



Biannual journal, edited by Ferhat ABBAS University, Sétif1

# Agriculture Journal

Homepage: <http://revue-agro.univ-setif.dz/>



## Etude de la variabilité phénotypique de la génération F<sub>7</sub> du blé dur (*Triticum durum* Desf.) en zone semi-arides

Oulmi A<sup>1\*</sup>, Fellahi Z<sup>2</sup>, Mahdaoui W<sup>4</sup>, Semcheddine N<sup>3</sup>, Rabti A<sup>4</sup> et Benmahammed A<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Département de Biologie et d'Ecologie Végétale, FSNV, Laboratoire VRBN, Université Ferhat Abbas Sétif 1, Algérie.

<sup>2</sup>Département d'Agronomie, FSNVSU, Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi BBA, Algérie.

<sup>3</sup>Département d'Agronomie, FSNV, Laboratoire ADPVA, Université Ferhat Abbas Sétif 1, Algérie.

<sup>4</sup>Institut Technique des Grandes Cultures (ITGC), FDPS de Sétif, Algérie.

\* Corresponding author : [oulmi@yahoo.fr](mailto:oulmi@yahoo.fr)

Received: 11 November 2017/ Accepted: 22 December 2017

### Abstract

Durum wheat cultivation in Algeria is confronted with various biotic and abiotic constraints, which make the grain yield very ineffective as a selection criterion due to its low heritability and high genotype x location interactions. The analytical approach suggests the use of the yield-related traits that confer adaptation to the environmental variation. The results of this contribution indicate an appreciable variability noted within the crosses studied for all the variables measured and analyzed. Two lines were selected on the basis of six characters and a third line was identified based on the whole measured traits. These lines combined the best characteristics for adaptation and productivity. Correlation analysis suggested that spikes weight is the most determining factor of grain yield. However, it was strongly influenced by plant height. Thus, the best approach in terms of selection requires fixing this trait in the plant material evaluated and proceeding then to screen it on the basis of spikes weight.

**Keywords:** *Triticum durum*, adaptation, selection, yield, semi-arid.

### Résumé

La culture du blé dur en Algérie est confrontée à diverses contraintes biotiques et abiotiques qui rendent le rendement en grains très peu efficace comme critère de sélection suite à la faible héritabilité et aux interactions génotype x milieux de ce caractère. L'approche analytique suggère l'utilisation des caractères liés au rendement et qui confèrent l'adaptation à la variation environnementale. Les résultats de la présente contribution indiquent une variabilité appréciable notée à l'intérieur des croisements étudiés pour l'ensemble des variables mesurées et analysées. Deux lignées ont été sélectionnées sur la base de six caractères et une troisième lignée a été identifiée sur la base de l'ensemble des caractères mesurés. Ces lignées regroupent les meilleures caractéristiques pour l'adaptation et la productivité. L'analyse des corrélations suggèrent que le poids des épis est le caractère déterminant du rendement en grains chez les lignées testées. Toutefois, il est fortement influencé par la hauteur de la paille. La meilleure approche en termes de sélection nécessite donc de fixer ce dernier caractère chez le matériel évalué et procéder ensuite à un criblage sur la base du poids des épis.

**Mots clés :** *Triticum durum*, adaptation, sélection, rendement, semi-aride.

### INTRODUCTION

Les céréales occupent une place stratégique dans et l'économie nationale de l'Algérie. Le blé dur (*Triticum durum* Desf.) est l'une des espèces les plus cultivées et prend une part importante dans le système alimentaire. Cependant, sa production actuelle ne peut couvrir que partiellement les besoins d'une population sans cesse croissance (Hannachi *et al.*, 2013). Des contraintes d'ordres biotiques (maladies ; ravageurs) et surtout abiotiques (précipitations faibles, irrégulières et imprévisibles ; gels tardifs ; hautes températures de fin de cycle) semblent être les principales

causes de la faiblesse des rendements dans les zones productrices de cette céréale (Chennafi *et al.*, 2006 ; Mekhlouf *et al.*, 2006). Pour faire face à cette situation, différentes stratégies d'amélioration peuvent être appliquées. L'option d'augmenter la production céréalière en élargissant la superficie cultivée a déjà été exploitée, laissant l'alternative d'augmenter provisoirement la production par unité de superficie cultivée ; soit par irrigation soit par l'adoption de cultivars à haut rendement et résistants au stress (Benmahammed *et al.*, 2010 ; Haddad *et al.*, 2016).

Le rendement en grains représente l'objectif ultime de tout programme de sélection. L'amélioration par la sélection directe a toujours été orientée vers l'augmentation de la productivité quoiqu'elle a montré beaucoup de limites (Benmahammed *et al.*, 2008 ; Oulmi *et al.*, 2016). En effet, la connaissance de tout lien existant entre le rendement en grains et ses composantes peut être utile pour identifier des traits intéressants pour la sélection. Cette information est utilisée pour orienter le processus de sélection afin de promouvoir les caractéristiques capables de générer des performances améliorées (Mekhlouf et Bouzerzour, 2001 ; Fellahi *et al.*, 2017). Dans ce contexte, notre étude vise à évaluer la génération F<sub>7</sub> de trois croisements de blé dur (*Triticum durum* Desf.) en zone semi-aride, sur la base de caractères agromorphologiques afin d'identifier les caractéristiques les plus pertinentes pour sélectionner des génotypes plus productifs et adaptés.

## MATERIEL ET METHODES

### Site, dispositif expérimental et matériel végétal utilisé

L'expérimentation a été conduite sur le site expérimental de la FDPS-ITGC de Sétif au cours de la campagne agricole 2012/13. Elle porte sur le suivi de la génération F<sub>7</sub> de trois croisements réalisés entre les lignées parentales Ofanto et MBB, Ofanto et Waha et Ofanto et Mrb<sub>5</sub>. Les lignées ont été mises en place sur des rangs de 3 m de long par 20 cm d'écartement entre rangs successifs, à raison de 2 rangs par lignée. Chaque croisement comporte 20 lignées F<sub>6</sub> issues d'une sélection pedigree faite précocement en F<sub>2</sub>. Les lignées parentales Ofanto, Waha, Mohammed Ben Bachir et Mrb<sub>5</sub>, ainsi qu'une variété témoin à savoir Bousselam ont été semées sur des rangs de mêmes dimensions et répétées à raison de 1 témoin séparant tous les trois lignées F<sub>6</sub>. La densité de semis adoptée est de 200 grains/m<sup>2</sup>.

### Variables mesurées

Les mesures et notations ont portés sur :

- ✓ La biomasse aérienne (BIO, g) du bottillon de végétation récolté sur un rang de 1m de long est mesurée, à maturité, sans passage à l'étuve. Du même bottillon, le nombre (NE, No.) et le poids (PE, g) des épis sont déterminés.
- ✓ Les épis comptés sont passés à la batteuse à gerbe pour obtenir le grain qui est utilisé pour la détermination du rendement en grains (RDT, g).
- ✓ Le poids de 1000 grains (PMG, g) est déterminé par comptage et pesage de 250 graines par lignée. Les nombres de grains (NGE, No.) par épi et par unité de surface semée (NGM<sup>2</sup>, No.) sont déterminés par calcul :

$$NG/M^2 = 1000 RDT/PMG \quad \text{et} \quad NGE = NGM^2/NE$$

Les valeurs prises par les différentes variables mesurées sont ensuite rapportées au mètre carré (m<sup>2</sup>).

### Analyse des données

Les données collectées par variable mesurée sur les différentes répétitions ont été soumises à l'analyse de la variance pour déterminer l'effet génotype. Les valeurs moyennes des différentes lignées F<sub>7</sub>, ont été comparées par rapport à la valeur de la plus petite différence significative calculée au seuil de 5%. Les écarts des moyennes des variables mesurées des différentes lignées F<sub>7</sub> sont déduits relativement à la valeur moyenne du témoin de la sélection qui est dans le cas de la présente étude la variété MBB. Ces écarts sont comparés à la valeur de la plus petite différence significative au seuil de 5%. Tout écart qui dépasse la valeur de la Ppds<sub>5%</sub> est déclaré significatif. Le signe de l'écart est pris en compte selon le sens de la sélection. Les lignées F<sub>7</sub> dont l'écart pour une variable d'intérêt est significatif, font l'objet de la sélection. Les différentes lignées sélectionnées sur la base d'un seul caractère sont ensuite comparées sur la base de leurs performances de rendement en grains. Les analyses statistiques sont faites à l'aide du logiciel Cropstat (2009).

## RESULTATS ET DISCUSSION

### Etude de la variabilité phénotypique

L'analyse de la variance du rendement en grains et de ses composantes indique un effet lignée significatif, suggérant la présence de variabilité phénotypique pour ces variables à l'intérieur de la population de lignées évaluées (Tableau 1). Cette variabilité phénotypique sera analysée, dans ce qui suit, par groupe de caractères liés à la productivité de la plante.

**Tableau 1.** Carrés moyens de l'analyse de la variance des variables mesurées

Caractères	Répétition	Lignées	Erreur
Ddl	2	50	100
BIO	3.35 <sup>ns</sup>	15206.1 <sup>**</sup>	4310.7
HI	38.2 <sup>**</sup>	13.05 <sup>**</sup>	4.34
NE	7.07 <sup>ns</sup>	969.2 <sup>**</sup>	213.6
PE	74.3 <sup>ns</sup>	4027.3 <sup>**</sup>	1363.6
PMG	3.0 <sup>ns</sup>	9.8 <sup>**</sup>	1.1
NGE	20.3 <sup>**</sup>	18.5 <sup>**</sup>	9.7
NGM <sup>2</sup>	45.9 <sup>**</sup>	38.6 <sup>**</sup>	19.4
RDT	93.0 <sup>ns</sup>	2548.5 <sup>**</sup>	629.3

ns, \*, \*\* = effets non significatif et significatif au seuil 5 et 1%, respectivement.

Les valeurs de la biomasse (BIO) varient de 378.8 à 674.8 g/m<sup>2</sup> autour d'une moyenne de 497.1 g/m<sup>2</sup> et une plus petite différence significative de 106.3 g/m<sup>2</sup> (Tableau 2). L'analyse des écarts des valeurs des différentes lignées par rapport à la valeur moyenne de la biomasse de MBB et en comparaison avec la valeur de la plus petite différence significative, montre qu'il n'y pas de lignées dont la biomasse est significativement supérieure à celle de MBB et qui méritent d'être sélectionnées pour améliorer le rendement en matière sèche chez les futures lignées de blé dur à proposer à la grande culture (Tableau 3, Figure 1). Clark, and Romagosa, (1991) mentionnent qu'une biomasse élevée à maturité est une caractéristique désirable en milieu semi-arides. Elle est la cause principale des rendements élevés enregistrés chez les variétés récentes. Bouzerzour *et al.* (1994) et Haddad (2017) notent que le rendement peut être amélioré indirectement par l'augmentation de la biomasse aérienne. Une amélioration de la biomasse aérienne est induite par une croissance rapide en début du cycle qui améliore l'utilisation des pluies hivernales selon Canterro *et al.* (1995).

**Tableau 2.** Valeurs moyennes prises par les variables mesurées de la population de lignées F<sub>7</sub>.

Caractères	Moyenne générale	Moy. minimale	Moy. maximale	Ppds <sub>5%</sub>
BIO	497.6	378.7	674.8	106.3
NE	172.7	133.0	223.0	23.7
PE	265.4	192.2	357.6	59.8
PMG	33.2	29.6	37.2	1.6
NGE	28.1	19.2	37.2	9.7
NGM <sup>2</sup>	4839.2	3024.5	6917.3	1752.0
RDT	160.8	90.3	222.5	40.6

BIO = Biomasse aérienne mesurée à maturité (g/m<sup>2</sup>) ; NE = Nombre d'épis par m<sup>2</sup> ; PE = Poids des épis/m<sup>2</sup> ; PMG = Poids de 1000 grains (g) ; NGE = Nombre de grains par épi ; NGM<sup>2</sup> = Nombre de grains par m<sup>2</sup> ; RDT = Rendement en grains (g/m<sup>2</sup>).

Clarck, and Romagosa, (1991) mentionnent qu'une biomasse élevée à maturité est une caractéristique désirable en milieu semi-arides. Elle est la cause principale des rendements élevés enregistrés chez les variétés récentes. Bouzerzour *et al.* (1994) et Haddad (2017) notent que le rendement peut être amélioré indirectement par l'augmentation de la biomasse aérienne. Une amélioration de la biomasse aérienne est induite par une croissance rapide en début du cycle qui améliore l'utilisation des pluies hivernales selon Canterro *et al.* (1995). La capacité d'un génotype à produire une forte biomasse est indicatrice d'une meilleure adaptation au milieu de production. Mekhlouf et Bouzerzour (2001) affirment qu'il faut assurer une production de biomasse aérienne suffisante pour garantir un rendement en grains élevé grâce à une répartition optimale de la matière sèche produite.

L'analyse de la figure 1 montre que certaines lignées présentent une biomasse aérienne plus intéressante que les variétés utilisées en croisement telles que MBB, Ofanto et Mrb<sub>5</sub>. Ces lignées sont la descendance de MBB et Mrb<sub>5</sub> croisées à Ofanto. On note aussi que Waha qui présente une biomasse aérienne similaire à celle de MBB ne présente pas de descendants qui possèdent une biomasse aérienne plus élevée. Pour cette variable les lignées qui apportent un progrès comparativement aux parents croisés sont les lignées Of/MBB-1, Of/MBB-9, Of/Mrb<sub>5</sub>-2, Of/Mrb<sub>5</sub>-4 et Of/Mrb<sub>5</sub>-15 (Tableau 3, Figure 1).

Les moyennes du nombre d'épis par mètre linéaire varient de 133.0 et 223.0 épis/m<sup>2</sup> au tour d'une moyenne générale de 172.7 épis/m<sup>2</sup> et une plus petite différence significative de 23.7 épis/m<sup>2</sup> (Tableau 2). La lignée parentale Waha affiche le nombre d'épis le plus élevé avec une moyenne de 223 épis/m<sup>2</sup> ; parmi l'ensemble des lignées évaluées (Tableau 3, Figure 2). Les lignées qui présentent une moyenne d'épis/m<sup>2</sup> non significativement différente de celle de MBB sont les suivantes : Of/Mrb<sub>5</sub>-8, Of/Mrb<sub>5</sub>-10, Of/Mrb<sub>5</sub>-9, Of/Mrb<sub>5</sub>-4, Of/Mrb<sub>5</sub>-14, Of/Waha-13, ainsi que les cultivars Bousselam et Mrb<sub>5</sub> (Tableau 3, Figure 2). Ces lignées méritent de faire l'objet de la sélection pour cette caractéristique. Le nombre d'épis/m<sup>2</sup> est la composante la plus déterminante du rendement (Bouzerzour *et al.*, 2000).

**Tableau 3.** Valeurs moyennes prises par les variables mesurées des lignées F<sub>7</sub>.

Lignées	Code	NE	PE	PMG	NGE	NGM <sup>2</sup>	BIO	RDT
OF/MBB-1	1	172.0	291.3	34.0	28.3	4871.0	<b>641.0</b>	165.8
OF/MBB-2	2	156.0	206.1	33.3	22.8	3564.6	465.6	118.7
OF/MBB-3	3	164.0	212.2	29.6	22.3	3659.9	413.3	108.4
OF/MBB-4	4	164.0	235.6	33.3	21.8	3571.6	473.8	119.0
OF/MBB-5	5	133.0	204.1	33.5	30.5	4052.3	428.4	135.7
OF/MBB-6	6	166.0	267.7	33.3	32.4	5373.1	531.4	178.7
OF/MBB-7	7	154.0	201.7	32.9	26.5	4086.9	403.8	134.5
OF/MBB-8	8	152.0	233.6	32.7	29.4	4470.2	440.7	146.2
OF/MBB-9	9	166.0	<b>315.1</b>	33.8	<b>35.9</b>	5958.6	<b>645.1</b>	<b>201.4</b>
OF/MBB-10	10	149.0	192.2	29.8	20.3	3024.5	399.4	90.3
OF/MBB-11	11	151.0	267.7	32.2	<b>33.1</b>	5002.8	528.2	160.9
OF/MBB-12	12	171.0	273.2	33.4	31.2	5342.4	555.7	178.5
OF/MBB-13	13	166.0	241.9	31.4	29.7	4933.4	526.8	154.8
OF/MBB-14	14	174.0	294.4	33.4	31.8	5535.9	557.0	185.0
OF/MBB-15	15	134.0	243.5	35.3	27.0	3622.3	504.6	127.8
OF/Waha-1	16	180.0	267.4	32.8	28.1	5049.3	461.1	165.8
OF/Waha-2	17	181.0	234.3	32.9	21.3	3849.0	404.5	126.4
OF/Waha-3	18	159.0	267.1	32.2	<b>33.0</b>	5243.1	449.3	168.7
OF/Waha-4	19	160.0	261.6	32.6	29.4	4710.0	449.9	153.3
OF/Waha-5	20	152.0	258.4	33.2	32.1	4872.1	431.3	162.0
OF/Waha-6	21	187.0	222.8	30.6	19.2	3592.0	405.6	110.0
OF/Waha-7	22	152.0	229.5	32.4	30.2	4597.2	378.7	149.0
OF/Waha-8	23	160.0	248.1	34.2	23.6	3775.6	442.0	129.2
OF/Waha-9	24	185.0	263.3	30.7	24.5	4531.9	469.2	139.1
OF/Waha-10	25	163.0	245.9	31.4	27.6	4497.8	459.0	141.3
OF/Waha-11	26	179.0	<b>307.9</b>	34.2	32.7	5854.2	512.5	<b>200.0</b>
OF/Waha-12	27	178.0	234.6	30.6	26.7	4753.6	520.8	145.5
OF/Waha-13	28	<b>192.0</b>	<b>317.5</b>	<b>36.4</b>	29.4	5652.6	542.9	<b>205.6</b>
OF/Waha-14	29	165.0	260.1	32.5	31.0	5118.9	427.4	166.2
OF/Waha-15	30	161.0	279.6	33.0	<b>33.2</b>	5349.5	479.2	176.3
OF/Waha-16	31	184.0	265.2	31.5	28.9	5311.0	387.2	167.4
OF/Mrb-1	32	174.0	297.2	35.6	28.3	4919.8	536.5	175.3
OF/Mrb-2	33	185.0	<b>339.1</b>	<b>36.3</b>	31.9	5906.3	<b>610.9</b>	<b>214.3</b>
OF/Mrb-3	34	167.0	273.4	35.5	30.4	5080.7	514.9	180.1
OF/Mrb-4	35	<b>189.0</b>	286.9	30.8	27.9	5275.6	<b>592.6</b>	162.5
OF/Mrb-5	36	170.0	<b>326.4</b>	<b>37.2</b>	27.5	4668.3	504.8	173.8
OF/Mrb-6	37	178.0	<b>303.1</b>	<b>36.5</b>	31.5	5603.4	560.4	<b>204.6</b>
OF/Mrb-7	38	169.0	257.0	33.7	30.4	5136.0	454.8	173.0
OF/Mrb-8	39	<b>200.0</b>	283.6	33.2	26.0	5195.7	456.6	172.6
OF/Mrb-9	40	<b>190.0</b>	262.0	32.4	26.9	5107.0	507.7	165.6
OF/Mrb-10	41	<b>200.0</b>	<b>316.2</b>	32.2	<b>34.6</b>	<b>6917.3</b>	499.5	<b>222.5</b>
OF/Mrb-11	42	186.0	251.7	32.8	26.7	4974.7	487.0	163.4
OF/Mrb-12	43	181.0	253.8	35.5	25.8	4670.5	498.4	165.9
OF/Mrb-13	44	154.0	219.5	32.8	25.1	3857.8	423.6	126.4
OF/Mrb-14	45	<b>190.0</b>	238.2	33.9	21.6	4109.4	551.4	139.4
OF/Mrb-15	46	178.0	260.8	<b>36.7</b>	25.1	4474.4	<b>603.4</b>	164.3
Waha	W	<b>223.0</b>	<b>357.6</b>	31.6	24.3	5426.9	<b>616.2</b>	171.6
Bousselam	B	202.0	307.6	33.6	30.5	<b>6158.3</b>	540.8	<b>206.6</b>
Mrb <sub>5</sub>	Mr	207.0	274.9	30.5	23.3	4826.7	487.7	147.1
MBB	Mb	187.0	284.0	35.3	23.4	4376.1	<b>674.8</b>	154.3
OF	O	169.0	298.0	32.5	<b>37.2</b>	<b>6286.6</b>	517.8	<b>204.4</b>
MBB+1ppds		<b>210.7</b>	<b>343.8</b>	<b>36.9</b>	<b>33.1</b>	<b>6128.1</b>	<b>781.1</b>	<b>194.9</b>
MBB-1ppds		145.3	238.2	34.2	13.7	2624.1	411.4	163.8

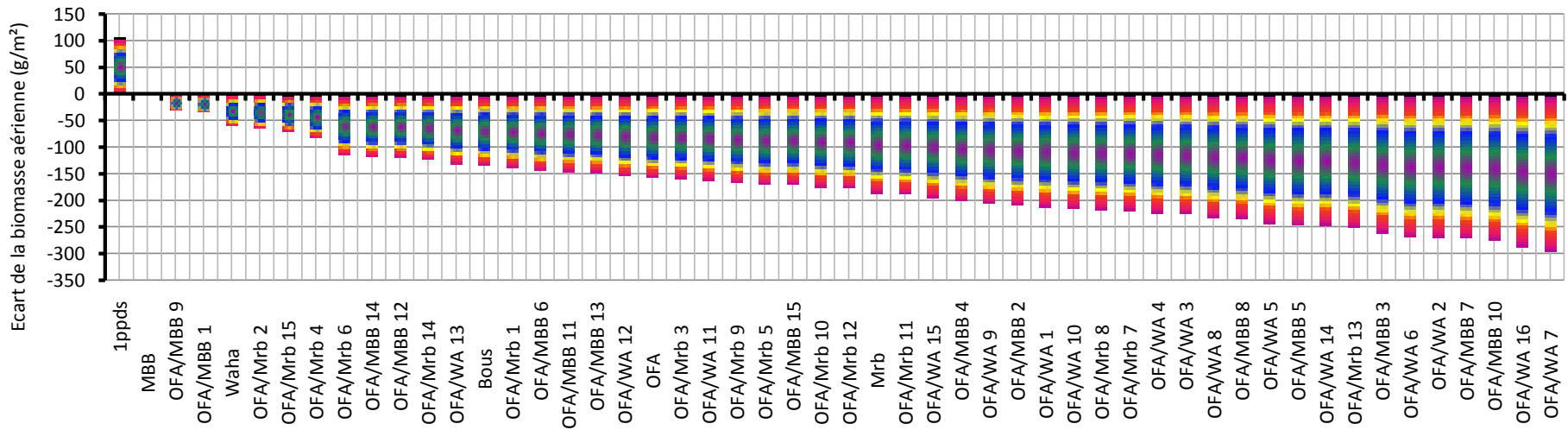


Figure 1. Ecart de la biomasse aérienne ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) entre les moyennes des lignées  $F_7$  et le témoin MBB.

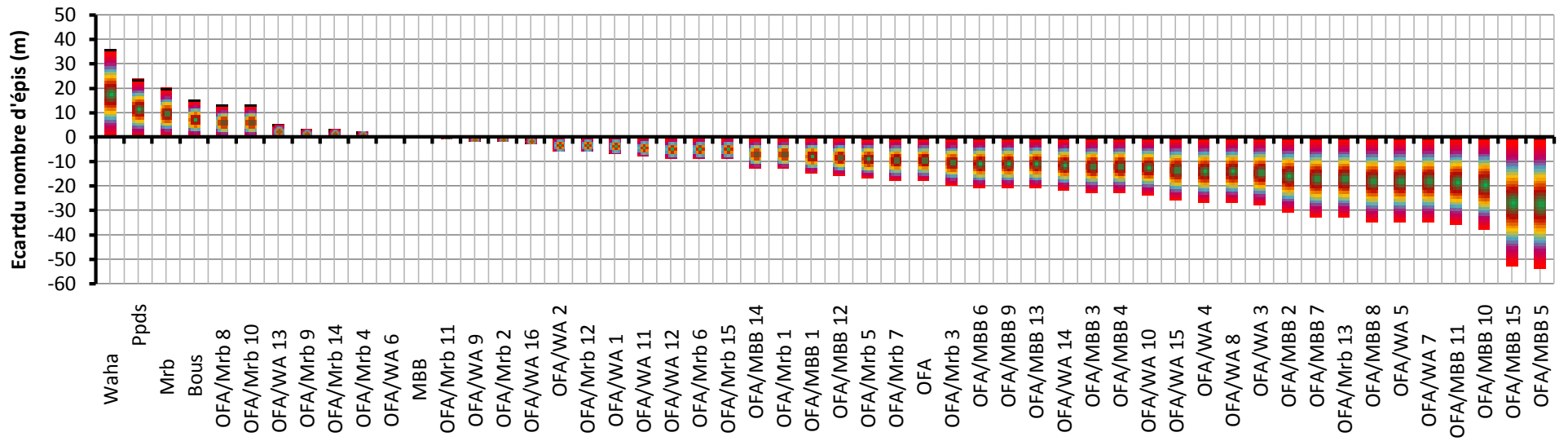


Figure 2. Ecart du nombre d'épis ( $\text{m}^2$ ) entre les moyennes des lignées  $F_7$  et le témoin MBB.

Les valeurs moyennes du poids des épis varient de 192.2 à 357.6 g/m<sup>2</sup>. La moyenne générale de la population de lignées est de 265.4 g/m<sup>2</sup> avec une plus petite différence significative de 59.8 g/m<sup>2</sup> (Tableau 2). La lignée parentale Waha présente le poids des épis le plus élevé avec une moyenne de 357.6 g/m<sup>2</sup>. Les lignées dont la moyenne du poids des épis, de 300 g/m<sup>2</sup>, ne diffère pas significativement de celle du témoin MBB sont les suivantes : Of/Mrb<sub>5</sub>-2, Of/Mrb<sub>5</sub>-5, Of/Mrb<sub>5</sub>-6, Of/Mrb<sub>5</sub>-10, Of/MBB-9, Of/Waha-13, et Of/Waha-13 (Tableau 3, Figure 3). Le poids des épis est l'équivalente du rendement en grains de ce fait ces lignées doivent être sélectionnées, soit comme germoplasme pour améliorer le caractère poids des épis, soit comme nouvelles variétés dans le cas où elles présentent un haut rendement.

Les valeurs moyennes du poids de 1000 grains varient de 29.6 à 37.2 g. La moyenne générale de la population de lignées est de 33.2 g avec une plus petite différence significative de 1.6 g (Tableau 2). La lignée Of/Mrb<sub>5</sub>-5 présente un poids de 1000 grains significativement supérieur à celui de MBB, avec une moyenne de 37.2 g. Plusieurs lignées présentent un poids de 1000 grains significativement différent de celui de MBB. Ces lignées méritent d'être retenues en sélection, si par ailleurs elles ne présentent pas de faibles valeurs pour d'autres caractéristiques désirables, telles que le nombre d'épis (Tableau 3, Figure 4), la précocité et la hauteur de la végétation (Oulmi *et al.*, 2017). Le poids de 1000 grains diminue sous l'effet de l'élévation de la température et du déficit hydrique au cours du remplissage du grain (Grignac, 1981).

Les valeurs moyennes du nombre de grains par épis varient de 19.2 à 37.2 grains/épi. La moyenne générale de la population de lignées est de 28.1 grains/épi avec une plus petite différence significative de 9.7 grains/épi (Tableau 2). Plusieurs lignées, dont la lignée parentale Ofanto, présentent un nombre de grains par épi significativement supérieur à la moyenne du témoin de sélection, le cultivar MBB (Tableau 3, Figure 5). Haddad, (2017) constate que le nombre de grains par épi varie en fonction des variétés et des dates de semis. Jonard (1964) note que la variation du nombre de grains par épi est surtout due aux conditions d'alimentation minérale. Selon Grignac (1981), les valeurs optimales de ce paramètre qui permettent l'obtention des rendements les plus élevés, en zones méditerranéennes et en absence de déficit hydrique.

Les valeurs moyennes du nombre de grains/m<sup>2</sup> varient de 3024.5 à 6917.3 grains/m<sup>2</sup>. La moyenne générale de la population de lignées est de 4839.2 grains/m<sup>2</sup> avec une plus petite différence significative de 1752.0 grains/m<sup>2</sup> (Tableau 2). Prenant la moyenne du nombre de grains/m<sup>2</sup> du cultivar MBB comme référence, l'analyse des écarts des valeurs des différentes lignées par rapport à cette valeur de référence et en comparaison avec la valeur de la plus petite différence significative montre que celle la lignée Of/Mrb<sub>5</sub>-10 et les cultivars Ofanto et Bouselam présentent des moyennes du nombre de grains/m<sup>2</sup> significativement supérieures à celle de MBB (Tableaux 1 et 2, Figure 6). Plusieurs lignées ont des moyennes du nombre de grains /m<sup>2</sup> qui ne diffèrent pas significativement de celle de MBB. Ces lignées attirent l'attention de la sélection pour améliorer le rendement en grains du blé dur (Tableau 3, Figure 6).

Les valeurs du rendement en grains varient de 90.3 à 222.5 g/m<sup>2</sup> autour d'une moyenne de 160.8 g/m<sup>2</sup> et une plus petite différence significative de 40.6 g/m<sup>2</sup> (Tableau 2). Prenant la moyenne du rendement du cultivar MBB comme référence, l'analyse des écarts des valeurs des différentes lignées par rapport à cette valeur de référence et en comparaison avec la valeur de la plus petite différence significative montre que les lignées suivantes : présentent : un rendement significativement supérieur à celui de MBB : Of/Mrb<sub>5</sub>-10, Of/Mrb<sub>5</sub>-2, Bouselam, Of/Waha-13, Of/Mrb<sub>5</sub>-6, Ofanto, Of/MBB-9 et Of/Waha-11 qui ont

un rendement en grains voisin de 200 g/m<sup>2</sup> (Tableau 3, Figure 7). Ces lignées méritent d'être sélectionnées pour améliorer le rendement du blé dur. Le rendement en grains est conditionné par le potentiel génétique de la variété, par les conditions agro-climatiques et la conduite culturale (Ludlow et Muchow, 1990).

#### **Synthèse de la sélection mono caractère**

L'analyse de la variabilité présente chez les lignées F<sub>7</sub>, précédemment décrite, indique que 36 lignées ont été sélectionnées sur la base d'au moins un caractère. Ainsi les nombres de lignées retenus par caractère ou critère de sélection sont les suivants :

- 6 lignées sur la base de BIO ;
- 7 lignées sur la base de NE ;
- 8 lignées sur la base de PE ;
- 5 lignées sur la base de PMG ;
- 5 lignées sur la base de NGE ;
- 3 lignées sur la base de NGM ;
- 8 lignées sur la base de RDT.



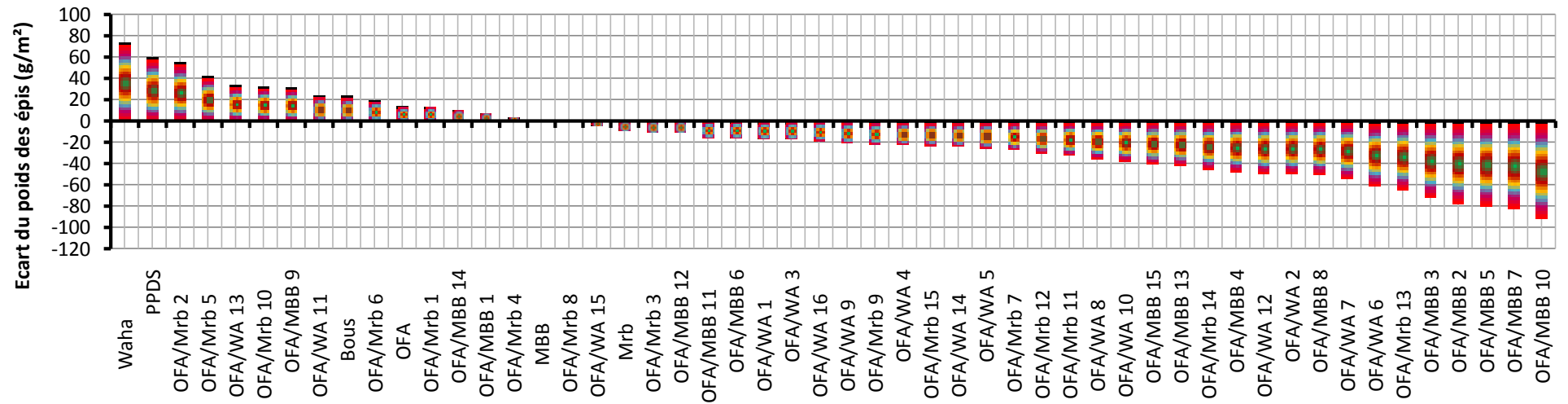


Figure 3. Ecart du poids des épis (g/m<sup>2</sup>) entre les moyennes des lignées F<sub>7</sub> et le témoin MBB.

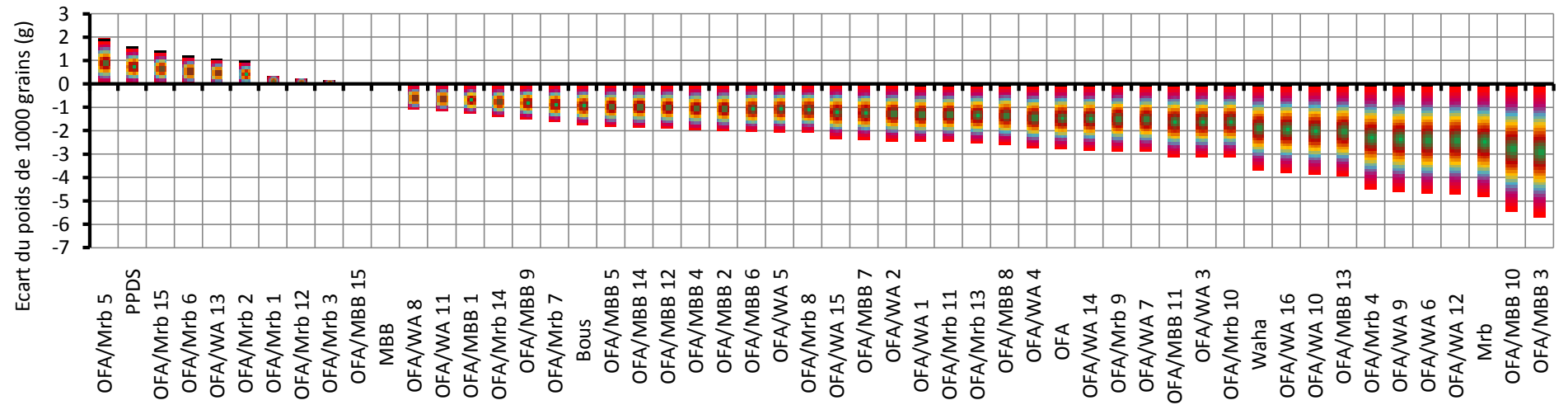


Figure 4. Ecart du poids de 1000 grains (g) entre les moyennes des lignées F<sub>7</sub> et le témoin MBB.

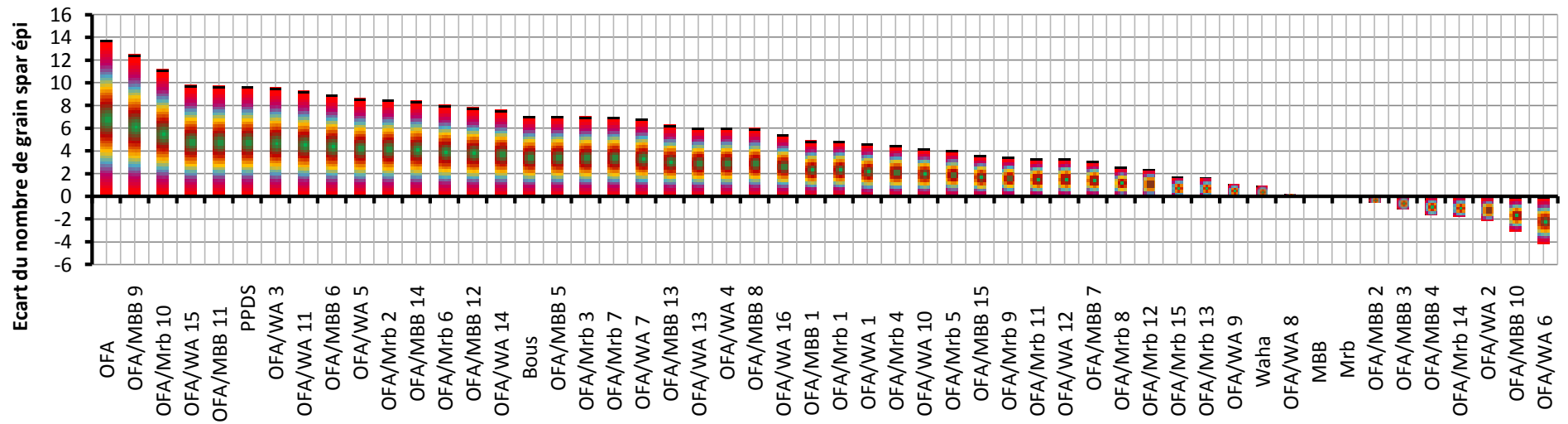


Figure 5. Ecart du nombre de grains par épi entre les moyennes des lignées F<sub>7</sub> et le témoin MBB.

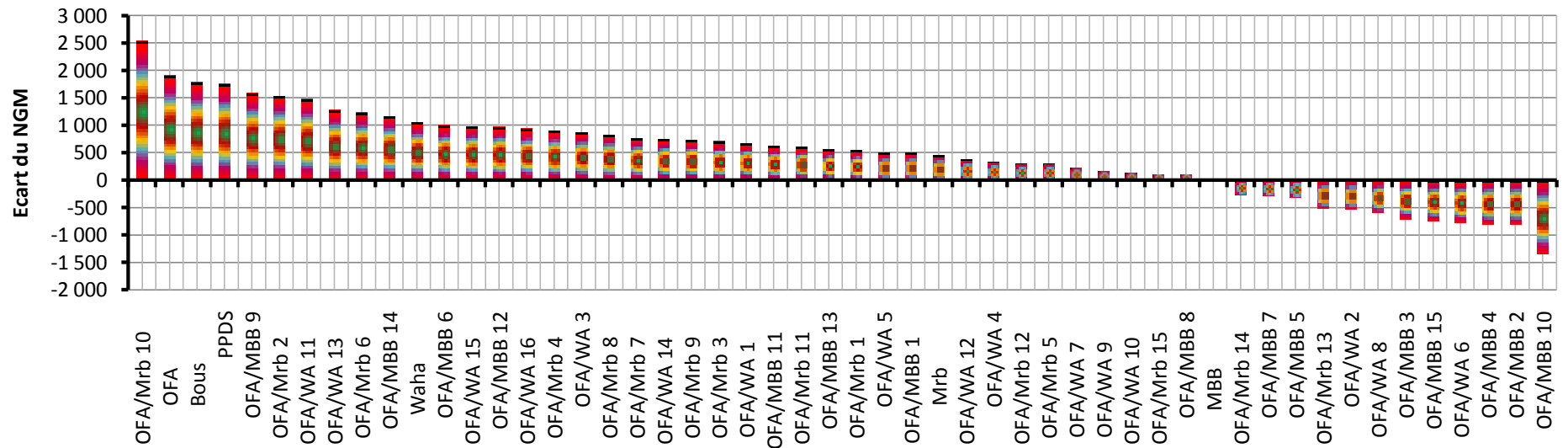
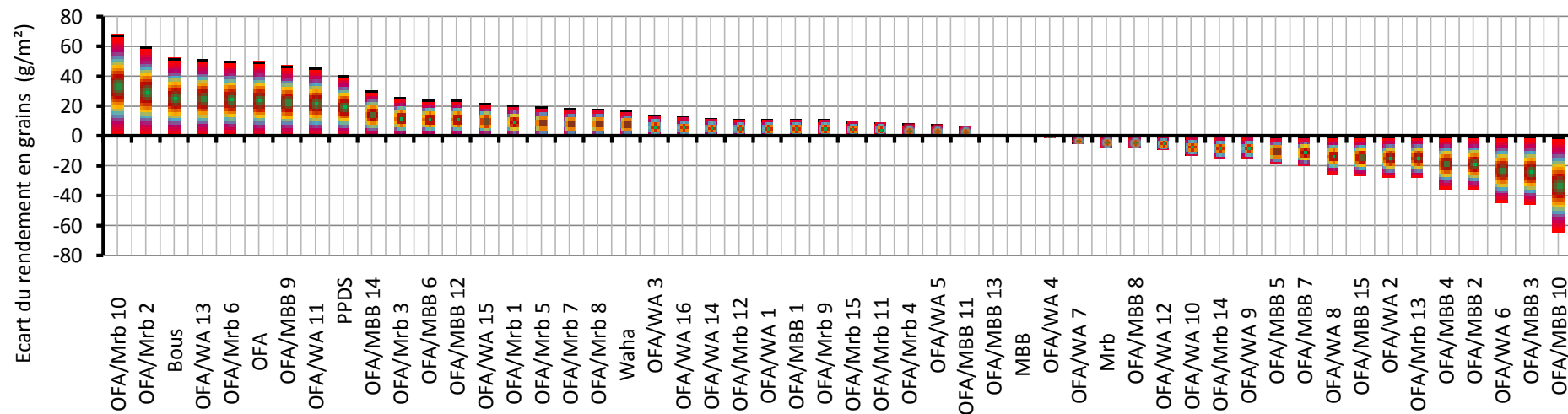
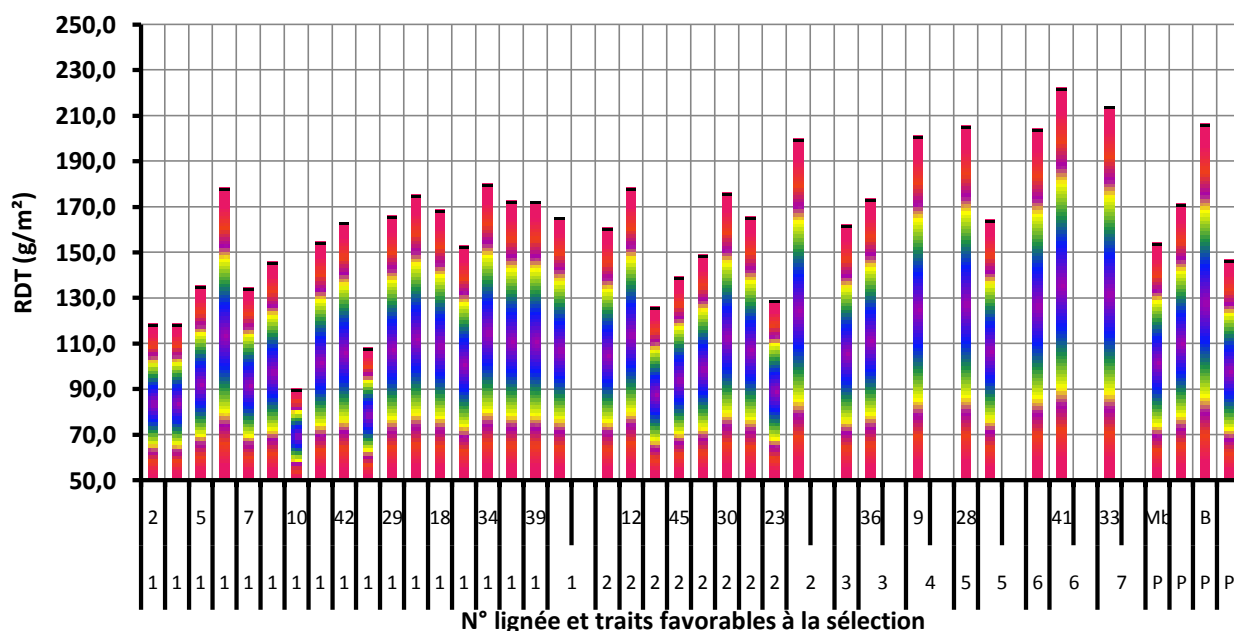


Figure 6. Ecart du nombre de grains par m<sup>2</sup> entre les moyennes des lignées F<sub>7</sub> et le témoin MBB.



**Figure 7.** Ecarts du rendement en grains par m<sup>2</sup> entre les moyennes des lignées F<sub>7</sub> et le témoin MBB.

Ces chiffres montrent la grande variabilité observée pour le rendement en grains, le nombre et le poids des épis. Ainsi certaines lignées ont fait l'objet d'une seule sélection, et sont nombre 18 lignées qui ont été sélectionnées. D'autres lignées ont fait l'objet de deux sélections sur la base de deux caractères indépendants, tel est le cas des lignées 11, 12, 44, 45, 22, 30, 43, 23 et 26. Les lignées 37 et 41 ont été sélectionnées sur la base de 6 caractères et aussi la lignée 33 a été sélectionnée sur la base de 7 caractères. Elles regroupent les meilleures caractéristiques pour l'adaptation et la productivité (Figure 8). Bouzerzour *et al.* (1998) mentionnent qu'en milieux variables, l'efficacité de la sélection sur la seule base du rendement en grains est très variable, suite à l'effet de l'environnement qui fait varier le niveau de ce caractère et ses relations avec les autres variables, d'une année à l'autre. L'amélioration génétique du rendement se fait de manière progressive et continue, suite à la modification des composantes (Mekhlouf et Bouzerzour, 2001).



**Figure 8.** Performances de rendement en grains ( $g/m^2$ ) des meilleures lignées  $F_7$  sélectionnées sur la base d'un seul caractère (et se caractérisant par 1, 2, 3, 4 5, 6 ou 7 caractères favorables) et les parents croisées (P).

### Analyse des coefficients de corrélations phénotypiques

Les coefficients de corrélations phénotypiques entre les différentes variables mesurées chez les lignées  $F_7$  sont mentionnés en tableau 4. L'élaboration du rendement implique l'enchaînement de processus multiples qui débute par la formation des épis, suivi des grains par épi puis se termine par le remplissage des grains. Les stress précoces affectent la formation des épis et les sites des grains par épi. Alors que les stress les plus tardifs affectent beaucoup plus le poids individuel de grain et le nombre de grains formés par unité de surface ensemencée (Fischer, 1985). Le rendement est déterminé par trois composantes principales : le nombre d'épis, de grains par épi et le poids de 1000 grains. Ce caractère qui est la principale variable d'intérêt dans le cadre de la présente étude est positivement corrélé à toutes une série de caractères mesurés dont le nombre de grains par épi, le poids des épis, la biomasse aérienne mesurée à maturité, le rapport du poids des épis sur celui de la biomasse aérienne (Tableau 4). Ces corrélations indiquent que le génotype qui arrive à faire un bon rendement en grains, doit avoir des valeurs supérieures à la moyenne pour les

variables citées ci-dessus et qui sont positivement liées au rendement en grains. En d'autres termes le génotype qui minimise la réduction de la valeur moyenne de ces variables, sous l'effet de la contrainte hydrique, minimise en même temps la baisse de rendement car il est tolérant.

**Tableau 4.** Valeurs des coefficients de corrélation phénotypiques entre les différentes variables mesurées des lignées F<sub>7</sub>.

	BIO	NE	PNE	PMG	NGE	NGM	RDT
BIO	1.00				$r_{5\%} = 0.27$		n = 51
NE	<b>0.40</b>	1.00			$r_{1\%} = 0.35$		
PE	<b>0.67</b>	<b>0.59</b>	1.00				
PMG	<b>0.44</b>	-0.03	<b>0.41</b>	1.00			
NGE	0.23	-0.17	<b>0.49</b>	0.21	1.00		
NGM	<b>0.45</b>	<b>0.46</b>	<b>0.80</b>	0.18	<b>0.79</b>	1.00	
RDT	<b>0.53</b>	<b>0.41</b>	<b>0.84</b>	<b>0.46</b>	<b>0.78</b>	<b>0.96</b>	1.00

BIO = Biomasse aérienne mesurée à maturité (g/m<sup>2</sup>) ; NE = Nombre d'épis par m<sup>2</sup> ; PNE = Poids de épis/m<sup>2</sup> (g/m<sup>2</sup>) ; PMG = Poids de 1000 grains (g) ; NGE = Nombre de grains par épi ; NGM<sup>2</sup> = Nombre de grains par m<sup>2</sup> ; RDT = Rendement en grains (g/m<sup>2</sup>),  $r(\text{BIO}/\text{HT}) = 0.36^*$  (Oulmi *et al.*, 2017).

Les variables corrélées avec le rendement, sont aussi corrélées entre eux. Ainsi le poids des épis est lié au nombre de grains/m<sup>2</sup> et le nombre de grains/épi et fortement corrélé avec la biomasse aérienne. Ce dernier montre des liaisons significatives et positives avec le nombre d'épis, le poids d'épis, le poids de 1000 grains, le nombre de grains par mètre carré, le rendement en grains et la hauteur de la végétation (Tableau 4). Ces résultats indiquent que la biomasse aérienne est un important caractère jouant un rôle déterminant dans la réalisation du rendement en grains. De cette biomasse aérienne, c'est surtout le poids des épis m<sup>2</sup> qui joue le rôle essentiel. La hauteur du chaume semble affecter le poids des épis, ce qui nécessite de fixer ce caractère chez le matériel sous sélection, avant de procéder au criblage sur la base de la biomasse aérienne et du poids des épis.

Hanson *et al.* (1985) font remarquer que l'augmentation de la biomasse aérienne au stade épiaison peut venir d'une haute paille, comme c'est le cas des variétés anciennes. La hauteur associée à une meilleure répartition de la matière sèche produite conduit le plus souvent à l'amélioration du nombre de grains produits/m<sup>2</sup> et du rendement. La biomasse aérienne accumulée au stade épiaison est la résultante de la contribution de plusieurs caractères comme la hauteur du chaume, la durée de la phase végétative, la vitesse de croissance végétative et le nombre de grains produits par unité de surface de sol (Mazouz, 2006).

Plusieurs travaux ont rapporté une corrélation positive entre le rendement et la biomasse (Oulmi, 2015 ; Haddad *et al.*, 2016 ; Fellahi *et al.*, 2017). Grignac (1973) a trouvé que le nombre de grains/épi est la composante la plus étroitement liée au rendement. Le nombre de grains par épi montre des liaisons significatives et positives avec le nombre d'épis, le poids d'épis et le nombre de grains par épi, mais pas avec le poids de 1000 grains. Le stress hydrique peut réduire le potentiel de toutes les composantes du rendement, particulièrement le nombre d'épis fertiles par unité de surface ainsi que le nombre de grains par épi (Laala, 2010 ; Fellahi, 2013). Cependant le poids du grain est négativement influencé par les températures élevées et la sécheresse durant la maturation (Chmielewski et Kohn, 2000).

## CONCLUSION

La présente étude a permis de décrire le comportement agronomique des lignées F<sub>7</sub> de blé sous un environnement semi-aride. Une bonne variabilité génotypique a été révélée à l'intérieur des populations F<sub>7</sub> évaluées pour tous les caractères mesurés. L'analyse de cette variabilité indique que dix-huit lignées ont fait l'objet d'une seule sélection mono-caractère et neuf autres lignées ont fait l'objet de deux sélections sur la base de deux caractères indépendants. Ainsi, deux lignées, OF/Mrb-6 et OFA/Mrb-10 ont été sélectionnées sur la base de six caractères et une troisième, OF/Mrb-2, a été identifiée sur la base de tous les caractères. Les corrélations phénotypiques indiquent que la biomasse aérienne est un important caractère jouant un rôle déterminant dans la réalisation du rendement en grain. De cette biomasse aérienne, c'est surtout le poids des épis m<sup>2</sup> qui joue le rôle essentiel. Il serait alors recommandé de fixer la hauteur des plantes chez le matériel sous sélection, avant de procéder au criblage sur la base de la biomasse aérienne et du poids des épis.

## REFERENCES

- Benmahammed, A. Bouzazour, H. Mekflouf, A. et Benbelkacem, A. (2008). Variation de la teneur relative en eau, l'intégrité cellulaire, La biomasse et l'efficacité d'utilisation de l'eau des variétés de blé dur (*Triticum turgidum* L. var *durum*) conduites sous contrainte hydrique. Rech. Agron., 21, 37-47.
- Benmahammed, A. Nouar, H. Haddad, L. Laala, Z. Oulmi, A. et Bouzazour, H. (2010). Analyse de la stabilité des performances de rendement du blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous conditions semi-arides. BASE, 14(1), 177-186.
- Bouzerzour, H. Zerargui, H. and Dekhili M. (1994). Relationships among duration of vegetative and grain filling periods, yield components and grain yield in durum wheat. Awamia, 75, 15-23.
- Bouzerzour, H. Djekoun, A. Benmahammed, A. and Hassous, L. (1998). Contribution de la biomasse aérienne de l'indice de récolte et de la précocité à l'épiaison au rendement en grain (*Hordeum vulgare* L.) en zone semi d'altitude. Cahiers d'Agriculture, 8, 133-137.
- Bouzerzour, H. Bahlouli, F. Benmahammed, A. et Djekoun, A. (2000). Cinétique d'accumulation et de répartition de la biomasse chez des génotypes contrastés d'orge (*Hordeum vulgare* L.). Sciences et Technologie, 13, 59-64.
- Canterro-Martinez, C. Villar, J.M. Romagosa, I. and Fereres, E. (1995). Growth and yield responses of two contrasting barely cultivars in a Mediterranean environment. Eur. J. Agron., 4, 317-323.
- Chennafi, H. Aïdaoui, A. Bouzerzour, H. and Saci, A. (2006). Yield response of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivar Waha to deficit irrigation under semi-arid growth conditions. Asian J. Plant Sci., 5, 854-860.
- Chmielewski, F. and Kohn, W. (2000). Impact of weather on yield components of winter rye over 30 years. Agric. Forest Meteorol., 102, 253-261.
- Clarck, J.M. and Romagosa, I. (1991). Evaluation of excised leaf water loss rater for selection of durum wheat for dry environment. Les Colloques, INRAF, 55, 401-414.
- CropStat 7.3. (2009). Software package for windows. International Rice Research Institute, IRRI, Manila.
- Fellahi, Z. (2013). Aptitude à la combinaison et héritabilité de quelques caractères Agronomiques du blé tendre (*Triticum aestivum* L.). Mémoire de Magister, Faculté des Sciences Agrovétérinaires et biologiques, Département d'Agronomie. Université Saad Dahlab, Blida, 124 p.
- Fellahi, Z. Hannachi, A. Ferras, K. Oulmi, A. Boutalbi, W. Bouzerzour, H. and Benmahammed, A. (2017). Analysis of the phenotypic variability of twenty F<sub>3</sub> biparental populations of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) evaluated under semi-arid. J. Fundam. Appl. Sci., 9(1), 102-118.
- Fischer, R.A. (1985). Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. J. Agric. Sci. (Camb.), 105, 447-461.
- Grignac, P. (1973). Relation between yield, yield components and some morphological characters. Genetics and breeding of durum wheat symp. Bari, 275-284.

- Grignac, P. (1981). Rendement et composantes du rendement dans l'environnement méditerranéen français. Communication au séminaire AGRIMED de Bari (Italie), 30, 185-195.
- Haddad, L., Bouzerzour, H., Benmahammed, A., Zerargui, H., Hannachi, A., Bachir, M., Salmi, M., Oulmi, A. Nouar, H. and Laala, Z. (2016). Analysis of the phenotypic variability of some varieties of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) to improve the efficiency of performance under the constraining conditions of semi-arid environments. J. Fundam. Appl. Sci., 8(3), 1021-1036.
- Haddad, L. (2017). Analyse AMMI et GGE de l'interaction génotype x milieux du blé dur (*Triticum turgidum* var. *durum* L.) et identification des facteurs explicatifs de l'interaction. Thèse de Doctorat en sciences, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Dept. D'Agronomie, Université Ferhat ABBAS, Sétif-1, 134 p.
- Hannachi, A. Fellahi, Z. Bouzerzour, H. and Boutekrabort, A. (2013). Diallel-cross analysis of grain yield and stress tolerance-related traits under semi-arid conditions in Durum wheat (*Triticum durum* Desf.). Electron. J. Plant Breed., 4(1), 1027-1033.
- Hanson, P.R. Riggs, T.J. Klose, S.J. and Austin, R.B. (1985). High biomass genotypes in spring barley. J. Agric. Sci. Camb., 105, 73-8.
- Jonard, P. (1964). Etude comparative de la croissance de deux variétés de blé tendre. Annal de l'amélioration des plantes, pp101-130.
- Laala, Z. (2010). Analyse en chemin des relations entre le rendement en grains et les composantes chez des populations F<sub>3</sub> de blé dur (*Triticum durum* Desf.) Sous conditions semi-arides. Mémoire magister, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Dept. D'Agronomie, Université Ferhat ABBAS, Sétif-1, 96 p.
- Ludlow, M.M. and Muchow, R.C. (1990). A critical evaluation of traits for improving crop yield in water-limited environments. Advan. Agron., 43, 107-153.
- Mazouz, L. (2006). Etude de la contribution des paramètres phéno-morphologiques dans l'adaptation du blé dur (*Triticum durum* Desf.) dans l'étage bioclimatique semi-aride. Mémoire de Magister. Dép. Agr. Fac. Sci., Université Hadj Lakhdar, Batna.70 p.
- Mekhlouf, A. et Bouzerzour, H. (2001). Comparaison de l'efficacité de la sélection précoce directe et indirecte pour améliorer le rendement en grain chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.), en zone semi-arides d'altitude. Rech. Agron., 9, 17-30.
- Mekhlouf, A. Bouzerzour, H. Benmahammed, A. et Hadj Sahraoui, A. (2006). Adaptation des variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) au climat semi-aride, Sécheresse, 17, 507-513.
- Oulmi, A. (2015). Analyse de la tolérance du blé dur (*Triticum turgidum* var. *durum* L.) aux stress abiotiques de fin de cycle. Thèse doctorat des sciences, Faculté des Sciences de la Nature et de la vie, Dép. de Biologie végétale. Université Ferhat ABBAS, Sétif-1, 159 p.
- Oulmi, A. Salmi, M. Laala, Z. Fellahi, Z. Adjabi, A. Rabti, A. and Benmahammed, A. (2016). Morpho-physiological variability studies in F<sub>6</sub> populations of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) evaluated under semi-arid mediterranean conditions. Advan. Env. Biol., 10(3), 161-170.
- Oulmi, A. Fellahi, Z. Mahdaoui, W. Semcheddine, N. Rabti, A. et Benmahammed, A. (2017). Etude de la variabilité des caractères phéno-morpho-physiologiques de la génération F<sub>7</sub> du blé dur (*Triticum durum* Desf.) en zone semi-arides. Revue agriculture, 8(1), 75-87.