II. RESULTATS

ET

DISCUSSION

Huit génotypes seulement de blé dur (Bousselam, Waha et Mohamed Ben Bachir, setifi, megres, manssoura, massinissa, Gtadur), cultivés en zone semi-aride ont été étudiés sous l'effet de trois différents régimes azotés avec le témoin (non fertilité =0) afin de déceler leur efficience d'utilisation de l'azote. Deux parties seront étudiées:

 La première partie concerne l'étude des caractères agronomiques (matière sèche totale et le rendement en grains et ses composantes) chez les 08 variétés, sous les 03 régimes azotés, au niveau de sites (ITGC).

 La deuxième partie concerne l'étude des caractères morphologiques (hauteur et surface Foliaire) des huit variétés, sous les trois régimes azotés avec le témoin, au niveau du site (ITGC).

IV.1.Effet de fertilisation azote sur le blé dur

IV.1.1.Paramètres morphologiques

Les valeurs moyennes de la hauteur (HT) et de la surface foliaire (SF)avec leurs interprétations statistiques sont mentionnées dans le tableau ci-dessous (Tableau 11).

Tableau.11 Moyennes et résultats de l'analyse de la variance de la hauteur (HT) et la surface foliaire (SF).

		HT (cm)	***SF (mm^2)***
Effet variété (V)	***V1=Bousselam***	72.64^{B}	4004.24^{CD}
	V2 =Waha	70.66^{B}	4272.14^{BC}
	V3 =MBB	82.03^{A}	4824.03^{A}
	V4 =Sétifis	72.22^{B}	3806.73^{ED}
	V5 =Megress	65.59^{B}	4081.77^{BCD}
	V6 =Manssoura	68.57^{B}	3945.45^{ECD}
	V7 =Massinissa	73.70^{AB}	4448.85^{AB}
	V8= Gtadur	71.94^{B}	3571.07^{E}
Test F	***P***	**0.0454***	**0.0001*****
Effet dose (D)	**N0=0**	75.00^{A}	3906.85^{B}
	N1=40	71.72^{A}	4123.87^{AB}
	N2=80	73.30^{A}	4300.74^{A}
	N3=120	68.65^{A}	4145.68^{AB}
Test F	***P***	**0.2436 ^{NS}**	**0.087***
V x D	***P***	**0.3554^{NS}**	**0.0778***
	CV (%)	**15.36%**	**12.74 %**

HT : Hauteur de la plante (cm), SF: Surface foliaire (:mm2), NS= Valeur non significative, *Valeur significative à P < 0.05, ** Valeur hautement significative à P < 0.01, *** Valeur très hautement significatif à P<0.000, CV% : Coefficient de variation.

IV.1.1.1.Hauteur de la plante

Les résultats de l'analyse de la variance montrent qu'il existe des différences significatives entre les variétés. L'effet dose et l'interaction variété x doses n'ont pas présentés de différences significatives sur la hauteur (tableau 11, figure 14).

La comparaison des moyennes au seuil 5% met en évidence 2 groupes homogènes, groupe A (MBB : 82.03 cm), groupe B (Bousselam, waha, Sétifis, Megres, Mansoura et Gtadur) et un chevauchement des groupes AB pour la variété Massinissa.

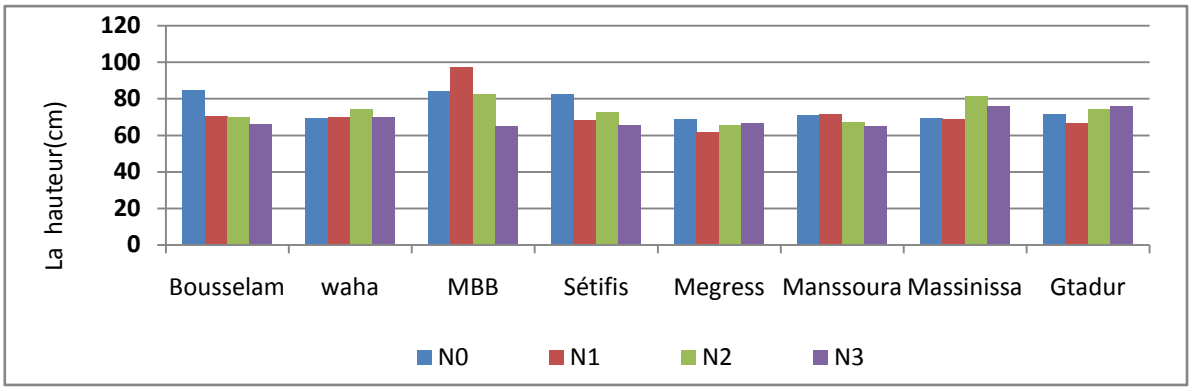


Figure 14 : La hauteur de la plante des 08 variétés de blé dur soumises à des doses croissantes d'azote. (V1 : Bousselam, V2 : ….)

La hauteur de la plante est un caractère morphologique qui semble différer d'un génotype à l'autre et est très liée aux conditions du milieu .La dose d'azote influe de manière significative sur la morphologie de la plante, elle agit sur la taille du blé en favorisant l'allongement des entre nœuds, surtout ceux se trouvant à la base (GROS, 1979). BELLOULA (1981) a noté que la croissance de la partie végétative augmente avec l'apport d'azote. Ce qui n'est pas les cas dans notre essai.

Par ailleurs la réponse décroissante de la hauteur de la plante face aux doses croissantes d'azote peut être expliquée par la loi des accroissements moins que proportionnels de Mitscherlich (1919) cité par plusieurs auteurs, qui renvoi cette réponse à l'interaction avec d'autres facteurs à savoir la densité, le mode et la date d'apport, la sécheresse ….

IV.1.1.2.Surface foliaire

Pour la surface foliaire, nous avons remarqué des très hautement significatives entre variétés contrairement à l'effet dose et à l'interaction variété x dose différences significatives (tableau 11-15).

La variété MBB a enregistré la surface la plus élevée (4824.03 mm^2), suivie par Massinissa Waha, Megress et Bousselam qui donnent respectivement une surface foliaire de4448.85mm^2, 4272.14mm^2, 4081.77mm^2, 4004.24mm^2. Les 3 autres variétés Manssoura, Sétifis et Gtadur ont présenté les petites surfaces respectivement : 3945.45mm2, 3806.73mm2 et 3571.07mm2.

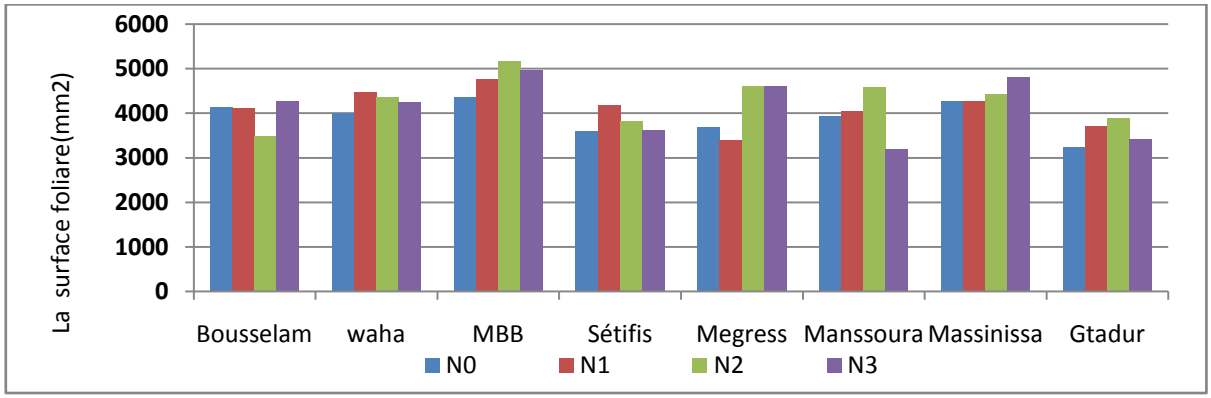


Figure 15 : La surface foliaire chez les 08 variétés de blé dur soumises à des doses croissantes d'azote. (V1 : Bousselam, V2 : ….)

L'effet de l'azote sur la croissance est évident, en effet, MOSALE et al (2000) ont démontré que la surface foliaire est importante à considérer en réponse à l'azote. En effet, et d'après GATE (1995), l'azote est impliqué directement dans la nutrition carbonée et donc il influe directement sur la croissance de la plante, et régule tout d'abord l'établissement de la surface foliaire de la culture. Dans ce contexte, LECLECH (2010) et ADA (2011) ont noté que l'azote par son effet positif sur la croissance a pour conséquence d'augmenter la surface foliaire.

D'après les résultats obtenus, l'accroissement des doses d'azote (0-120 Un/ha) n'a eu aucun effet significatif sur la surface foliaire.

IV.1.2.La matière sèche (paille, épi et totale)

La matière sèche élaborée à maturité revêt une importance considérable dans la région d'étude, où les agriculteurs pratiquent l'association céréaliculture-élevage.

Les valeurs moyennes des quantités de matière sèche de la paille (MSP), des épis (MSE),ainsi que la matière sèche totale accumulée (MST) au stade maturité et leurs significations statistiques sont mentionnées au tableau 12.

Tableau 12 : Moyennes et résultats de l'analyse de la variance de la matière sèche paille, épi et totale.

		MSP (kg/ha)	MSE (kg/ha)	MST (kg/ha)
Effet variété (V)	V1=Bousselam	4388.88^{B}	4097.22^{B}	8486.11^{BC}
	V2 =Waha	4375.00^{B}	4763.88^{A}	9138.88^{AB}
	V3 =MBB	5916.66^{A}	3902.77^{B}	9819.44^{A}
	V4 =Sétifis	3916.66^{BC}	3958.33^{B}	7875.00^{C}
	V5 =Megres	4402.77^{B}	4222.22^{AB}	8625.00^{BC}
	V6 =Manssoura	4555.55^{B}	3847.22^{B}	8402.77^{BC}
	V7 =Massinissa	4486.11^{B}	4819.44^{A}	9305.55^{AB}
	V8= Gtadur	3694.44^{C}	3805.55^{B}	7500.00^{C}
Test F	p	**0.0001*** **	**0.0096** **	**0.0024** **
Effet dose (D)	N0=0	4131.94^{B}	4104.16^{A}	8236.11^{A}
	N1=40	4305.55^{AB}	4291.66^{A}	8597.22^{A}
	N2=80	4743.05^{A}	4222.22^{A}	8965.27^{A}
	N3=120	4687.50^{A}	4090.27^{A}	8777.77^{A}
Test F	p	**0.0325***	**0.7955^{NS}**	**0.3131^{NS}**
V x D	p	**0.6646^{NS}**	**0.5564^{NS}**	**0.4693^{NS}**
	CV (%)	**18.40%**	**19.39%**	**16.00%**

MSP : Matière sèche paille (kg/ha), MSE : Matière sèche épi (kg/ha), MST : Matière sèche totale accumulée (kg/ha). NS= Valeur non significative, *Valeur significative à P < 0.05, ** Valeur hautement significative à P < 0.01, *** Valeur très hautement significatif à P<0.000, CV% : Coefficient de variation.

La biomasse aérienne de la paille a présenté des différences très hautement significatives entre les variétés, des différences significatives de l'effet dose et aucune différences pour l'interaction variété x dose d'azote (tableau 12).

La comparaison des moyennes au seuil 5% met en évidence 3 groupes homogènes : groupe A (MBB), groupe B (Massinissa Bousselam, waha, Megres et Mansoura) et un chevauchement des groupes BC pour la variété Setifis. Ces différences sont illustrées sur la (figure 15.A), où MBB se démarque par la supériorité de la biomasse produite.

Pour la biomasse aérienne des épis, nous avons noté des différences hautement significatives pour l'effet variété et aucune différence de réponse vis-à-vis de l'apport azoté ou encore l'interaction variété x dose d'azote.

La comparaison des moyennes au seuil 5% met en évidence 3 groupes homogènes : groupe A (Wahaet Massinissa), groupe B (Bousselam, MBB, Sétifis, Manssoura et Gtadur), et un chevauchement des groupes AB (Megres). La variété Massinissa s'est distinguée par la forte biomasse

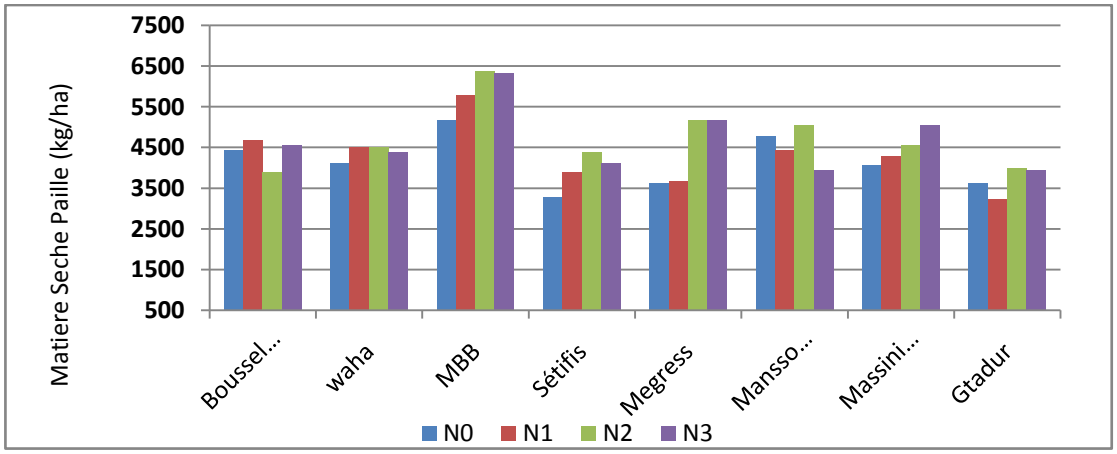
attribuée aux épis avec 4819.44 kg/ha contrairement à Gtadur dont le poids le plus petit avec 3805.55 kg/ha, la figure 15 B). Illustre clairement cette différence.

La biomasse totale (MST) n'a présenté de différences hautement significatives que pour l'effet variété.La variété MBB extériorise significativement la plus forte biomasse totale, avec une moyenne de 9819.44 kg/ha et la variété Gtadur extériorise la plus faible biomasse totale, avec une moyenne de 7500 kg/ha (tableau 12).

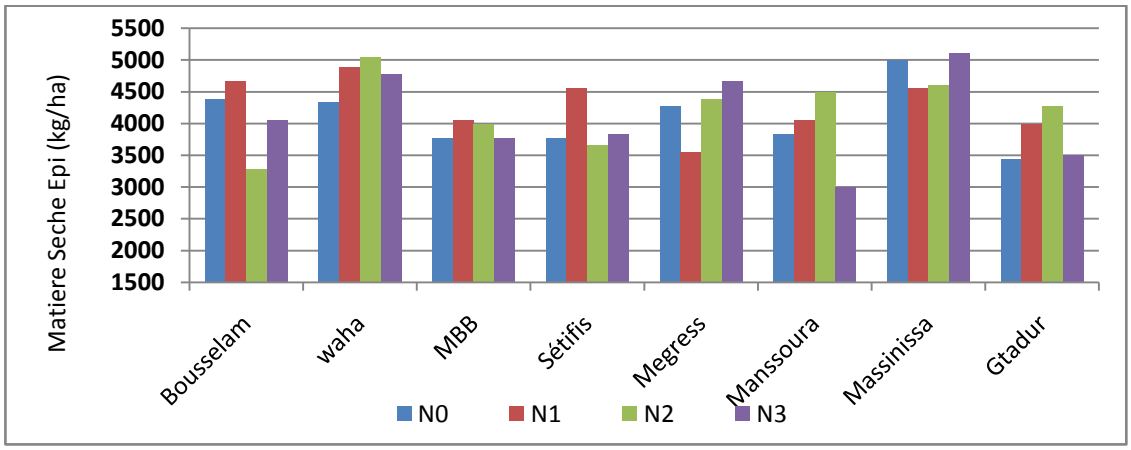
La comparaison des moyennes au seuil 5% met en évidence 2 groupes homogènes : groupe A(MBB), groupe C (Sétifis ; Gtadur) et un chevauchement des groupes BC (Bousselam Manssoura ; Megres) groupes AB (Massinissa ; Waha).

L'illustration des résultats sur la (figure 15.C) montre l'effet positif de la dose d'azote sur la production de biomasse totale des variétés : MBB, Massinissa et Waha. Par ailleurs, on observe une augmentation de la biomasse totale de la variété Megres sous l'effet des doses croissantes d'azote. Par contre, la variété Masnoura a présenté la plus petite biomasse malgré l'apport de dose élevé d'azote.

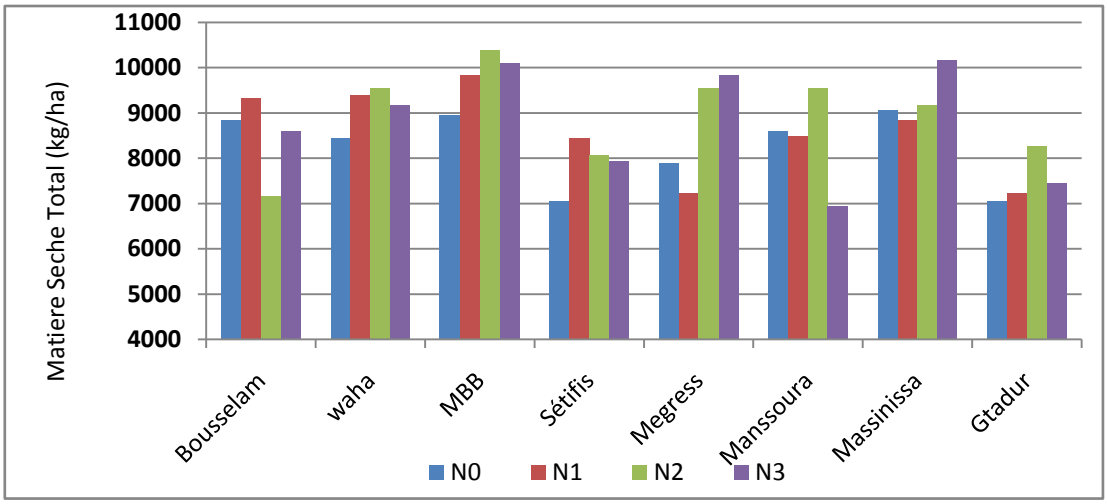
La réponse de la biomasse des variétés de blé dur à l'apport d'azote semble différer d'une variété à une autre. Des variétés telles que MBB, Massinissa et Waha ont répondu favorablement à fertilisation azotée. D'autres variétés n'ont pas été affecté par l'azote et ont maintenu une biomasse assez stable et ceci quel que soit la dose, c'est le cas par exemple de la variété Gtadur.



A



B



C

Figure 16 : Matière sèche totale accumulée chez les 08variétés de blé dur soumises à des doses croissantes d'azote. (A : MSP, B : MSE, C : MST, V1 : Bousselam, V2 : ….)

Selon GATE (1995), pour obtenir une biomasse élevée, il faut mobiliser d'importantes doses d'azote ceci peut expliquer la faible réponse des variétés à l'apport d'azote. D'un autre coté LE GOUIS (2012), affirme que la capacité à absorber l'azote semble être la composante la plus importante pour expliquer des différences de l'efficacité de l'utilisation de l'azote. Cette capacité peut être en partie expliquée par des différences d'architecture ou de fonctionnement du système racinaire pour son efficacité à prélever l'azote du sol.

IV.1.3.Les composantes du rendement ET le rendement

Les valeurs moyennes de rendement et ses composantes avec leurs interprétations statistiques sont consignées dans le tableau ci-dessous (Tableau 13).

Tableau 13 : Moyennes et résultats de l'analyse de la variance de rendement et ses composantes.

		Rdt (kg/ha)	Epis/m2	Grains/m2	Grains/épi	PMG (g)	HI
Effet variété (V)	***V1=Bousselam***	2392،162^{C}	271.11^{B}	6611.46^{DCE}	25.68^{BC}	39.00^{AB}	29.86^{BA}
	2 =Waha	3069.44^{AB}	313.33^{A}	8714.31^{A}	28.79^{BA}	35.66^{DC}	33.56^{A}
	V3 =MBB	2444.44^{C}	271.38^{B}	6105.14^{DCE}	23.95^{BC}	40.00^{A}	24.92^{C}
	V4 =Sétifis	2555.55^{BC}	248.05^{BC}	7123.31^{BC}	29.36^{BA}	36.33^{BDC}	32.45^{BA}
	V5 =Megres	3037،06^{AB}	268.05^{BC}	5729.54^{DE}	24.34^{BC}	40.00^{A}	28.62^{BC}
	V6 =Manssoura	2111.11^{C}	286.66^{BA}	5278.47^{E}	19.30^{C}	40.00^{A}	24.86^{C}
	V7 =Massinissa	3152.77^{A}	253.05^{BC}	8194.79^{BA}	32.92^{A}	38.66^{BAC}	33.98^{A}
	V8= Gtadur	2388.88^{C}	228.61^{C}	6773.03^{DC}	30.91^{AB}	35.33^{D}	32.02^{BA}
Test F	***p***	**0.01626***	***0.0068****	***0.0001*****	***0.0075****	***0.0030****	***0.0004****
	N0=0	2708.33^{A}	238.75^{C}	6263.15^{A}	28.27^{A}	43.33^{A}	32.99^{A}
	N1=40	2701.38^{A}	265.13^{BC}	6847.90^{A}	27.37^{A}	39.66^{B}	31.53^{AB}
	N2=80	2548.61^{A}	271.80^{AB}	7030.89^{A}	26.93^{A}	36.00^{C}	28.52^{BC}
	N3=120	2409.72^{A}	294.44^{A}	7123.09^{A}	25.05^{A}	33.50^{D}	27.10^{C}
Test F	***p***	***0.19298^{NS}***	***0.0036****	***0.3038^{NS}***	***0.6286^{NS}***	***0.0001*****	***0.0040****
V x D	***p***	***0.44619***	***0.3812^{NS}***	***0.6566^{NS}***	***0.5535^{NS}***	***0.1454^{NS}***	***0.7382^{NS}***
	CV (%)	***26.94%***	***18.75%***	***24.94%***	***32.37%***	***9.79%***	***19.86%***

Epi/m2 : Nombre d'épis/m2, Grains/m2 : Nombre de grains/m2, Grains/épi : Nombre de grains/épi, PMG : Poids de mille grains, RDT : Rendement grains (MSG), HI : Indice de récolte. NS=Valeur non significative, * Valeur significative à P < 0.05, ** Valeur hautement significative à P <0.01, *** Valeur très hautement significatif à P<0.000, CV% : Coefficient de variation.

IV.1.3.1.La densité de peuplement (nombre de pieds /m²)

La densité de peuplement comptée au stade levée-trois feuilles est représentée dans le (tableau 14).

Tableau 14 : Densité de peuplement des huit (8) variétés de blé dur

	Bousselam	Waha	MBB	Sétifis	Megres	Mansoura	Massinissa	Gtadur
(N0)	348	228	258	276	582	402	288	300
(N1)	354	354	546	390	498	666	534	360
(N2)	204	282	294	210	258	390	174	396
(N3)	456	456	384	330	630	510	516	246

La densité de peuplement a été comptée avant tout apport d'azote. On note des différences entre les parcelles semées, cette variabilité est liée au semoir expérimental.

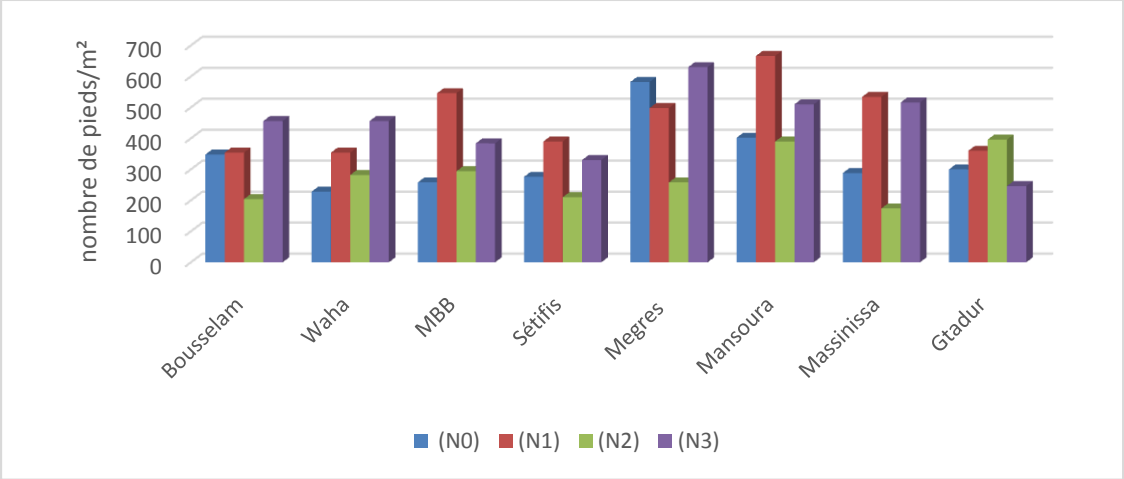


Figure 17 : le nombre de pieds /m² chez les 08 variétés de blé dur soumises à des doses croissantes d'azote. (V1 : Bousselam, V2 : ….)

IV.1.3.2.La densité épi

Le nombre d'épis/m² a présenté des effets hautement significatifs pour l'effet variété et l'effet dose d'azote. L'interaction variété x dose n'a pas présenté des différences significatives (tableau 13).

Nous constatons que le nombre d'épis/m²a été affecté positivement par l'accroissement des doses d'azote. En comparaison avec le témoin (N0), le nombre d'épis/m² augmente avec l'accroissement des doses azotées et passent respectivement dans l'ordre de 238.75 (N0=témoin) à 294.44 épis/m² (N3=120 uN/ha) (Figure 17-18), soit une amélioration de l'ordre de 23,32%.

La variété Megres a présenté le nombre d'épis le plus élevé sous la dose la plus forte (351,11 épis/m²) suivie par Waha pour la dose N0 et N3 (respectivement 305,556 et 336,667 nombre

d'épis/m²). par contre la variété Megres a présenté le plus faible nombre d'épis sans apport d'azote (N0) ce qui explique l'efficacité de la fertilisation azotée sur le tallage épi.

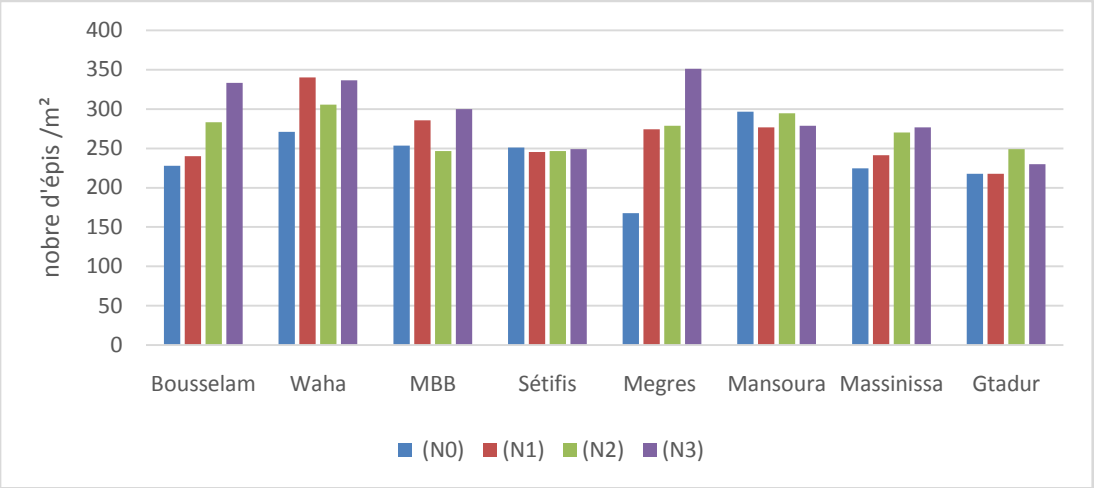


Figure 18: Effet variété sur le nombre de d'épis / m² chez les 08 variétés de blé dur soumises à des doses croissantes d'azote. (V1 : Bousselam, V2 : ….)

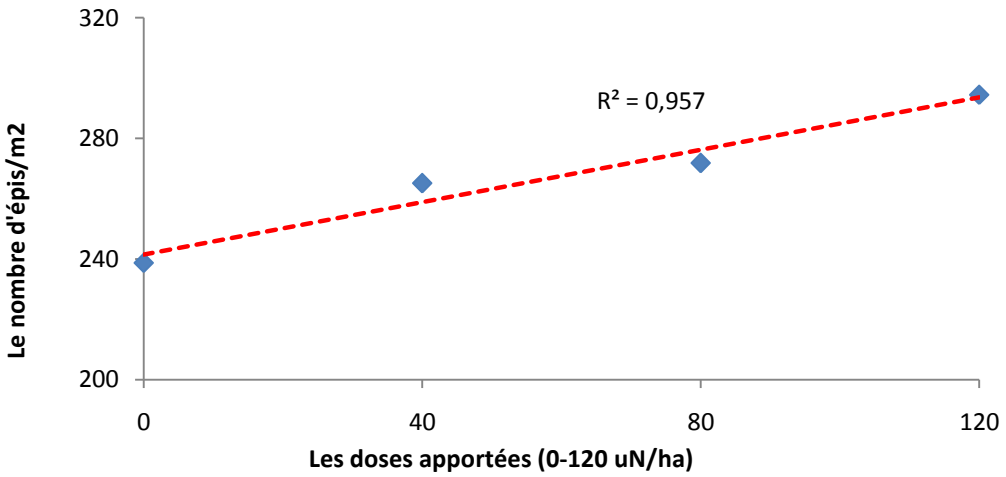


Figure19: Effet des différentes doses d'azote sur le nombre d'épis/m^2 (moyenne de 08 variétés).

GATE (1995), souligne qu'en dehors des facteurs climatiques, l'azote a un effet majeur sur la montée en épi des talles herbacées. Selon SOLTNER (1990), un apport d'azote au tallage à une influence positive sur le nombre d'épis par mètre carré .Par ailleurs, MASSE et VIAUX (1983); notent qu'une alimentation azotée conséquente au stade montaison entraîne une augmentation du nombre d'épis par mètre carré. Ce qui explique les résultats obtenus et l'effet favorable de l'azote sur le nombre de planta/m² étant donné que le premier apport d'azote a été réalisé en phase début montaison.

IV.1.3.3.La fertilité (nombre de grains /épi)

Le nombre de grain par épi a présenté des différences hautement significatives entre variétés. Par contre l'effet dose et l'interaction variété x doses n'a pas présenté de différences significatives (tableau 13).

Les résultats obtenus sont illustrés sur la (figure 19) où on note la grande fertilité de la variété Massinissa et Gtadur qui selon la comparaison de moyennes au seuil 5% on les retrouvé regroupé ensemble (A).

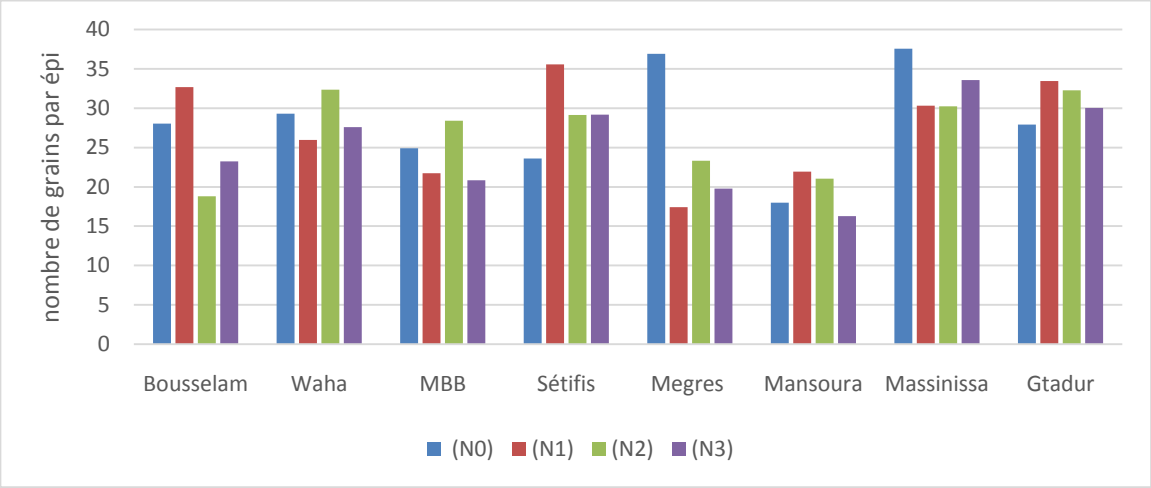


Figure 20 : Effet variété sur le nombre de grains / épi chez les 08 variétés de blé dur soumises à des doses croissantes d'azote. (V1 : Bousselam, V2 : ….)

Les résultats obtenus sont identiques à ceux obtenus par Bentaya (2012) en appliquant trois doses élevées d'azote (150 et 300 u N/ha) sur les variétés MBB, Waha et Bousselam. En effet, cet auteur n'a pas trouvé de différences significatives de l'apport d'azote sur la fertilité.

IV.1.3.4.Poids de mille grains (PMG)

Les résultats de l'analyse de la variance sur le poids de mille grains ont montré qu'il y a une variabilité génotypique hautement significative et par rapport au facteur dose très hautement significative. L'interaction variété x doses n'a pas présenté des différences significatives (tableau 13).

Le PMG le plus élevé est obtenu avec MBB Manssoura et Megre squi ont présente un bon remplissage des grains avec un PMG moyen de 40g. La variété Bousselam se situe dans le second groupe avec un PMG moyen de 39 g. le dernier groupe est représenté par Gtadur avec 35.33g. la figure 21-22 illustre ces différences.

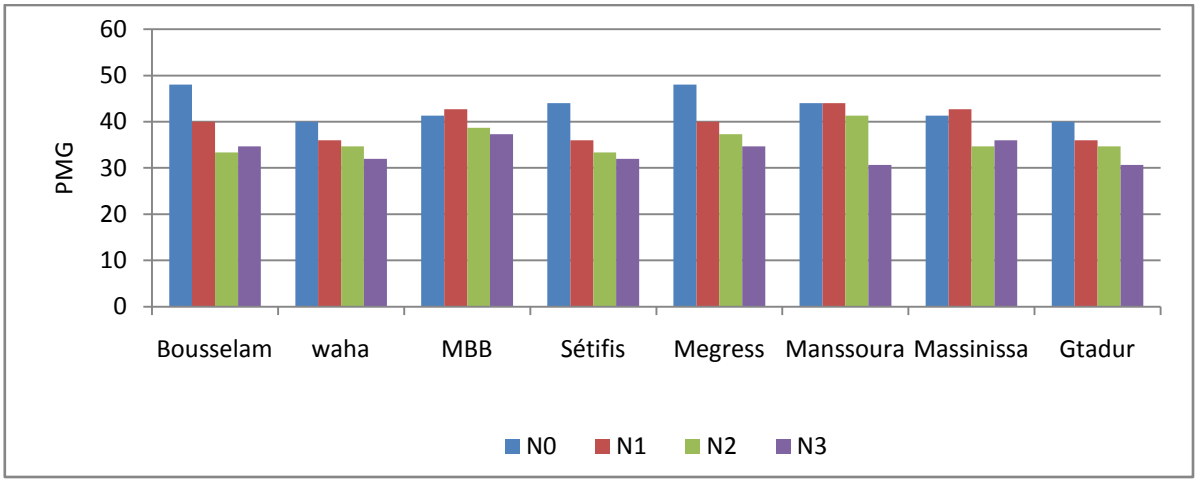


Figure 21 : Effet variété sur le PMG.

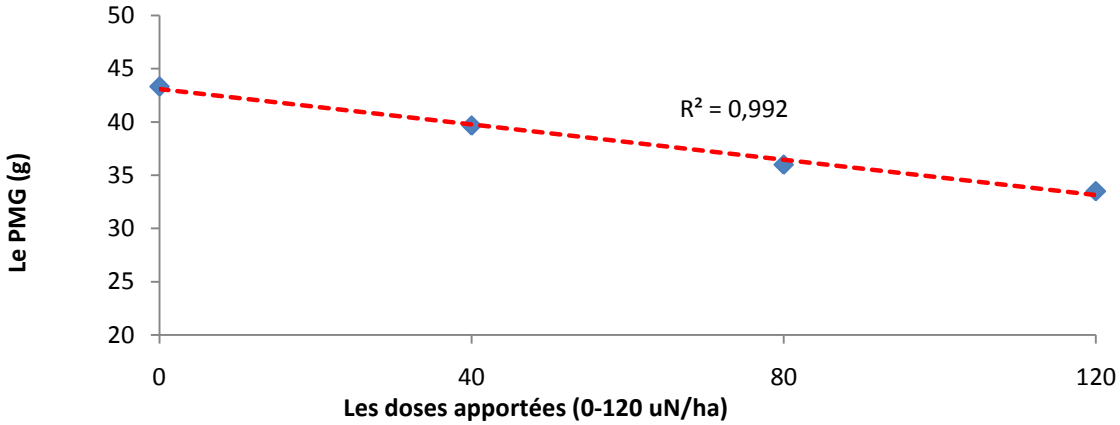


Figure 22: Effet des différentes doses d'azote sur le PMG (moyenne de 08 variétés).

L'accroissement de dose d'azote a contribué à la baisse du PMG chez la majorité des variétés (figure 22).Ce résultat rejoignent ceux de BELLOULA (1981) qui a constaté une baisse du poids de 1000 grains lorsque les doses d'azote augmentaient reliant le fait au développement végétatif au dépens du poids du grain. MOSSEDDAQ et MOUGHLI(1999) ont noté une supériorité significative du témoin non fertilisé (43,33g) par rapport à la dose de (N3=120 uN/ha). Un apport précoce de l'azote entraîne un grand nombre de grains par unité de surface et donc une forte compétition pour les assimilas entre les grains.

Le poids moyen d'un grain se détermine durant la phase de remplissage des grains, après anthèse. L'activité photosynthétique pendant cette période constitue la source principale d'assimilas pour la croissance du grain. Celle-ci dépend beaucoup des conditions du milieu, notamment, les conditions hydriques et la nutrition azotée. En fait, les doses élevées apportées en début de cycle se traduisent par l'élaboration de plus de matière sèche au début du cycle et un faible PMG(MOSSEDDAQ et MOUGHLI, 1999).

La diminution du PMG peut être attribuée au régime hydrique et aux températures élevées au cours de remplissage des grains. En effet selon GATE (1995) ; GATE et GIBAN (2003) ont constaté que des risques d'échaudage peuvent subvenir au printemps lorsque les céréales d'hiver ,rencontre l'élévation brusque de la température ce que ralentit la vitesse de migration des réserves vers le grain. De même LOUÉ (1984) et BATTEN (1992) ont noté que le PMG est fortement influencé par les conditions de nutrition minérale. Cependant, les conditions climatiques influent également sur ce paramètre (GRIGNAC, 1981 ; MEYNARD, 1987et GATE et *al.*, 1996).

IV.1.3.5.L'indice de récolte (HI)

L'effet de la fertilisation azoté sur le blé dur a montré l'existence de différences hautement significatives entre variétés pour la dose d'azote. L'interaction variété x doses n'a pas présenté de différences hautement significatives (tableau 13).

Nous avons constaté la supériorité de l'indice chez les variétés Massinissa et Waha. Les variétés ayant réalisé l'indice de récolte le plus bas sont MBB et Mansoura (figure 23).

L'effet dose à son tour diminue l'indice de récolte au fur et à mesure que la dose d'azote augmente (R^2 = 0,9774) mettant en profit la biomasse par rapport au rendement grains (figure 24).

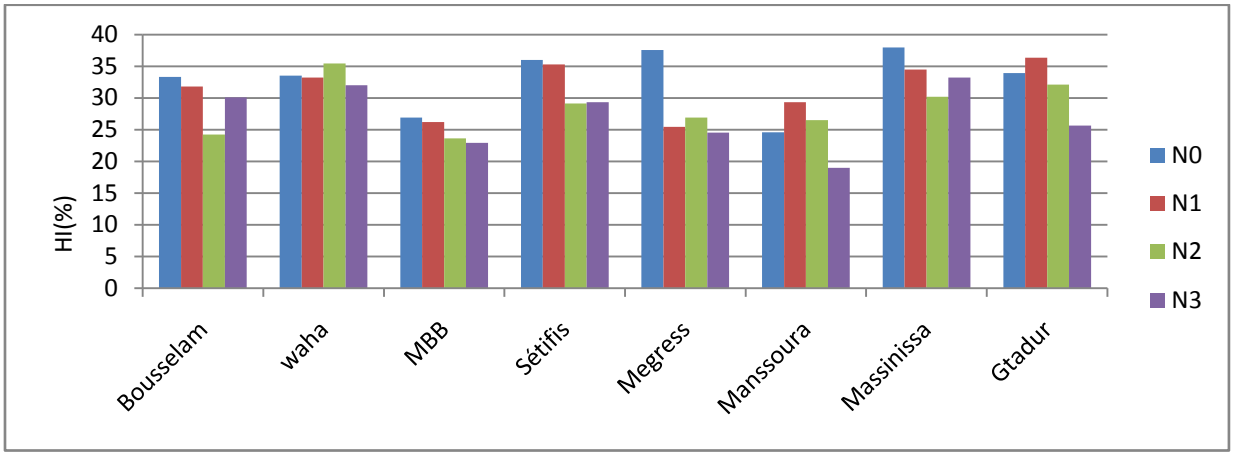


Figure 23 : L'indice de récolte (HI)de 08 variétés de blé dur soumises à des doses croissantes d'azote.

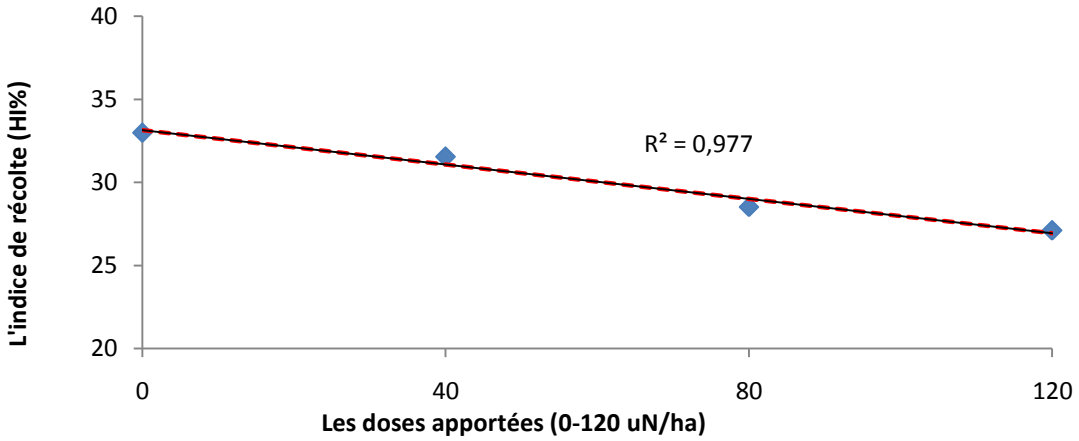


Figure 24: Effet des différentes doses d'azote sur l'indice de récolte HI%(moyenne de 08 variétés).

Les résultats obtenus sont en accord avec ceux de SASSI et al (2012), qui avait montré sur blé dur un faible indice de récolte était dû à un détournement des produits de la photosynthèse vers l'appareil végétatif (tige + racine) au détriment du remplissage des grains. L'accroissement des doses a favorisé l'émission des talles secondaires en augmentant la biomasse aériennes des feuilles et tiges au détriment de la matière sèche grains.

IV.1.3.6.Rendement (kg/ha)

Le rendement en grains a présenté des différences significatives pour l'effet variété et des différences très hautement significatives pour l'interaction variété x doses. L'effet dose n'a pas présenté de différences significatives (Tableau 13).

Les variétés Massinissa et Waha ont donné les meilleurs rendements en grains avec des rendements dépassant 30 q/ha. Par ailleurs l'interaction variété x doses montre n effet positif de l'azote dur les variétés Waha, Mansoura et Gtadur (Figure25).

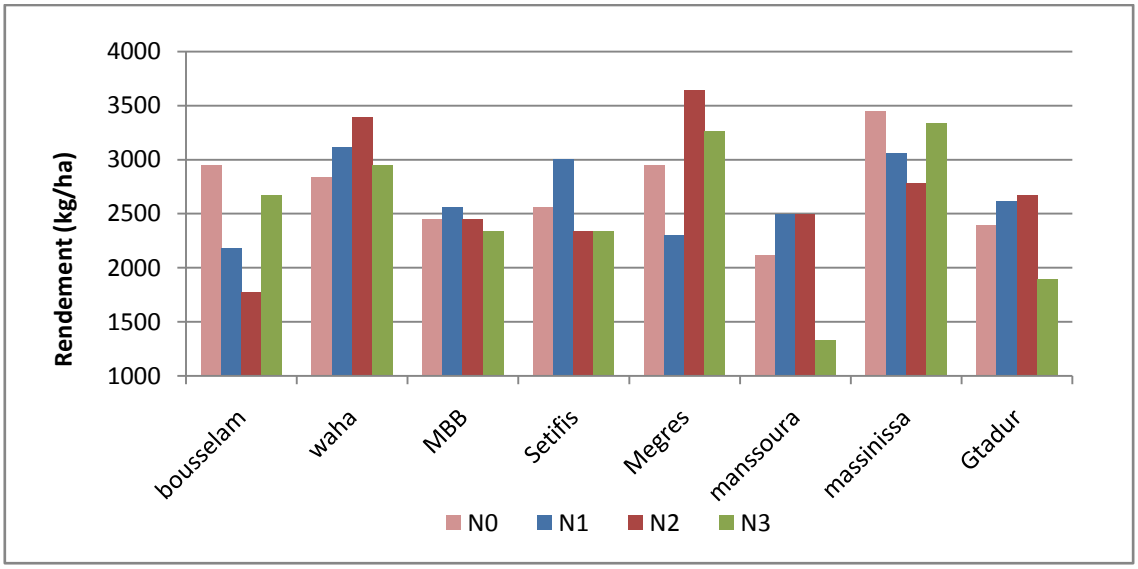


Figure 25: la matière sèche grain (kg/ha)de 08 variétés de blé dur soumises à des doses croissantes d'azote.

Le rendement est lié à plusieurs paramètres à savoir ses composantes. Afin de déterminer leur part dans l'élaboration du rendement nous avons réalisé des corrélations (figure 26)

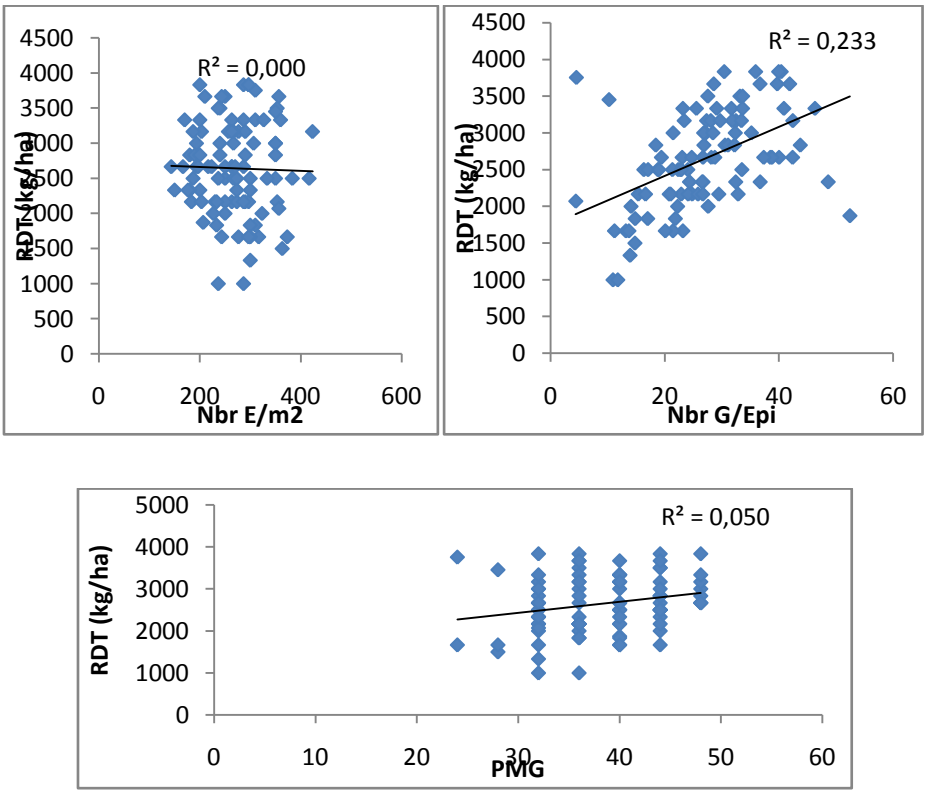


Figure 26: Corrélation du rendement en grains avec le nombre d'épis/m² , le nombre de grains par et épi et le PMG.

Le rendement a été est corrélé positivement avec le nombre de grains par épi (r=0,48*, p<0.05) et le PMG (r=0,22*, p<0.05), par contre aucune corrélation n'a été décelée avec le nombre d'épis/m² (r = -0,006NS, p<0.05). Le rendement du blé dur sous l'effet des doses ascendantes d'azote augmente et ceci par effet de la fertilité et du poids de mille grains (figure 26)

BAHLOULI et *al.* (2008) soulignent que l'expression d'un rendement élevé est associée positivement à un nombre d'épis par m^2, aux nombres de grains par m^2 et de la fertilité des épis mais négativement liée au poids de mille grains. Ce qui est constaté au cours de notre expérimentation.