

Étude qualitative et quantitative de la production du blé dur (*Triticum durum* Desf.) conduit sous différentes modalités de fractionnement de nitrate d'ammonium

M. MELKI ^{1*}, S. SAMAALI ¹, M. MECHRI ^{1,2}, W. SAIDI ^{1,3}

¹ Ecole Supérieure d'Agriculture du Kef

² Institut National Agronomique de Tunisie

³ Institut Supérieur Agronomique de Chott Mariem

* Corresponding author: melki.mongi@iresa.agrinet.tn

Abstract - Research trials were conducted at Kef School of Agriculture to investigate the effects of different methods of splitting 75 units of nitrogen fertilizer per hectare, usually used in Tunisian semi arid regions, on yield, grain and straw quality of durum wheat (*Triticum durum* Desf) to establish regional references for reasoning nitrogen fertilization of durum wheat. Three split nitrogen fertilizations with check treatment were tested on a local variety (Maali) using field randomized complete blocks design. Plant height, top growth biomass at maturity, grain and yield components, grain and straw protein contents and grains amino acids were measured. Results indicated highly significant effects of nitrogen fertilization on all investigated parameters. It showed that a single application of 75 units of nitrogen fertilizer is less efficient compared to applied split amounts of nitrogen fertilizer. The application of 75 units of nitrogen fertilizer split into three equal amounts (T2); at germination, tillering and jointing of Maali wheat variety, improved grain yield/hectare and grain and straw protein contents compared to other treatments. Split into two equal amounts applied at germination and tillering growth stages (T1), it improved straw yield and 1000 grains weight but significantly reduced grain yield compared to T2 treatment. This study also indicated that the check treatment T0 amino acids of grain proteins were higher than wheat grains from plots which received split nitrogen fertilization.

Keywords: Durum wheat, nitrogen fertilization, split application, yield, quality.

Résumé - Ce travail conduit à l'Ecole Supérieure d'Agriculture du Kef se propose d'étudier les effets de différentes modalités de fractionnement d'une dose de 75 unités d'azote par hectare, habituellement utilisée dans les régions semi-arides tunisiennes, sur la production et la qualité du grain et de la paille du blé dur (*Triticum durum* Desf) afin d'établir des références régionales en matière de raisonnement de la fertilisation azotée du blé dur. Trois modes de fractionnement et un témoin ont été testés sur une variété locale (Maali) selon un modèle expérimental en blocs aléatoires complets. La hauteur de la plante, la biomasse aérienne à la récolte, le rendement en grains et ces composantes, la teneur en protéines des grains et de la paille ainsi que la teneur en acides aminés des protéines des grains ont été déterminés. Les résultats obtenus ont montré des effets hautement significatifs sur l'ensemble des paramètres étudiés. Cette étude confirme qu'une dose de 75 unités d'azote, appliquée en une seule fois est moins efficace que celle fractionnée. L'apport de la même dose d'azote en trois fractions (T2) réparties équitablement entre la levée, le tallage et la montaison améliore à la fois la teneur en protéines des grains et de la paille ainsi que le rendement par hectare comparativement aux autres traitements. Le fractionnement de la cette dose d'azote entre la levée et le tallage (T1) améliore le rendement en paille et le poids de milles grains mais diminue significativement le rendement en grains par rapport à T2.

Cette étude a montré aussi que les teneurs en acides aminés des protéines des grains chez le témoin (T0) sont supérieures à celles des acides aminés des grains issus des parcelles qui ont reçu une fertilisation azotée.

Mots clés : Blé dur, fertilisation azotée, fractionnement, Rendement, Qualité.



1. Introduction

À l'échelle mondiale, les céréales occupent une place primordiale dans le système agricole. Elles sont considérées comme une principale source de la nutrition humaine et animale (Slama et al. 2005). Le blé dur (*Triticum durum* Desf.), compte parmi les espèces les plus anciennes et constitue une grande partie de l'alimentation de l'humanité, il assure 15% de ses besoins énergétiques (Bajji 1999).

En Tunisie, malgré l'importance économique de cette culture, les rendements en grains du blé dur restent faibles et irréguliers. En plus il est admis, pour les céréales, que la teneur en protéines est corrélée négativement avec le rendement en grains, ce qui rend très difficile leur amélioration simultanée par la sélection. Cependant, tout comme le rendement, la qualité des grains du blé à la récolte est un caractère sous contrôle génétique (Mahmoud et al. 1987 ; Dhaliwal 1994), mais c'est souvent l'environnement et les actions apportées par l'agriculteur au cours du processus de production, qui créent les différences de qualité et quantité de récolte (Altman et al. 1983).

Pour assurer à la fois un rendement élevé et une bonne qualité, il serait très utile de s'orienter vers la recherche d'une phytotechnie optimale qui joindra les deux caractères, sans favoriser l'un au détriment de l'autre. Il convient ainsi d'évoquer l'élément clé pour l'élaboration des rendements en blé et la garantie d'une meilleure qualité, 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). Cette stratégie qui permet d'aider les agriculteurs à mieux raisonner les apports d'azote, débute par l'analyse de la relation causale entre les quantités d'azote absorbées et le rendement final en grains produit (Limaux 1999). En décomposant cette relation globale, on abouti à l'idée qui relie les stades de formation des différentes composantes avec leurs besoins en azote, cela signifie qu'il faut proposer aux agriculteurs céréaliers des stratégies de gestion des apports azotés et des stades d'apport.

Pour répondre à cette préoccupation, ce travail a pour objectif de comparer plusieurs modalités de fractionnement azoté. Les modalités de fumure choisies permettent de connaître la réponse d'une variété de blé dur (Maali), très répandue dans notre région, à l'action d'une fertilisation azotée non fractionnée d'une part, et l'effet des besoins répartis en deux et en trois fractions égales d'autre part. L'efficacité des différentes modalités est appréciée au niveau de la biomasse à la récolte et les composantes du rendement, sans négliger un élément de qualité très important qui est le taux protéique du grain produit et la valeur nutritionnelle de ces protéines.

2. Matériels et méthodes

2.1 Site expérimental

L'expérimentation s'est déroulée en plein champ, à la station expérimentale de l'Ecole Supérieure d'Agriculture du Kef. Cette station est située dans la zone de Boulifa qui appartient à l'étage bioclimatique semi aride moyen (PNUD, 2006). Les analyses physico-chimiques effectuées à deux niveaux de profondeur indiquent qu'en moyenne le sol de la parcelle d'essai présente une texture un peu grossière de type sablonneux (64.7% de sable). Il s'agit d'un sol alcalin (pH= 8.3), pauvre en matière organique (1.24 %) et en matière azotée (0.09 %). Sur le plan climatique, 272.6 mm/an de précipitation ont été enregistrés sur le site expérimental durant la campagne 2012/2013. Cependant, la quantité d'eau reçue par la culture objet de cette étude n'est que de 244 mm (de Septembre 2012 à Mai 2013). Les températures relatives à la période de l'essai sont relativement basses (moy.Mini = 7.40 °C, moy.Max = 22.99 °C). Cependant, il est à noter que ni les températures supérieures à 25 °C coïncidant avec la récolte susceptibles d'engendrer des accidents physiologiques sur la culture du blé (échaudage), ni celles minimales négatives (-5°C) redoutées pour leur action destructrice sur les plantules après levée (Gate 1995) n'ont provoqué de dégâts visibles.

2.2 Techniques culturales et conduite de la culture

Avant le semis, un labour profond suivi par deux recroisements, qui ont eu lieu respectivement avec le canadien et l'offset, ont été réalisés en octobre. Les graines ayant une faculté germinative de 97.5% sont semées le 26/11/2012 par un semoir de précision, avec une dose moyenne de l'ordre de 85grammes par parcelle élémentaire de 5 m² qui est l'équivalent de 170 kg/ha L'engrais azoté utilisé est le nitrate d'ammonium 33.5 %. Les besoins en engrais azoté ont été estimés sur la base d'un rendement objectif de 25 quintaux / ha et prélèvement de 3 Kg de N pour produire un quintal de grains, soit l'équivalent 2.5 quintaux de nitrate d'ammonium / ha (≈ 75 unités / ha)

2.3 Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental adopté est un modèle en blocs complètement randomisés avec trois répétitions.

Les traitements utilisés sont :

T₀ : Témoin (Aucun apport de nitrate d'ammonium).

T₁ : Apport en deux fractions (1/2 à la levée et 1/2 au tallage).

T₂ : Apport en trois fractions (1/3 à la levée, 1/3 au tallage et 1/3 à la montaison).

T₃ : Apport en une seule fois (au stade montaison).

2.4 Paramètres étudiés

Pour éviter l'effet de bordure, trois lignes centrales de chaque traitement ont été retenues pour déterminer tous les paramètres considérés dans cette étude.

- **Hauteur de la plante** : a été déterminée en choisissant dans chaque bloc, dix plantes au hasard de chaque traitement sont mesurées de la base du collet jusqu'au bout de la barbe, ont servi pour la détermination de la hauteur moyenne par plante.

- **Longueur de l'épi** : La longueur moyenne des épis, y comprise la barbe a été déterminée à partir de dix plantes prises au hasard. Cette mesure a été faite en tenant compte de la barbe.

- **Nombre de grains par épi** : Les épis de chaque parcelle récoltée sont battus individuellement, puis le nombre de grains est reporté au m². La quantité de grains par épi est déduite par calcul (nombre total de grains par m² / nombre d'épis par m²). Ce paramètre a été mesuré sur 10 épis pris au hasard. Après battage manuel le nombre total de grains est compté pour déduire la moyenne par épi.

- **Le poids de mille grains** : trois échantillons de 1000 grains prélevés de la récolte de chaque parcelle élémentaire sont pesés séparément, pour en déduire les PMG des traitements dans chaque bloc.

- **Le rendement** : Les rendements en grains considérés sont ceux réellement obtenus à partir trois lignes centrales de chaque parcelle. La biomasse totale produite est pesée, juste après le fauchage des plantes entières. Après le battage, les grains obtenus sont pesés et leur quantité est reportée au m². Le rendement en « paille » est déduit par calcul. Il représente la différence entre la biomasse totale et le poids de grains produit par l'unité de surface.

- **La teneur en protéines des grains et de la paille** Au niveau de chaque bloc, cinq échantillons de grains et cinq autres de paille sont utilisés pour la détermination du pourcentage d'azote par la méthode de Kjeldhal. Le % de protéines est déterminé par la formule **MAT (%) = N (%) * 6.25** (Majdoub *et al*, 1994).

- **La teneur en acides aminés des protéines des grains** : Le dosage des acides aminés a été déterminé moyennant la chromatographie en phase liquide à haute performance (HPLC). Le principe de séparation repose sur l'interaction des solutés entre deux phases non miscibles : la phase stationnaire la phase mobile (Caude et Jardy, 1996).

2.5 Analyse statistique :

L'analyse statistique a été réalisée avec les logiciels SAS (SAS 2001). Elle est basée sur l'analyse de la variance (ANOVA) à un seul facteur (modalités de fractionnement de l'azote) pour une culture de blé dur. Au terme de cette analyse, pour tout effet principal significatif, les moyennes ont été comparées en utilisant le test DUNCAN avec un seuil de signification de 5%.

3. Résultats et discussion

3.1 Effet du fractionnement de la fumure azotée sur la production de la biomasse aérienne

D'après les analyses statistiques, l'effet du fractionnement d'azote sur la production de matière sèche aérienne n'était pas significatif, mais l'apport d'azote indépendamment de la modalité de fractionnement a amélioré la hauteur de la plante (P= 0.001). En effet l'apport de 75 unités d'azote/ha lorsqu'il est réparti en 2 ou en 3 apports tend à donner les hauteurs les plus élevées. Un seul apport d'azote a donné des plantes plus courtes (figure 1) conduisant ainsi au rendement en paille plus faible (figure 2). Les parcelles conduites avec une fertilisation fractionnée en 2 et en 3 fois, ont donné des plantes plus développées (71.4 cm avec T2 et 75.7 cm avec T1) et par conséquence un rendement biomasse aérienne plus important (1.5 Tonnes/ha avec T2 et 1.63 Tonnes/ha avec T1).

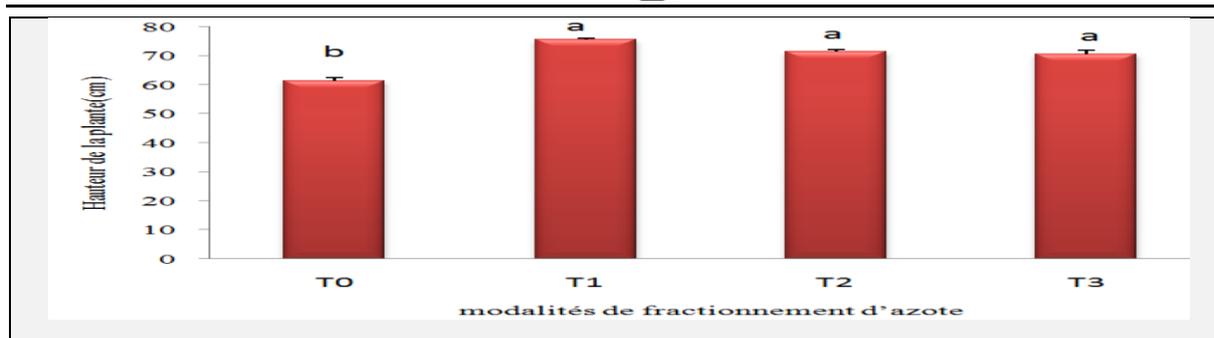


Figure 1 : Variation de la hauteur de la plante en fonction des modalités de fractionnement d'azote (T0= Aucun apport, T1 = Apport en deux fractions, T2= Apport en trois fractions, T3 Apport en une seule fois) les moyennes suivies par différentes lettres sont significativement différentes ($p < 0.05$)

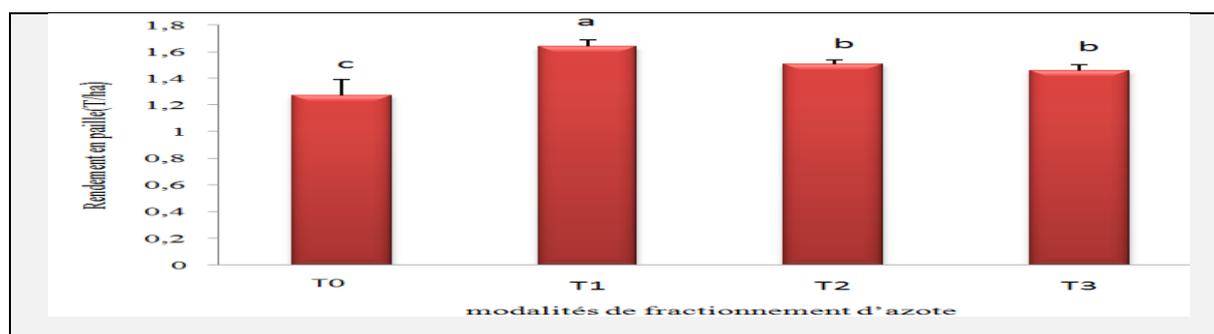
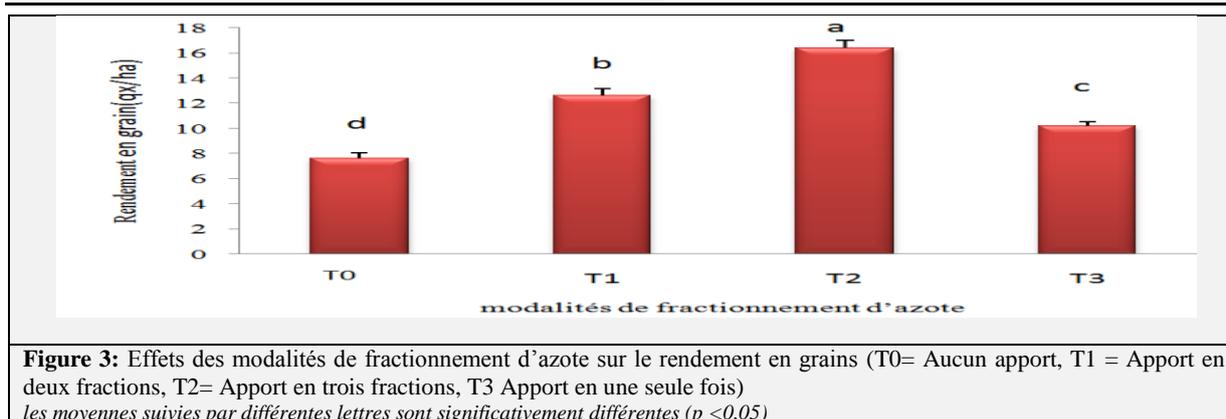


Figure 2 : Effets des modalités de fractionnement d'azote sur le rendement en paille (T0= Aucun apport, T1 = Apport en deux fractions, T2= Apport en trois fractions, T3 Apport en une seule fois) les moyennes suivies par différentes lettres sont significativement différentes ($p < 0.05$)

L'effet positif de la fumure azotée sur la biomasse aérienne mis en évidence dans la présente étude confirme le rôle bien connu de l'azote dans l'amélioration de la production de matière sèche chez le blé. En effet la biomasse sèche résulte principalement de la conversion du rayonnement lors de la photosynthèse dont le déroulement est influencé par l'azote. Le potentiel de conversion du rayonnement en biomasse varie avec les stades phénologiques de la culture (Girard 1997) puisque chaque stade a ses propres besoins en azote ce qui suggère un fractionnement de la fumure azotée. On a pu mettre en évidence l'importance du fractionnement de l'azote entre la levée et le tallage sur la production de matière sèche aérienne. Nos conclusions vont dans le même sens que celles de Ehdiaie et Waines (2001) déduites de la comparaison des effets de la variation des dates de semis et de la fertilisation azotée sur la production de matière sèche chez cinq génotypes de blé dur. Basit et al (2005) ont trouvé que la fertilisation azotée a amélioré la hauteur du blé tendre, cependant le mode de fractionnement n'avait pas un effet significatif sur ce paramètre.

3.2 Effet du fractionnement de la fumure azotée sur le rendement en grains

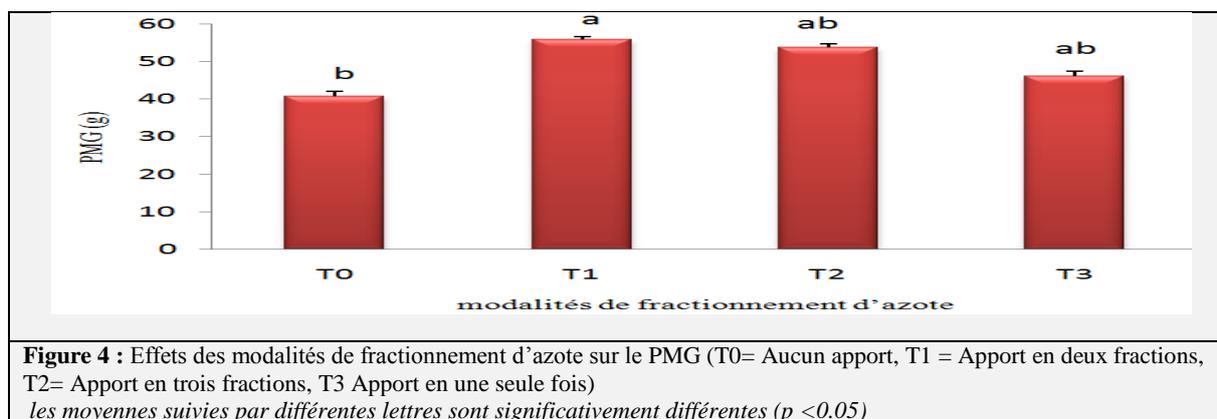
L'analyse des données relatives au potentiel de production en grains en fonction de la modalité de fractionnement de l'azote a révélé des différences hautement significatives ($P= 0.0001$) entre les traitements. Les meilleurs résultats ont été obtenus avec la modalité T₂ (16.37 qx/ha). Cependant de grands écarts dans l'efficacité des différents traitements ont été enregistrés. En fait le rendement en grains passe de 7.63 qx/ha sans azote à 10.18 qx/ha pour un seul apport, 12.61 pour 2 apports et à 16.37 qx/ha pour trois apports. L'intérêt de la répartition de la fumure azotée en plusieurs apports peut être expliqué par le fait que son application couvre les besoins en azote des 3 stades végétatifs critiques du blé (figure 3). Ces résultats ont été également démontré par López-Bellido et al. (2005) qui ont travaillé sur la réponse d'une variété de blé tendre à une fertilisation azotée appliquée en 1 ; 2 et 3 apports. Robert et al. (2005) sont parvenus également à la même conclusion. Wang et al (2013) ont trouvé que la fertilisation azotée en doses croissantes a permis d'améliorer significativement le rendement en grain du blé et ont peut expliqué ceci par un bon développement racinaire du blé suite à une fertilisation azotée.



3.3 Effet du fractionnement de la fumure azotée sur la qualité de la production

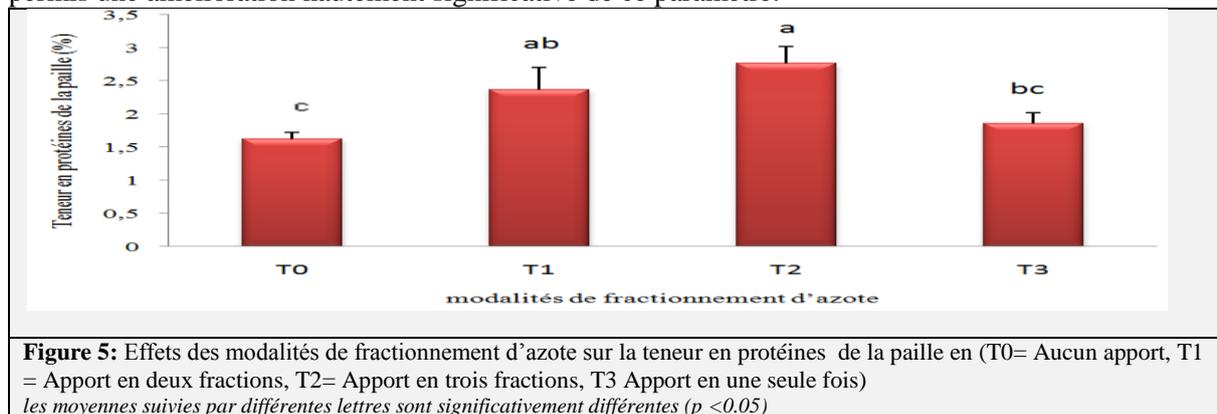
3.3.1 Effet sur le poids de 1000 grains

L'étude de l'évolution du poids de 1000 grains en fonction de la modalité de fractionnement du nitrate d'ammonium (Figure 4) a montré que cette composante répond positivement à la fertilisation azotée. En comparaison avec la fertilisation réalisée en une seule fois le fractionnement de la fumure azotée favorise le PMG mais d'une manière non significative ($P= 0.1$). En effet un seul apport de la fumure azotée à la montaison produit le PMG le plus faible (46.16 g), alors que le PMG le plus élevé est obtenu avec deux apports (PMG=56g) peu différent de celui en 3 apports (53.75g). L'épandage d'une fraction ou bien de toute la dose de nitrate d'ammonium au stade montaison contribue à la réduction du poids de 1000 grains. Un résultat similaire a été observé par Mossedeq et Smith (1994) qui ont montré qu'un apport tardif d'azote augmente le nombre d'épis/m² mais réduit le poids de 1000 grains. Mandic et al (2015) ont montré que la fertilisation azotée a permis d'améliorer le PMG du blé.



3.3.2 Effet sur la teneur en protéines de la paille

La teneur en protéines des pailles dépend également du mode d'apport des besoins en engrais azotés. Les analyses statistiques montrent que les modalités de fractionnement de l'azote (T1, T2, T3) ont permis une amélioration hautement significative de ce paramètre.



3.3.3 Effet sur la teneur en protéines du grain

Les résultats relatifs à la teneur en protéines des grains produits (figure 6) révèlent que le fractionnement de la fumure azotée a enrichi significativement le grain en protéines. En effet l'apport de 75 unités d'azote en trois fractions (T2) a amplement amélioré le taux de protéines comparativement à l'apport de la même dose d'azote en deux fractions (T1) et les taux de protéines étaient respectivement de 15.34 et 13.45 %

En analysant les données relatives à la teneur en protéines du grain produit, on constate que le fractionnement de la fumure azotée enrichie significativement le grain en protéines. En effet, la modalité tripartite (T2) est plus enrichissante que celle bipartite (T1). Son grain contient 15.34% contre 13.45% pour l'option à 2 apports. Par contre une fertilisation en un seul apport (T3) produit un grain moins riche en protéines totales (12.65%).

L'engrais azoté est d'autant mieux valorisé qu'il est apporté en 2 ou mieux en 3 apports ce qui permet à la culture du blé une meilleure absorption de l'azote et donc la production d'un grain plus riche en protéines. Avec ces résultats nous rejoignons d'autres auteurs comme Farrer et al (2006) qui ont montré que le fractionnement de la dose d'azote améliore le taux protéique du blé jusqu'à 51.4%. En 2004 Clark et Ellsworth ont également mis en évidence l'importance de réserver un troisième apport d'azote à un stade tardif pour l'enrichissement en protéines de la biomasse et du grain.

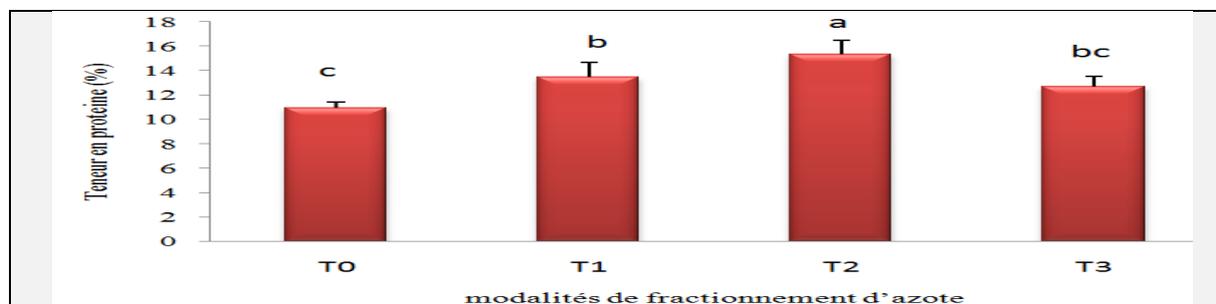


Figure 6: Comparaison des de la teneur du grain en protéines en fonction des modalités de fractionnement d'azote (T0= Aucun apport, T1 = Apport en deux fractions, T2= Apport en trois fractions, T3 Apport en une seule fois)
les moyennes suivies par différentes lettres sont significativement différentes ($p < 0.05$)

3.3.4 Effet sur la teneur en acides aminés

Comparativement au blé qui a reçu une fertilisation azotée, le blé conduit sans apport d'azote produit un grain significativement plus riche en acides aminés. Pour tous les acides aminés analysés, la fumure groupée est généralement plus efficace que celle fractionnée à l'exception de l'alanine. En fait, la teneur en acides aminés du grain de blé dur, diminue progressivement avec le nombre de fractions des besoins azotées (tableau 1).

Ces résultats, associés avec ceux relatifs aux teneurs en protéines, montrent que l'accroissement du taux de protéines, sous l'effet de la fumure azotée, est accompagné d'une baisse de la teneur en acides aminés. De nombreuses études citées par Finesilver et al. (1989) montrent que les fortes applications d'azote pourraient faire augmenter la concentration des protéines brutes dans les végétaux mais également diminuer la valeur nutritionnelle de ces protéines (moins d'acides aminés indispensables « AAI »). Dans le même ordre d'idées, Wang et al. (1998) arrivent à ces mêmes conclusions sur du riz rapportant que les acides aminés libres, l'acide glutamique, la glutamine et l'asparagine sont significativement plus concentrés dans le riz biologique (ayant une faible concentration en azote). Dubtez et Gardiner (1979) rapportent qu'en général l'acide glutamique, la proline, la phénylalanine, la cystine, la méthionine, la tyrosine augmentent et que la lysine, l'histidine, l'arginine, l'acide aspartique, la thréonine, la glycine, la valine et la leucine diminuent après l'application d'une ou de deux formes d'azote durant différents stades et il a trouvé également que la date d'application de l'engrais peut influencer les teneurs de certains acides aminés dans la graine, une étude conduite par Dubetz et al (1979) montre que les concentrations de glutamate, proline et phénylalanine du grain se sont accrues, alors que celles de thréonine, serine, glycine, alanine et valine ont diminué avec les trois ou quatre premiers accroissements de l'apport azoté. L'augmentation de la teneur azotée du grain a abaissé les concentrations d'albumine, de globuline et de gluténine 2 et relevé celles de gliadine et de gluténine 1. Les diverses fractions protéiques ont différé par leur composition en acides aminés, mais la fumure azotée n'a pas influé significativement sur celle des fractions individuelles.

Tableau 1 : Composition en acides aminés (en mg/kg) de la farine issue de la variété de blé dur conduite sans et avec apport d'azote (T0= Aucun apport, T1 = Apport en deux fractions, T2= Apport en trois fractions, T3 Apport en une seule fois)

Modalités de fractionnement d'azote	T0	T1	T2	T3
Acide aspartique	44.35a	27.33 c	25.92 c	37.66 b
Acide glutamique	315.48a	228.57c	187.32d	286.55b
Serine+ Histidine+Glutamine	123.10 a	87.21c	64.64d	113.47b
Arginine +Glycine+Thréonine	290a	226.88 b	191.70c	265.65ab
Alanine	13.89b	10.47bc	24.59a	10.90bc
Valine+méthionine	2.97 a	0.003 c	0.001 c	1.38 b
Lysine	11.08a	5.41bc	4.02c	8.68b
Tyrosine	192.45 a	91.26 c	18.97d	120.46 b
Phénylalanine	25.45a	17.24b	11.89c	23.36a
Isoleucine	28.93a	20.29b	14.02c	25.03ab
Leucine	81.90 a	56.87c	43.48d	72.26b

Dans la même ligne les moyennes suivies par différentes lettres sont significativement différentes ($p < 0.05$)

4. Conclusion

Cette étude a pour objectif d'apporter un regard croisé sur les différents rôles que peut jouer la fertilisation azotée dans l'amélioration qualitative et quantitative de la production du blé dur dans le semi-aride tunisien. La variété locale Maali prise comme modèle d'optimisation répond assez bien à la variation des modalités d'apport de cet engrais. Les résultats présentés ont prouvé que le recours à la fertilisation azotée demeure une source d'amélioration de la culture des céréales non négligeable, même en conditions semi-arides. L'analyse des résultats révèle que la formule actuellement pratiquée par les agriculteurs (50% à la levée et 50% au tallage) dans les régions semi-arides, limite aussi bien le rendement en grains que la qualité des productions obtenues (grains et paille) excepté le PMG qui a été amélioré. L'application de la même dose (75 unités d'N) en trois fractions (1/3 à la levée, 1/3 au tallage et 1/3 à la montaison) présente à la fois des possibilités réelles d'améliorer la qualité des grains et une sécurité suffisante à l'égard du rendement en grains.

Cette étude a montré en outre que si l'application d'azote pourrait faire augmenter la concentration des protéines dans les grains du blé dur, elle diminue la valeur nutritionnelle de ces protéines (moins d'acides aminés). En effet les parcelles qui n'ont pas reçu d'apport d'azote (témoin) ont donné des grains plus riches en acides aminés, toutefois plus on augmente le nombre de fraction d'azote les quantités d'acides aminés dans la graine diminuent.

5. Références

- Abdul Basit, Muhammad Iqbal Faisal, Akhtar Gul, A.K Jaffar and Nazir Ahmed. (2005).** Studies into Nitrogen use efficiency in weed (*Triticum aestivum* L.) by split application at different growth stages. *J.App.Em 1* (2) 39-42 July 2005
- Altman D.W., W.L. Mc Cuiston and W.E. Kronstad. (1983).** Grain Protein Percentage, Kernel Hardness, and grain yield of winter wheat with foliar applied urea. *Agron. J.* vol.75, n°1 :87-93
- Bajji M., 1999.** Étude des mécanismes de résistance au stress hydrique chez le blé dur : caractérisation de cultivars différant par leurs niveaux de résistance à la sécheresse et de variants somaclonaux sélectionnés In vitro. Thèse de doctorat. Univ .Louvain.
- Caude et Jardy, (1996).** Méthodes chromatographiques-introduction. *Techniques de l'Ingénieur. TA1.*
- Clark, L. J. and Ellsworth K. F. (2004).** Durum wheat response to nitrogen fertilization at Safford Agricultural Center. A College of Agriculture and Life Sciences Report. The University of Arizona, Tucson, AZ. Series P-135, pp: 34 – 37.
- Dhaliwal L.S. (1994).** Inheritance of grain protein content in two high-protein lines of wheat. *Rachis*, vol. 13 n°1/2: 34-37
- Ehdaie B., Waines J. G. (2001).** Sowing date and nitrogen rate effects on dry matter and nitrogen partitioning in bread and durum wheat. *Field Crops Research*, 73: 47 – 61.
- Farrer Dianne C.Weisz Randy, Heiniger Ronnie, Murphy Paul J., and White Jeffrey G. (2006).** Minimizing protein variability in soft red winter wheat : Impact of nitrogen application timing and rate. *Agronomy Journal*, 98: 1137 – 1145.
- Finesilver T., Johns T. & Hill S. B. (1989).** Comparison of food quality of organically versus conventionally grown plant foods, a review. *Ecological Agriculture Projects*, Mc Gill University (Mandonald Campus), Quebec, Canada. Report, 45p.

- Girard M. L. (1997).** Modélisation de l'accumulation de biomasse dans les grains de blé tendre d'hiver (*Triticum aestivum* L.) ; simulation de la teneur en protéines à la récolte. Thèse de doctorat, INA – PG, Paris 96p.
- Jun Wang, Wen-Zhao Liu, Ting-Hui Dang, et Upendra M. Sainju. (2013).** Nitrogen Fertilization Effect on Soil Water and Wheat Yield in the Chinese Loess Plateau. *Agronomy Journal* Agronomy journal 105(1):143-149: 2013
- Justes E. (1993).** Diagnostic de la nutrition azotée du blé, à partir de la teneur en nitrate de la base de la tige. Application au raisonnement de la fertilisation. Thèse Doc. INA - PG, 227p.
- Limaux, F. (1999).** Modélisation des besoins du blé en azote, de la fourniture du sol et de l'utilisation de l'engrais. application au raisonnement de la fertilisation en Lorraine. Thèse, Institut National Polytechnique de Lorraine 178 pp.
- López-Bellido L., López-Bellido R.J., Castillo J.E., López-Bellido F.J. (2001).** Effects of long-term tillage, crop rotation and nitrogen fertilization on bread-making quality of hard red spring wheat. *Field Crops Research* 72:197-210.
- Mahmoud A., A.S. Abry and M. Jadullah. (1987).** Two new wheat varieties in Oman. *Rachis*, vol.6,n°2: 45-46.
- Majdoub A., Mehouchi M., Yahyaoui A. et Rahmani L. (1994).** Chemical composition and nutritive value of three Barley cultivars Grown Under the semi-arid conditions of northwestern Tunisia. *Rachis*, vol. 13(1/2): 15-19.
- PNUD (2006) :** Programme d'action régional de lutte contre la désertification du gouvernorat du Kef, Mars 2006 110 pp
- Robert J. Kratochvil, Harrison Michael R., Pearce Justin T., Conover Kevin J., and Sultenfuss Mark. (2005).** Nitrogen management for mid-atlantic hard red winter wheat production. *Agronomy Journal*, 97: 257 – 264.
- S. Dubetz, E. E. Gardiner, D. Flynn, et A. Ian De La Roche., (1979).** Effect of nitrogen fertilizer on nitrogen fractions and amino acid composition of spring wheat. *Can. J. plant sci.* 59: 299-305
- S. Dubetz, E. E. Gardiner. (1979).** Effect of nitrogen fertilizer treatments on the amino acid composition of Neepawa wheat. *The American association of cereal chemists*.vol 56 no 3:166-168
- SAS Institute, (2001).** SAS/STAT Software. Release 8.2. SAS Institute, Cary, NC.
- Slama A., Ben Salem M., Ben Naceur M. et Zid E.D. (2005).** Les céréales en Tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance. Institut national de la recherche agronomique de Tunisie (Inrat). Univ. Elmanar. Tunisie.
- Slama A., Ben Salem M., Ben Naceur M. et Zid E.D. (2005).** Les céréales en Tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance. Institut national de la recherche agronomique de Tunisie (Inrat). Univ. Elmanar. Tunisie.
- Violeta Mandic, Vesna Krnjaja, Zorica Tomic, Zorica Bijelic, Aleksandar Simic, Dragana Ruzic Muslic, et Marija Gogic. (2015).** Nitrogen fertilizer influence on wheat yield and use efficiency under different environmental conditions. *Chilean J. Agric. Res.* vol.75 no.1 Chillán mar. 2015
- Wang G. Y., Abe T. & Sasahara T. (1998).** Concentrations of grains of rice (*Oryza sativa* L.) cultivated under organic and customary farming practices. *Japanese journal of crop science*, 67 :(3), P307-311.