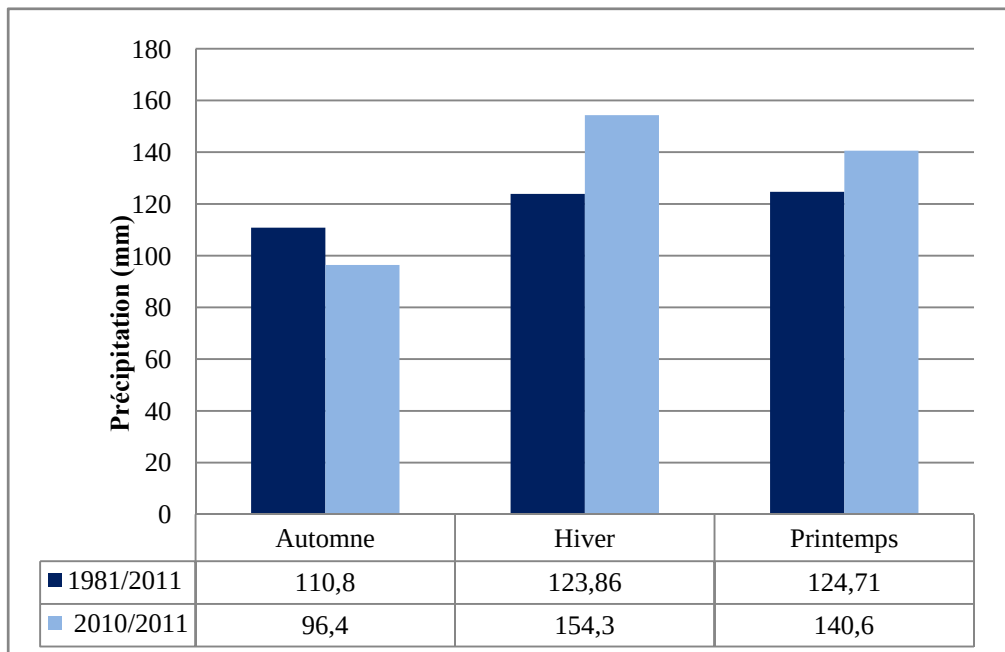


Figure 1. Répartition saisonnière des pluies durant la campagne 2010/2011 comparée à la moyenne des 30 dernières années.

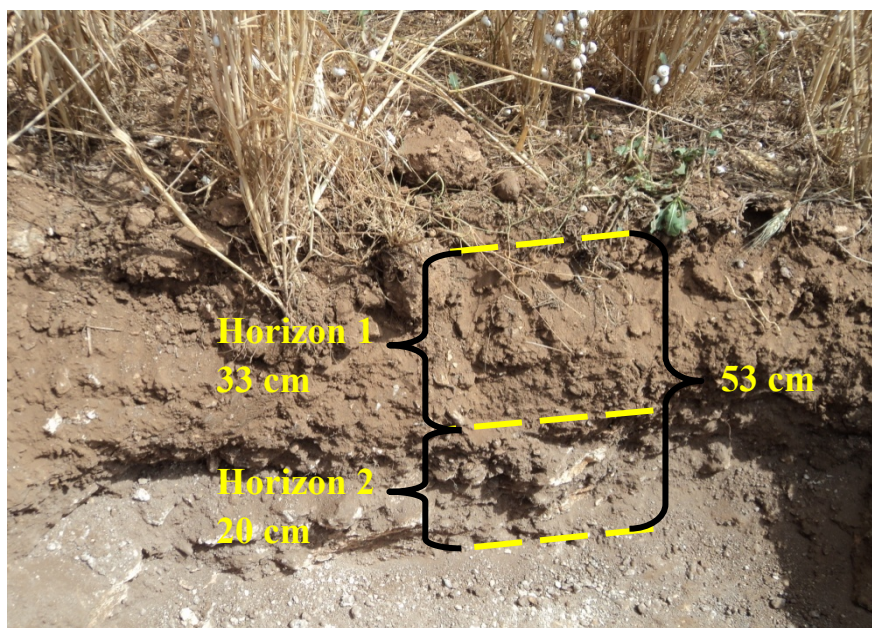


Figure 2. Profil pédologique du sol de site.

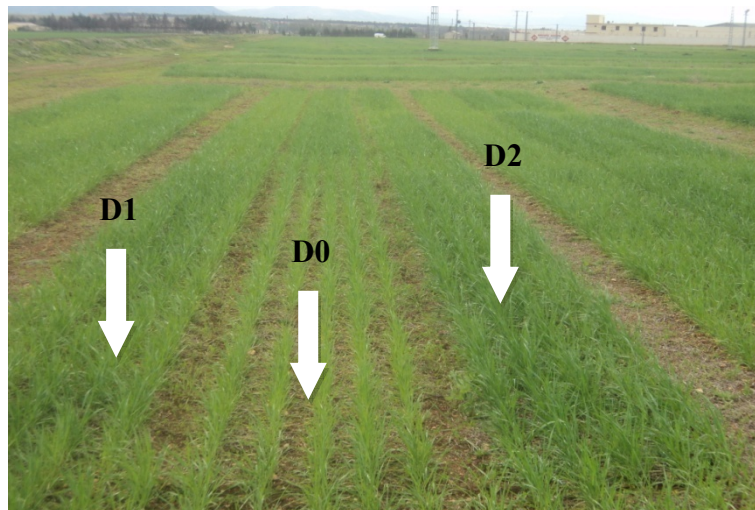


Figure 3. Effet des doses d'engrais « urée » sur le peuplement talles par m².

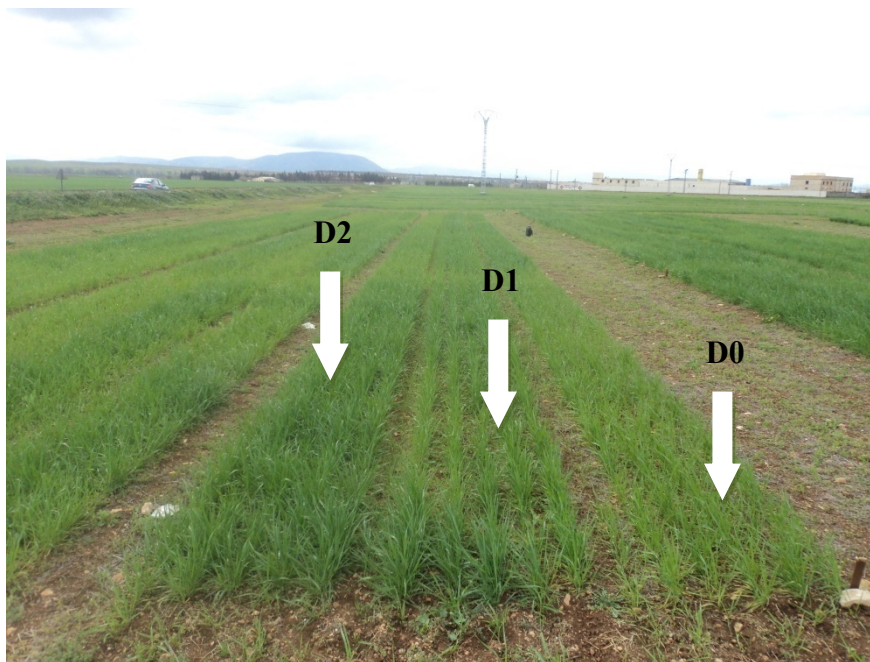


Figure 4. Effet des doses d'engrais « sulfazot » sur le peuplement talles par m².



Figure 5. Semis direct sous couvert végétal mort « paille » (en cours de construction).



Figure 6. Début de tallage.



Figure 7. Fin de tallage.



Figure 8. Stade épiaison.



Figure 9. Stade maturité.

L'analyse de la variance des variables mesurés :

1) NP/m² :

Source	ddl	SCE	CM	F	P
Blocs	3	4717.17	1572.34	5.23	0.0032**
Effet principal					
Type	1	102.72	102.72	0.34	0.5615ns
Mode	2	20.08	10.04	0.03	0.9672ns
Dose	2	141.58	70.79	0.24	0.7911ns
Interaction					
Type x Mode	2	581.03	290.51	0.97	0.3874ns
Type x Dose	2	77.19	38.60	0.13	0.8798ns
Mode x Dose	4	442.33	110.58	0.37	0.8305ns
Type x Mode x Dose	4	31.56	7.89	0.03	0.9986ns
Erreur	51	15335.83	300.70		
Total	71	21449.50			

2) T/ P :

Source	ddl	SCE	CM	F	P
Blocs	3	1.47	0.49	5.08	0.0037**
Effet principal					
Type	1	1.75	1.75	18.15	0.0001***
Mode	2	0.38	0.19	1.99	0.1471ns
Dose	2	12.46	6.23	64.54	0.0000***
Interaction					
Type x Mode	2	0.21	0.11	1.10	0.3393ns
Type x Dose	2	0.04	0.02	0.22	0.8028ns
Mode x Dose	4	0.29	0.07	0.76	0.5551ns
Type x Mode x Dose	4	0.19	0.05	0.49	0.7440ns
Erreur	51	4.92	0.10		
Total	71	21.72			

3) Th/ m² :

Source	ddl	SCE	CM	F	P
Blocs	3	18051.81	6017.27	2.40	0.0784ns
Effet principal					
Type	1	43927.96	43927.96	17.53	0.0001***
Mode	2	23183.85	11591.92	4.63	0.0142*
Dose	2	464307.23	232153.62	92.65	0.0000***
Interaction					
Type x Mode	2	2690.03	1345.05	0.54	0.5879ns
Type x Dose	2	566.08	283.04	0.11	0.8934ns
Mode x Dose	4	3933.77	983.44	0.39	0.8131ns
Type x Mode x Dose	4	8273.52	2068.38	0.82	0.5151ns
Erreur	51	127789.99	2505.69		
Total	71	692724.23			

4) E/m² :

Source	ddl	SCE	CM	F	P
Blocs	3	22343.23	7447.74	7.31	0.0004***
Effet principal					
Type	1	225.75	225.75	0.22	0.6398ns
Mode	2	2404.52	1202.26	1.18	0.3155ns
Dose	2	87299.49	43649.75	42.85	0.0000***
Interaction					
Type x Mode	2	2392.26	1196.13	1.17	0.3173ns
Type x Dose	2	1022.59	511.30	0.50	0.6084ns
Mode x Dose	4	893.60	223.40	0.23	0.9265ns
Type x Mode x Dose	4	3029.76	757.44	0.74	0.5669ns
Erreur	51	51958.31	1018.79		
Total	71	171569.50			

5) HP :

Source	ddl	SCE	CM	F	P
Blocs	3	43.70	14.57	4.16	0.0104*
Effet principal					
Type	1	5e ⁻⁵	5e ⁻⁵	1.43e ⁻⁵	0.9970ns
Mode	2	58.73	29.37	8.38	0.0007***
Dose	2	2762.38	1381.19	393.99	0.0000***
Interaction					
Type x Mode	2	2.68	1.34	0.38	0.6844ns
Type x Dose	2	0.19	0.10	0.03	0.9729ns
Mode x Dose	4	1.08	0.27	0.08	0.9890ns
Type x Mode x Dose	4	1.74	0.43	0.12	0.9733ns
Erreur	51	178.79	3.51		
Total	71	3049.29			

6) NG/E :

Source	ddl	SCE	CM	F	P
Blocs	3	48.55	16.18	2.92	0.0430*
Effet principal					
Type	1	26.16	26.16	4.72	0.0346*
Mode	2	37.64	18.82	3.39	0.0414*
Dose	2	770.33	385.17	69.41	0.0000***
Interaction					
Type x Mode	2	42.63	21.31	3.84	0.0279*
Type x Dose	2	76.31	38.15	6.88	0.0023**
Mode x Dose	4	40.61	10.15	1.83	0.1375ns
Type x Mode x Dose	4	79.51	19.88	3.58	0.0119*
Erreur	51	282.99	5.55		
Total	71	1404.74			

7) PMG :

Source	ddl	SCE	CM	F	P
Blocs	3	1.12	0.37	0.12	0.9461ns
Effet principal					
Type	1	0.37	0.37	0.12	0.7267ns
Mode	2	33.48	16.74	5.53	0.0067**
Dose	2	240.25	120.13	39.67	0.0000***
Interaction					
Type x Mode	2	3.83	1.92	0.63	0.5355ns
Type x Dose	2	4.66	2.33	0.77	0.4684ns
Mode x Dose	4	25.81	6.45	2.13	0.0904ns
Type x Mode x Dose	4	26.45	6.61	2.18	0.0840ns
Erreur	51	154.45	3.03		
Total	71	490.43			

8) Rdt_b :

Source	ddl	SCE	CM	F	P
Blocs	3	6470.87	2156.96	8.66	0.0001***
Effet principal					
Type	1	136.73	136.73	0.55	0.4620ns
Mode	2	279.24	139.62	0.56	0.5742ns
Dose	2	25861.41	12930.70	51.94	0.0000***
Interaction					
Type x Mode	2	326.95	163.48	0.66	0.5229ns
Type x Dose	2	739.79	369.89	1.49	0.2360ns
Mode x Dose	4	353.37	88.34	0.36	0.8395ns
Type x Mode x Dose	4	1545.52	386.38	1.55	0.2013ns
Erreur	51	12696.68	248.96		
Total	71	48410.57			

9) Rdt_p :

Source	ddl	SCE	CM	F	P
Blocs	3	2600.66	866.89	9.13	0.0001***
Effet principal					
Type	1	51.46	51.46	0.54	0.4649ns
Mode	2	16.21	8.11	0.09	0.9183ns
Dose	2	4296.31	2148.16	22.63	0.0000***
Interaction					
Type x Mode	2	148.19	74.10	0.78	0.4636ns
Type x Dose	2	240.65	120.33	1.27	0.2902ns
Mode x Dose	4	87.51	21.88	0.23	0.9200ns
Type x Mode x Dose	4	245.13	61.28	0.65	0.6326ns
Erreur	51	4841.49	94.93		
Total	71	12527.62			

10) Rdt_g :

Source	ddl	SCE	CM	F	P
Blocs	3	584.87	194.96	5.97	0.0014**
Effet principal					
Type	1	1.03	1.03	0.03	0.8596ns
Mode	2	80.36	40.18	1.23	0.3006ns
Dose	2	364.03	182.01	5.58	0.0065**
Interaction					
Type x Mode	2	48.90	24.45	0.74	0.4781ns
Type x Dose	2	124.61	62.31	1.91	0.1588ns
Mode x Dose	4	29.86	7.47	0.23	0.9211ns
Type x Mode x Dose	4	153.21	38.30	1.17	0.3337ns
Erreur	51	1665.17	32.65		
Total	71	3052.03			

11) MS :

Source	ddl	SCE	CM	F	P
Blocs	3	38.81	12.94	0.12	0.9495ns
Effet principal					
Type	1	334.41	334.41	3.03	0.0876ns
Mode	2	3068.85	1534.43	13.92	0.0000***
Dose	2	30212.67	15106.34	137.06	0.0000***
Interaction					
Type x Mode	2	1029.78	514.89	4.67	0.0137*
Type x Dose	2	348.07	174.03	1.58	0.2161ns
Mode x Dose	4	2484.68	621.17	5.64	0.0008***
Type x Mode x Dose	4	3827.98	956.99	8.68	0.0000***
Erreur	51	5621.06	110.22		
Total	71	46966.32			

12) TCH1 :

Source	ddl	SCE	CM	F	P
Blocs	3	2.65	0.88	0.12	0.9511ns
Effet principal					
Type	1	0.59	0.59	0.08	0.7822ns
Mode	2	3.37	1.69	0.23	0.8039ns
Dose	2	616.31	308.16	40.08	0.0000***
Interaction					
Type x Mode	2	1.79	0.89	0.12	0.8906ns
Type x Dose	2	27.71	13.86	1.80	0.1753ns
Mode x Dose	4	22.88	5.72	0.74	0.5665ns
Type x Mode x Dose	4	31.36	7.84	1.02	0.4061ns
Erreur	51	392.14	7.69		
Total	71	1098.81			

13) TCH2 :

Source	ddl	SCE	CM	F	P
Blocs	3	17.09	5.69	0.42	0.7365ns
Effet principal					
Type	1	1.01	1.01	0.08	0.7854ns
Mode	2	25.50	12.75	0.95	0.3936ns
Dose	2	2214.78	1107.39	82.48	0.0000***
Interaction					
Type x Mode	2	46.52	23.26	1.73	0.1871ns
Type x Dose	2	99.91	49.96	3.72	0.0310*
Mode x Dose	4	74.50	18.63	1.39	0.2515ns
Type x Mode x Dose	4	132.70	33.18	2.47	0.0561ns
Erreur	51	684.77	13.43		
Total	71	3296.77			

14) TCH3 :

Source	ddl	SCE	CM	F	P
Blocs	3	28.30	9.43	6.90	0.0005***
Effet principal					
Type	1	0.63	0.63	0.46	0.5018ns
Mode	2	15.30	7.65	5.60	0.0063**
Dose	2	2.33	1.17	0.85	0.4319ns
Interaction					
Type x Mode	2	10.74	5.37	3.93	0.0258*
Type x Dose	2	1.75	0.88	0.64	0.5311ns
Mode x Dose	4	7.06	1.77	1.29	0.2857ns
Type x Mode x Dose	4	23.45	5.86	4.29	0.0046**
Erreur	51	69.69	1.37		
Total	71	159.25			

15) Mtd% :

Source	ddl	SCE	CM	F	P
Blocs	3	988.01	329.34	2.90	0.0437*
Effet principal					
Type	1	474.68	474.68	4.18	0.0461*
Mode	2	502.17	251.09	2.21	0.1199ns
Dose	2	4633.48	2316.74	20.41	0.0000***
Interaction					
Type x Mode	2	44.02	22.01	0.19	0.8244ns
Type x Dose	2	343.38	171.69	1.51	0.2301ns
Mode x Dose	4	259.02	64.76	0.57	0.6853ns
Type x Mode x Dose	4	465.68	116.42	1.03	0.4031ns
Erreur	51	5789.89	113.53		
Total	71	13500.34			

Résumé : L'étude a porté sur l'analyse de l'effet de deux types d'engrais azotés (urée et sulfazot) apportés à différents fractionnements (TL= toute la dose à la levée, TT= toute la dose au tallage et $\frac{1}{2}$ LT= $\frac{1}{2}$ dose à la levée et $\frac{1}{2}$ dose au tallage) et à différentes doses (D0=0U, D1=46U et D2=69U) sur la culture du blé dur variété « Bousselam » installée par semis direct sous un couvert végétal mort (paille) en conditions semi-aride durant la saison agricole 2010/2011. Les résultats obtenus ont montré que la fertilisation azotée favorise l'ensemble des paramètres étudiés, mais son efficacité varie beaucoup avec les doses appliquées. Elle contribue à l'amélioration du rendement et ses composantes. Le maximum de rendement en grains est de 32,31 q/ha, obtenue avec la dose 69 U, soit une augmentation relative de +16,34% (+4,54 q/ha) par rapport au témoin sans apport et de +10,88% (+3,17 q/ha) par rapport à la moyenne générale de l'essai. Ainsi, les résultats montrent que la fertilisation azotée favorise la décomposition de la matière organique. Le type d'engrais « urée » contribue à l'accélération de la vitesse de la décomposition de la matière organique (minéralisation) en comparaison avec le sulfazot.

Mots clés: Fertilisation azotée, types, fractionnements, doses, blé dur, composantes du rendement, matière organique, semis direct, semi-aride.

ملخص : أجريت الدراسة قصد تحليل تأثير نوعين من السماد الآزوتي (اليوريا و السيلفازوت) مقسم على فترات (كل الكمية في طور الانبثاق، كل الكمية في طور الاشطاء و نصف الكمية في طور الانبثاق و النصف الآخر في طور الاشطاء) مع جرعات مختلفة (الشاهد=0 وحدة ، جرعة 1=46 وحدة و جرعة 2 = 69 وحدة) على زراعة القمح الصلب صنف "بوسلام" مزروعة بواسطة البذر المباشر على غطاء نباتي (تبن) في منطقة شبه جافة و هذا خلال الموسم الفلاحي 2010/2011. أظهرت النتائج المحصل عليها أن التسميد الآزوتي حفز جميع المؤشرات المدروسة، لكن فعاليته اختلفت كثيرا باختلاف الجرعات المطبقة. كما أنه ساهم في تحسين المردود و مكوناته حيث بلغت قيمة المردود الجبي حدا أقصى قدر بـ 32,31 ق/هـ حُصلَ عليه من طرف الجرعة 2 بـ 69 وحدة، أي بزيادة نسبية قدرها: +16,34% (+4,54 ق/هـ) مقارنة بالشاهد و بـ : +10,88% (+3,17 ق/هـ) مقارنة بالمعدل العام للتجربة. بينت النتائج أيضا أن التسميد الآزوتي يساعد على تحليل المادة العضوية ، حيث وجدنا أن نوع السماد "اليوريا" ساهم في تسريع وتيرة تحليل المادة العضوية (التمعدن) بالمقارنة مع "السيلفازوت".

كلمات مفتاحية : تسميد آزوتي، نوع، تقسيم، جرعات، قمح صلب، مكونات المردود، مادة عضوية، بذر مباشر، شبه جاف.

Abstract: The study concerns the analysis of the effect of two types of nitrogen fertilizers (urea and sulfazot) brought to different divisions (TL, TT and $\frac{1}{2}$ LT) and in various doses (D0=0, D1=46 and D2=69U) on the culture of the durum wheat variety " Bousselam " installed by direct drilling under a mulch cover (straw) in conditions semi-arid during the 2010/2011 agricultural season. The obtained results showed that the nitrogenous fertilization favors all the studied parameters, but its efficiency varies a lot with the applied doses. It contributes in the improvement of the yield and its components. The maximum grain yield is 32,31 q / ha obtained by the dose " D2 " with 69 U, either a relative increase of 16,34 % (4,54 q/ha) compared to control without "D0" and +10,88% (+3,17 q/ha) than the average of the test. So, the results show that the nitrogenous fertilization favors the decomposition of the organic matter. While finding that the type of fertilizer "urea" contributes to accelerating the speed of decomposition of organic matter (mineralization) in comparison with the sulfazot.

Keywords: Nitrogenous fertilization, type, division, doses, durum wheat, yield components, organic matter, direct sowing, semi-arid.