

Taux de remplissage et durée de la phase de remplissage chez 14 géotypes de blé dur (*T. durum* Desf.) en zone semi-aride.

ABBASSENE F¹., BOUZERZOUR H². & HACHEMI L³

1. Station Experimentale Agricole ITGC BP: 03, Sétif, 19000.
2. ENS, Centre Universitaire, OEB, 4000.
3. INA, BP: 108, El Harrach. Alger, 16200.

RESUME :

*Le suivi de l'évolution de la matière sèche de l'épi, la tige et le grain, entre l'épiaison à la maturité, a été réalisé pour 14 géotypes de blé dur (*Triticum durum* Desf.), conduits au niveau d'une zone semi-aride d'altitude. Les résultats indiquent des différences génotypiques significatives pour les vitesses de remplissage calculées sur la base des épis/m² et par grain. Les géotypes précoces à l'épiaison sont plus performants et se caractérisent par (les vitesses de remplissage par m² assez fortes et des vitesses de remplissage par grain faibles). Les géotypes tardifs sont relativement moins performants, possèdent de gros grains et font relativement plus appel aux assimilats stockés dans la tige.*

La matière sèche par épi ou par unité de surface, à l'épiaison, ne semble pas avoir une valeur prédictive du rendement final.

Mots clés : *Vitesse de remplissage, (*Triticum durum* Desf), assimilats, rendement, semi-aride.*

SUMMARY

shoot, spike and kernel dry matter evolution was followed in 14 durum genotypes grown in a semi-arid, high land region. Results showed large genotypic differences in rates of fill, based on spikes/m² and per kernel. Early cultivars had high grain yield and were characterized by high rate of fill per m² and a low kernel filling rate. Late maturing genotypes were relatively less yielding, had large kernels and make best use of remobilized assimilats stored in the shoot. Under the growth conditions experienced spike dry weight at anthesis seemed of no predicting value for final grain yield.

Key words : *Rate of fill, (*Triticum durum* Desf.), assimilats, grain yield, semi-arid.*

INTRODUCTION

Pour augmenter le rendement, les améliorateurs se sont intéressés à l'étude de la phase de remplissage du grain comme possibilité pour atteindre cet objectif. La biomasse aérienne est en général positivement liée au rendement grain (Kulshrestha & Jain, 1982 ; Sharma, 1992). De cette biomasse, le poids de l'épi au stade épiaison peut être un bon indicateur du rendement potentiel à espérer lorsque le remplissage du grain se fait dans des conditions de croissance, assez favorables (Meynard, 1987). Selon Avey et al. (1982), la durée de remplissage du grain est plus importante dans la contribution à un haut rendement que le taux de remplissage. Ce dernier explique mieux les différences dans le poids moyen du grain que les différences dans la durée des phases (Triboi, 1990). Gallagher et al. (1976) ont trouvé que chez l'orge, le remplissage du grain s'effectue sur trois phases distinctes. Pendant la première phase, le taux de croissance de l'épi est inférieur au taux de croissance de la plante. Au cours de la seconde phase, c'est l'inverse qui se produit et durant la troisième phase la croissance de la plante stoppe mais celle de l'épi continue sur une période variable en fonction des conditions climatiques du milieu de culture. Les assimilats produits durant la première phase sont stockés dans les diverses parties de la plante autres que le grain. Alors que durant les deux autres Phases les assimilats sont transloqués vers le grain.

La présente contribution a pour objectif de caractériser l'évolution de la matière sèche de la tige, de l'épi et celle du grain, au cours de la phase de remplissage chez 14 variétés de blé dur

(*Triticum durum Desf.*) et de déterminer leurs liaisons avec la productivité de la plante.

MATERIEL ET METHODES

Au cours de la campagne 1994/95, a été conduite une expérimentation avec 14 géotypes de blé dur, au niveau de la Ferme Expérimentale Agricole, ITGC de Sétif. Ces 14 géotypes constituent 3 groupes, qui sont des variétés-populations locales:

Bidi 17 et oued zenati 368 ; des lignées introduites avant 1985, Acu, Creso, Karasu, Pg/Gdo/S15/Cr et Waha, et des lignées plus récentes, sélectionnées après 1985 : Chen/Auk, 417/458, Chen/Poc, 904/Logh, ci9225/Trob, Cando/Ru et S.15/Geier. De toutes ces variétés et lignées expérimentales, Waha a connue une certaine adaptation au niveau de Setif, O.Zenati et Bidi 17 sont encore cultivées dans le Constantinois et certaines régions Guelmoises.

Le dispositif expérimental est constitué de blocs complètement randomisés avec 3 répétitions. Le semis est effectué au mois de Novembre. La parcelle élémentaire fait 6 rangs de 5 m de long espacés de 0,18 m. Les techniques culturales appliquées sont similaires à celles pratiquées au niveau de la FEA, avec en particulier un apport d'azote de 33,5 unités/ha au stade tallage, et une couverture herbicide au 2,4-D, au même stade et à raison de 1,5 l/ha dans 300 l d'eau.

Les notations effectuées portent sur le rendement grain en g/m² (RDT) ; la hauteur des plantes, en cm (HT) ; les dates d'épiaison (VEGP) et celle de maturité (DMAT), calculées en nombre de jours du 1er Janvier à la date de réalisation du stade donné.

La durée de la phase de remplissage (GFP) est calculée par différence entre les durées VEGP et DMAT : $GFP = DMAT - VEGP$, et l'indice de remplissage (IR) par $IR = RDT/GFP$ en $g/j/m^2$, on a procédé, en plus des notations ci-dessus, au comptage des épis/ m^2 (NE), réalisé sur la récolte d'échantillons provenant de 3 stations de 2 rangs de 1 m de long chacune et par parcelle élémentaire.

Le poids de 1000 grains (PMG) est déterminé d'après le poids des comptages de 4 fois 250 graines. Le nombre de grains/ m^2 , (NGM^2), est calculé à partir du rendement et du poids de 1000 grains. le nombre de grains par épi (NGE) est calculé à partir du NGM^2 et du NE. La biomasse aérienne (BIO), exprimée en g/m^2 , est déterminée à maturité, à partir du poids des bottillons, L'indice de récolte (HI) est donné par le rapport du rendement sur la biomasse que multiplie 100.

Le suivi de l'évolution de la matière sèche de l'épi, du grain et de la tige après épiaison a été également effectué. Pour ce faire, 06 échantillons de 30 tiges chacun, ont été réalisés entre l'épiaison et la maturité de chaque variété, chaque échantillon a été subdivisé en tiges et épis, pesés frais et après passage à l'étuve à $85^{\circ}C$ pendant 24 heures. La vitesse de remplissage des épis/ m^2 a été déterminée par régression du poids des épis/ m^2 à une date donnée sur le nombre de jours de l'épiaison à cette date.

Vu que la cinétique de croissance de l'épi après floraison est une image fidèle de celle du grain (Oury et al. 1993), on a déduit le poids du grain (Wg) à un instant donné de celui de l'épi par : $Wg = (Wt - W_{10JAE})/NGE$, avec Wt est

le poids de l'épi à un instant t et W_{10JAE} est le poids de matière sèche de ce même épi 10 jours après l'épiaison; NGE, étant le nombre moyen de grains par épi de la variété considérée. Par régression des valeurs Wg obtenues, on obtient la vitesse moyenne de remplissage du grain (b). La durée moyenne du remplissage est estimée par GfP est = $PMG/1000b$, où PMG est le poids de 1000 grains observé à maturité et b est la vitesse de remplissage du grain moyen, caractéristique de chaque variété. Le potentiel de rendement de chaque variété est approché de part la variation de la croissance des épis/ m^2 . On a admis l'arrêt de croissance des parties de l'épi autres que le grain à 10 jours après l'épiaison -10JAE - (Triboi, 1982). A cette date le grain débute sa croissance. Le rendement estimé (RDTest) est calculé par :

$RDTest = (WNE\text{ récolte} - WNE_{10JAE})$, avec WNE récolte et WNE_{10JAE} étant le poids de matière sèche des épis/ m^2 à la récolte et 10JAE. La discussion des résultats relatifs aux différents caractères mesurés a été rapportée dans un autre article (Abassene et al, 1996) ; le présent article discute l'aspect évolution de la matière sèche de la tige, celle de l'épi et du grain, après l'épiaison.

RESULTATS ET DISCUSSION :

A l'épiaison, les variétés 417/458, Acu et Waha ont les plus gros épis, alors que Cando, Karasu et Bidi 17 portent les épis dont le poids moyen est relativement plus faible, comme indiqué par l'ordonnée à l'origine (Tab I.). Le poids moyen de matière sèche de l'épi augmente rapidement chez l'ensemble des variétés passant de 327 mg, à l'épiaison à 1620,9 mg à maturité.

Cette augmentation de poids est due à la croissance du grain et des différentes structures autres que le grain qui forment l'épi (glumes et rachis).

La croissance de l'épi étant linéaire durant la période de remplissage, la vitesse de croissance journalière mise en évidence par le coefficient de régression varie de 25,4 mg/jour pour la variété Creso à 43,1 mg/jour pour la variété

Karasu. Ces deux valeurs étant les extrêmes des 14 valeurs mesurées. Toutes les pentes sont significativement différentes de zéro, indiquant une croissance active de l'épi durant la phase de remplissage. Au sein du peuplement épis/m², ces valeurs varient de 4,16 g/jour pour Oued Zénati à 8,28 g/j pour Karasu.

Tableau I. Taux de croissance des épis/m², de l'épi moyen et du grain moyen.

# Variété	RDT		GFP		W/NE		MS	Tige a	D	D%Wg
	obs	est	obs	est	JAE	Mat				
Chen/Auk	300	299	27	39,5	72	371	-0.16±0.03	18	4.74	16%
Acu	260	263	29	36,1	85	348	-0.21±0.05	21	9.60	26
417/458	190	197	33	41,8	70	267	-0.31±0.04	34	14.54	48
Chen/Poc	300	299	27	38,9	65	364	-0.15±0.06	21	5.49	12
904/Logh	260	264	32	38,2	62	362	-0.14±0.01	19	5.26	13
Pg/Gdo	260	262	29	40,1	60	322	-0.24±0.05	26	10.10	26
CI9225	330	331	28	38,1	77	408	-0.30±0.04	30	24.43	61
Karasu	350	347	28	37,8	69	416	-0.33±0.08	30	11.42	28
Creso	250	250	30	39,6	56	306	-0.20±0.04	24	10.18	35
Cando	330	330	33	37,3	73	403	-0.21±0.04	23	8.01	18
S15/Geir	270	272	26	38,6	68	340	-0.21±0.06	21	8.07	21
Waha	240	238	30	36,9	82	320	-0.14±0.03	20	5.65	17
Bidi 17	200	208	30	36,0	45	253	-0.18±0.09	24	9.62	33
O.Zenati	190	175	27	38,2	67	242	-0.19±0.09	24	11.62	36
Moyenne	226	266	29	38,4	68	334				

La vitesse de croissance de l'épi est élevée chez les variétés CI9225/Trob, Karasu et Cando dont les coefficients de régression entre le nombre de jours après épiaison et le poids de l'épi sont respectivement de 35,9; 43,1 et 36,0 mg/jour. Elle est faible chez 417/418, Creso et Waha avec respectivement 26,9; 25,4 et 25,6 mg/jour. Ces vitesses ramenées au peuplement d'épis /m² restent assez fortes pour CI9225/Trob, Karasu et Cando et faibles pour 417/418, Bidi 17 et Oued Zenati. Un nombre d'épis élevé, peut donc compenser pour une faible vitesse de remplissage de l'épi. La vitesse de remplissage du grain varie de 0,75 mg/j/grain à 1,05 mg/j/grain. Les variétés

locales Bidi 17 et Oued Zénati sont celles qui se caractérisent par une vitesse de remplissage/grain la plus forte. Chen/Auk et Chen /Poc ont la vitesse la plus faible (Tab. I). La durée de la phase de remplissage estimée est supérieure à celle observée. La régression de la valeur observée sur la valeur estimée est de $GFP_{obs} = 0,2144 \cdot GFP_{est} + 21,26$, indiquant que pour une journée estimée, la réalisation sur champ est réduite à 21%. La différence de 9,5 jours vient probablement des effets des hautes températures sur la durée de remplissage en plein champ. La relation de la GFP et la $\Sigma(T_{max}-25)^{\circ}C$ est de : $GFP_{obs} = 0,06 \Sigma(T_{max}-25)^{\circ}C + 10,5$;

$R^2=0,72$; indiquant que les variétés tardives à longue GFP sont celles qui sont plus sujettes aux effets des fortes températures (Figure 1).

L'action négative des hautes températures sur la durée de remplissage a été rapportée par Sofield et al. (1977). Gebeyehou et al (1982) trouvent que les hautes températures induisent une réduction de la durée et augmentent le taux de remplissage du grain moyen, alors que

les basses températures allongent la durée de la GFP et réduisent la vitesse de remplissage du grain moyen, avec souvent, un effet positif sur le poids de 1000 grains et le rendement. Selon Ceccarelli (1994) ce n'est pas seulement les hautes températures et les vents chauds qui agissent négativement au cours du remplissage du grain mais également les faibles précipitations annuelles et leur distribution.

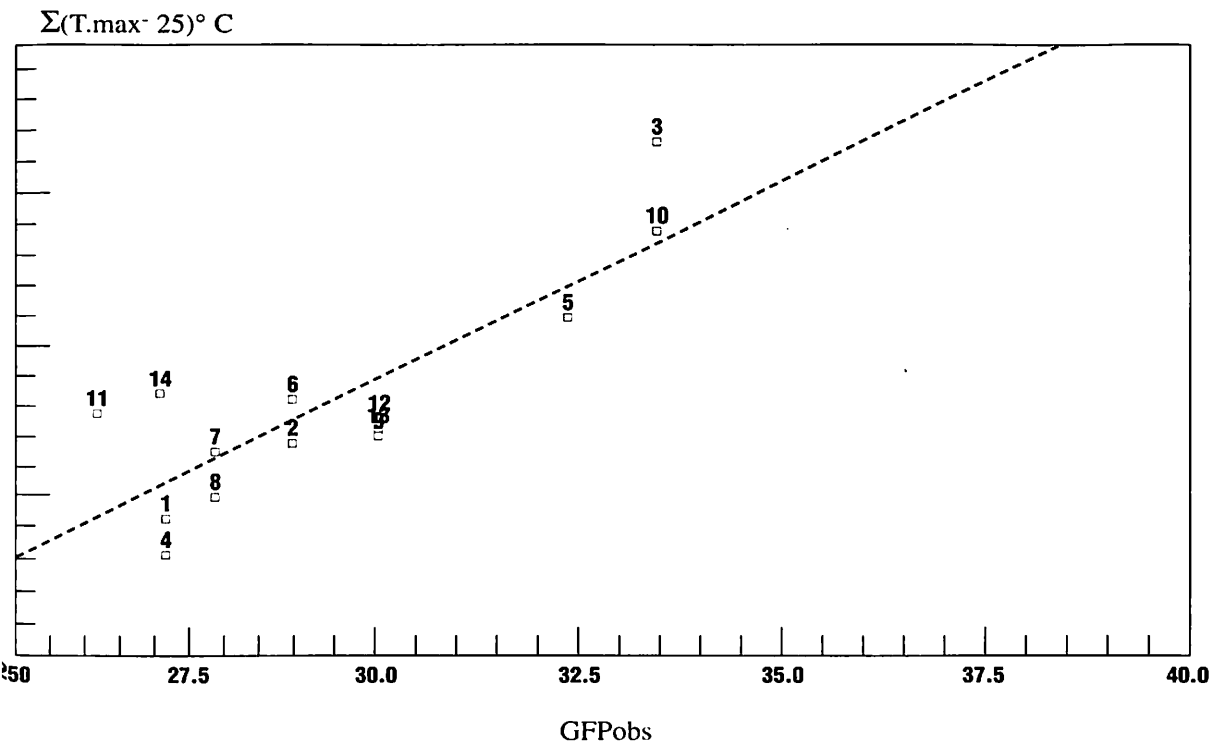


Figure 1. Relation entre la durée de la GFPobs est la $(T.max - 25)^\circ C$ comptée à partir du 1 mai 1995 (# variétés dans l'ordre du tableau 2)

La comparaison des rendements observés et estimés montre que les deux valeurs sont très proches. Leur corrélation est hautement significative ($r=0,97$). La régression du rendement observé sur celui estimé est de : $RDTOb=0,99RDTTest-1,36$. Elle confirme que le rendement estimé donne une idée assez précise sur le rendement observable; ceci, malgré une GFP très courte (Tab. II). L'existence d'une autre source d'assimilats en plus de celle des feuilles et des enveloppes de l'épi qui concourt au remplissage du grain n'est pas à écarter. Cette source supplémentaire est la tige.

La tige agit comme organe de stockage temporaire pour corriger le déséquilibre qui peut apparaître lorsque la phase rapide de remplissage du grain n'a pas encore débuté alors que la croissance végétative continue pendant ce laps de temps (McCaig & Clarke, 1982). Siddique et al. (1991) ont rapporté que la tige est l'organe principal de stockage de la matière sèche non structurale synthétisée après l'anthèse et remobilisée vers le grain, en cas d'appel. D'autres auteurs estiment la contribution de la matière sèche formée avant l'anthèse entre 3 à 30% de la matière sèche du grain à maturité (Gallagher et al. 1976, Austin et al. 1977, Bidinger et al. 1977).

A l'épiaison, la matière sèche accumulée par 30 tiges s'élève à 34g chez la variété tardive 417/458, alors que Chen/Auck avec 18 g est la variété qui se caractérise par le poids de tige le plus faible (Tab. II). Une diminution active du poids des tiges entre l'épiaison et la maturité, est observée chez tous les cultivars. Cette variation du poids des tiges est statistiquement significative,

puisque les coefficients de régression sont significativement différents de zéro chez les variétés étudiées.

Cette perte se fait à une vitesse moyenne de $-0,21\text{mg/ jour}$ pour 30 tiges ; elle confirme la translocation des assimilats vers le grain en formation et vers les racines si leur croissance n'est pas encore achevée. Ce transfert est variable selon les variétés, exprimé en équivalent grain, il varie de 4,74 mg pour Chen/Auk à 24,43 mg pour C19225/Trob, soit en % du poids moyen d'un grain de 16 à 61% (Tab. II). Le Gouis (1993) considère que le transfert de la matière sèche est une caractéristique génotypique. Le niveau des carbohydrates non structuraux transférés, dépasse 30% du poids sec de la tige peu après l'anthèse, puis diminue pour atteindre des niveaux faibles à maturité (Austin et al, 1977).

L'étude des corrélations entre les paramètres mesurés au cours de la période de remplissage montre que la vitesse de remplissage du peuplement est positivement corrélée avec le rendement ; les épis/m², les nombres de grains/épi et de grains/m² (Tab. III). Ceci indique que plus le nombre de grains/m² augmente, plus la variété engage des capacités de transfert d'assimilats assez importantes pour remplir ce nombre de grains produit. Elle est positivement corrélée avec la vitesse de remplissage /épi et négativement corrélée avec les ordonnés à l'origine des régressions par épi et par épis/m².

Les variétés ayant des épis assez gros à l'épiaison ont tendance à avoir une vitesse de remplissage des épis/m² assez faible comparativement aux variétés avec des épis de faibles poids. Les corrélations du rendement avec le poids de matière sèche de l'épi à l'épiaison et à

Tableau II. Rendement et durée de la phase de remplissage observés et estimés, poids des épis/m² à l'épiaison et à maturité et perte de MS chez la tige.

Variété	RDT		GFP		WNE		MS	Tige		D	D%Wg
	obs	est	obs	est	JAE	Mat		b±ET	a		
Chen/Auk	300	299	27	39,5	72	371	-0.16±0.03	18	4.74	16%	
Acu	260	263	29	36,1	85	348	-0.21±0.05	21	9.60	26	
417/458	190	197	33	41,8	70	267	-0.31±0.04	34	14.54	48	
Chen/Poc	300	299	27	38,9	65	364	-0.15±0.06	21	5.49	12	
904/Logh	260	264	32	38,2	62	362	-0.14±0.01	19	5.26	13	
Pg/Gdo	260	262	29	40,1	60	322	-0.24±0.05	26	10.10	26	
Ci9225	330	331	28	33,1	77	408	-0.30±0.04	30	24.43	61	
Karasu	350	347	28	37,8	69	416	-0.33±0.08	30	11.42	28	
Creso	250	250	30	39,6	56	306	-0.20±0.04	24	10.18	35	
Cando	330	330	33	37,3	73	403	-0.21±0.04	23	8.01	18	
S15/Geir	270	272	26	38,6	68	340	-0.21±0.06	21	8.07	21	
Waha	240	238	30	36,9	82	320	-0.14±0.03	20	5.65	17	
Bidi 17	200	208	30	36,0	45	253	-0.18±0.09	24	9.62	33	
O.Zenati	190	175	27	38,2	67	242	-0.19±0.09	24	11.62	36	
Moyenne	226	266	29	38,4	68	334					

maturité sont respectivement de -0,17 et 0,67 et celles avec le poids des épis/m² sont de 0,33ns et 0,97, indiquant que les poids de l'épi et des épis/m² à l'épiaison sont peu utiles dans la prévision du rendement grain des variétés de blé dur conduites en zones semi-arides d'altitude, cependant à

maturité il y a une forte liaison entre le rendement et le poids de matière sèche des épis/m² (Fig.2). La régression entre le rendement et les poids des épis/m² à l'épiaison et à maturité est de :
 $RDT = -0,59WNE \text{ épiaison} + 0,96WNE \text{ maturité} - 10,8$ avec $R^2 = 0,97$.

Tableau III. Corrélations entre les caractéristiques de la GFP et les autres traits.

Traits	NE/m ²		Epi		Grain		Tige		D	D%Wg
	b	a	b	a	b	a	b	a		
NE	0.58	-0.33	0.06	-0.24	-0.64	0.24	0.24	-0.43	-0.22	-0.35
NGE	0.84	-0.47	0.81	-0.56	-0.43	0.01	-0.15	-0.12	-0.15	-0.40
NGM ²	0.89	-0.49	0.55	-0.51	-0.64	0.13	0.03	-0.32	-0.23	-0.47
PMG	-0.36	0.14	0.06	0.17	0.92	-0.36	-0.52	0.66	0.63	0.75
RDT	0.98	-0.60	0.78	-0.60	-0.27	-0.07	-0.27	-0.03	0.08	-0.18
HI	0.68	-0.32	0.57	-0.41	-0.26	0.19	-0.20	-0.03	0.22	0.02
BIO	0.14	-0.17	-0.06	0.00	0.09	-0.27	-0.12	0.14	0.08	0.08
PHF	-0.50	0.39	-0.05	0.28	0.44	0.15	-0.20	0.41	0.31	0.43
VEG	-0.41	0.34	0.02	0.37	0.57	0.06	-0.58	0.82	0.64	0.73
MAT	-0.44	0.30	-0.03	0.42	0.62	0.00	-0.50	0.78	0.53	0.65
GFP ^{obs}	-0.16	-0.03	-0.12	0.26	0.26	-0.08	-0.06	0.24	-0.01	0.06
IR	0.87	-0.56	0.66	-0.72	-0.36	-0.12	-0.06	-0.26	-0.01	-0.26

La vitesse de remplissage/grain est négativement corrélée avec les épis/m² et le nombre de grains/m², et positivement corrélée avec le PMG, VEGP et DMAT et avec la quantité de matière sèche perdue par la tige entre l'épiaison et la maturité. Ces résultats indiquent que les variétés qui produisent beaucoup d'épis et de grains/m² ont tendan-

ce à avoir une vitesse de remplissage/grain assez faible mais qui réussissent de bons rendements suite à leur nombre de grains/m² qui compense pour cette faible vitesse. Une vitesse de remplissage/grain, assez forte, est à l'origine de bons PMG et se rencontre chez les variétés de type tardif à l'épiaison et à maturité.

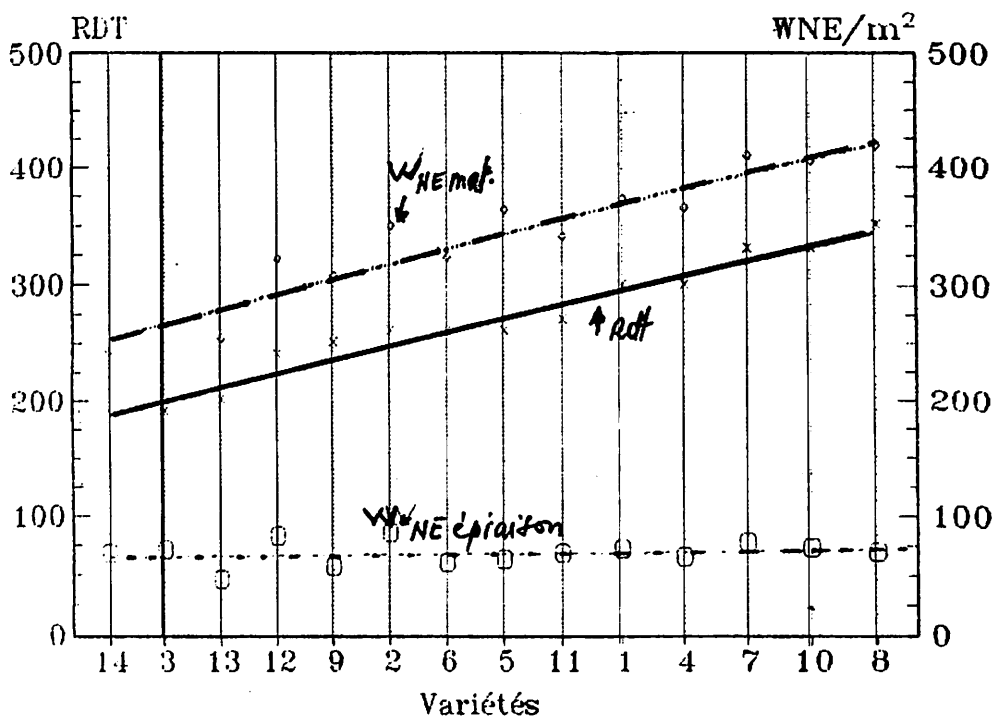


Figure II. Variation du rendement en fonction du poids des épis/m² à l'épiaison et à maturité (# variétés dans l'ordre du tableau 2).

CONCLUSION

La cinétique de la matière sèche de l'épi, du grain et celle de la tige, après l'épiaison, chez des variétés conduites en conditions semi-arides, laisse apparaître que le génotype productif se caractérise par une vitesse de remplissage des épis/m² assez élevée alors que les variétés aux faibles rendements possè-

dent une vitesse de remplissage /grain assez forte. Les géotypes peu productifs sont en général assez tardifs à l'épiaison et à maturité. Comme la fin du cycle de la culture de blé dur dans ces zones se caractérise par l'avènement de la sécheresse et des hautes températures, la durée de la phase de remplissage est raccourcie de fait.

Les variétés tardives, pour se rattraper, font plus appel aux assimilats stockés dans la tige pour mieux remplir le gros grain qui les caractérise.

Les conditions de croissance font que le poids de matière sèche de l'épi ou celui des épis/m², à l'épiaison n'est d'aucune utilité dans la prévision du rendement final.

Références bibliographiques :

Austin RB., Edrich JA., Ford MA., Blackwell RD. (1977) : The fate of dry matter carbohydrates and C14 loss from leaves and stem of wheat during grain filling. *An. Bot. London* 41:1309-1321.

Avey DP., Ohum HW., Nyquist WE. (1982) : Three cycles of simple recurrent selection for early heading in winter wheat. *Crop Sci.* 22 :908-912.

Bidinger F., Musgrave RB., Fischer RA. (1977) : Contribution of stored preanthesis assimilate to grain yield in wheat and barley. *Nature* 270:431-433.

Ceccarelli S. (1994) : Specific adaptation and breeding for marginal conditions. *Euphytica* 60:1-15.

Gebeyehou G., Knott DR., Baker RJ. (1982) : Relationships among duration of vegetative and grain filling periods and grain yield in durum wheat cultivars. *Crop Sci.* 22:287-290.

Gallagher JN., Biscope PV., Hunter N. (1976) : Effects of drought on grain growth. *Nature* 264:541-542.

Kulshrestha VP., Jain HK. (1982) : 80 years of wheat breeding in india : past pressures and futur prospects. *Euphytica* 67 : 19-30.

Legouis J. (1993) : Grain filling and shoot growth of 2 and 6-row winter barley varieties. *agronomie* 1232:545-552.

Mc Caig TN., Clarke JM. (1982) : Excised leaf water retention capability as an indicator of drought resistance in triticum genotypes. *Can. J. Plant Sci.* 62:571-578.

Meynard JM. (1987) : L'analyse de l'élaboration du rendement des céréales sur les essais de fertilisation. *Pers. Agric.* 115:76-83.

Oury FX., Brabant P., Pluchard P Berard P., Rousset M. (1993) : Etude de la supériorité des blés hybrides au niveau des capacités de remplissage du grain. *agronomie* 13:381-393.

Sharma RC. (1992) : Analysis of phytomass yield in wheat. *Agro. J.* 84:926-929.

Sofield I., Evans LT., Cook MG Wardlam IE. (1977) : Factors influencing the rate and duration of grain filling in wheat. *Aus J. Plant Physiol.* 4:785-797.

Siddique KHM., Kirby EJM., Perry MW. (1989) : Ear:stem ratio in old and modern wheat varieties. *FCR.* 21:59-78.

Triboi E. (1982) : Ecophysiologie du blé dur d'hiver. La période floraison maturité CR exposés du séminaire de Vichy sur les systèmes céréaliers 15-34.

Triboi E. (1990) : Modèle d'élaboration du poids du grain chez le blé tendre. *Agronomie* 10:191-200.