

MISE AU POINT D'UNE MÉTHODE DE QUANTIFICATION VISUELLE DU DÉVELOPPEMENT DU BLÉ

M. SEMIANI et F. BELKHIRI

INRAA, Laboratoire de bioclimatologie, CRP de Mehdi Boualem, BP 37, Baraki 16210 Alger.

Résumé : *La quantification quotidienne des variations de la morphologie de la plante est primordiale. Ces variations sont, en fait, utilisées pour effectuer un suivi précis des cultures et évaluer leur réponse aux divers traitements et/ou aux conditions du milieu. L'échelle de Haun permet de quantifier visuellement ces variations de manière à fournir une expression numérique continue du développement. Le système de notation se base sur l'apparition régulière des feuilles. Chaque feuille représente une unité de développement. Après l'émergence de la dernière feuille, le restant du développement morphologique visible est divisé en quatre unités additionnelles : élongation de la dernière feuille, le gonflement de la dernière gaine, l'émergence de l'épi et l'élongation du pédoncule. Les unités en croissance sont subdivisées en fractions décimales commençant par l'apparition des unités et se terminent avec l'apparition de l'unité suivante. La phase du développement de la plante est donné par : le nombre d'unités plus une fraction décimale correspondant à l'unité en croissance. Cette méthode pourrait être appliquée aux blés tant que des feuilles sont en expansion. Pour les stades suivants, le principe et le procédé de mesure semblent moins clairs. L'objectif de cet travail est de trouver des critères constants permettant de quantifier les stades qui suivent ceux des feuilles. Les résultats ont montré que les longueurs de l'avant dernière gaine, de la dernière gaine, de l'épi et du dernier limbe foliaire pourraient être utilisées comme repères pour quantifier respectivement les stades élongation de la dernière feuille, le gonflement de la dernière gaine, l'émergence de l'épi et l'élongation du pédoncule. En fait, Ces organes de référence se sont avérées stables pendant le déroulement des différents phases et constantes chez les quatre variétés et régimes hydriques étudiés.*

Mots clés : *Blé, Développement, Quantification visuelle, Echelle de Haun, Stades de développement.*

Abstract : *Daily changes quantification in the morphology of the plant is essential. In fact, they are used for documenting the status of development or for evaluating the growth response to various treatments or environmental conditions. The Haun scale can quantify visually this changes in a manner to provide a continuous numerical expression of plant development. Note taking system makes use of the regular appearance of leaves. Each new leaf represents a development unit. After flag leaf emergence, the remaining visible morphological development is divided into four additional units. The growth units are subdivided into decimal fractions beginning with the appearance of each leaf or subsequent unit and ending with the appearance of the next. Daily status or stage of plant development is designated as the total number of units plus the fractional portion of the next unit. This method can be applied to wheat while leaves are expanding. For next stages, measurement principle and process seem less clear. The objective of this work is to find criteria allowing to quantify stages that fit the one applied to leaves. Results show that lengths of the two last sheaths, the spike and the flag leaf can be used as markers to quantify the last leaf elongation, boot stage, spike emergence and peduncle length. In fact, these lengths of reference have proven to be stable, during the process of the different stages, and constant for the four varieties and watering pattern studied.*

Key words : Wheat, Development, Visual quantification, Haun scale, Development stages.

INTRODUCTION :

La recherche de variétés résistantes à la sécheresse constitue un objectif principal des programmes de sélection et / ou d'amélioration au niveau des zones semi-arides. La procédure habituelle d'évaluation de la résistance à la sécheresse consiste à lier les rendements des variétés à ceux d'un cultivar standard sur plusieurs années et dans différents sites (Anderson and Reinbergs, 1985). Cette procédure dépend des variations annuelles des conditions climatiques et demande beaucoup de temps. Les sélectionneurs ont toujours souhaités des techniques de mesure simples et rapides utilisables sur les premières générations de matériel végétal. Parmi ces techniques, on peut citer : le potentiel hydrique et le potentiel osmotique foliaire, l'ajustement osmotique, la résistance à la diffusion de la vapeur d'eau par les feuilles, les teneurs relatives en eau des feuilles, la perte d'eau des feuilles exisées, le module d'élasticité, la température du couvert végétal et la différence des températures air/couvert végétal. Toutes ces techniques sont en théorie des critères de criblage des variétés vis à vis de la contrainte hydrique. Toutefois elles sont pénibles et demandent beaucoup de temps pour leur mise en oeuvre (Matin et al, 1989). La mise au point de techniques plus simples, peu coûteuses, non destructives et réalisables

dans les conditions du champ est primordiale dans le sens où ces techniques faciliteront beaucoup le travail des sélectionneurs. Dans ce contexte, les processus de développement et de croissance des plantes peuvent constituer des outils intéressants. En fait, la plupart de ces (séquence de développement des talles, la croissance en hauteur, la production de la matière sèche, la surface et l'indice foliaire) ont été identifiés comme étant des paramètres étroitement liés à la sensibilité au stress hydrique, leur variation constitue l'une des causes de la variation du rendement en grain (Cannel, 1969; Hadjichristodoulou et Kari, 1984; Clarke, 1985; Passioura, 1981; Meziani, 1987). L'échelle de Haun (1973) pourrait constituer un outil intéressant pour quantifier les effets des facteurs de l'environnement sur la croissance et le développement des plantes. Ce système de mesure permet, quotidiennement, la quantification visuelle des variations morphologiques des plantes. Toutefois, cette échelle pose un certain nombre de contraintes. En effet, le système d'observation ; est assez claire et précise tant que des feuilles sont en expansion. Au delà des stades foliaires, le principe et le procédé de mesure semblent moins clairs.

Notre recherche vise à identifier des repères stables et constants permettant de faire un suivi précis des cultures. On s'attachera essentiellement aux stades qui suivent le développement

foliaire. Il s'agirait principalement des stades relatifs à l'élongation et au gonflement de la dernière gaine, l'émergence de l'épi et l'élongation du pédoncule.

MATERIEL ET METHODE :

L'expérimentation a été réalisée durant la période allant de novembre 1992 à juin 1993 en milieu semi-contrôlé (serre tunnel), à la station de recherche en phytotechnie de Baraki (INRAA). L'essai a porté sur quatre variétés de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) et 4 régimes hydriques : teneurs en eau du sol maintenues entre 15 - 18%, 18 - 22%, 22 - 26% et 26 - 30%. les variétés de blé utilisées sont : Acsad 59 (d'origine syrienne), Benmebrouk (d'origine algérienne: sahara), Strampelli (d'origine Italienne) et Siété Cérros (d'origine CYMMIT). Les teneurs en eau du sol ont été, en fait, mesurées hebdomadairement par la méthode gravimétrique. Le déficit hydrique calculé a été utilisé pour porter l'humidité du sol à 18, 22, 26 et 30% suivant les traitements. La planification expérimentale adoptée étant celle du split plot avec les régimes hydriques comme traitements principaux, les variétés comme sous traitements avec quatre répétitions. Chaque variété comporte 3 lignes d'une longueur de 3m. Les distances séparant les lignes et les plantes ont été respectivement de 10 et 5 cm, quant à la distance séparant les régimes hydriques, elle a été fixée à

100 cm. Les 2 lignes extérieures de chaque ligne ainsi que les extrémités (20 cm) ont été utilisées comme bordures. Nos observations ont portées sur 5 plantes choisies aléatoirement au niveau de la rangée centrale.

Les mesures effectuées ont consisté en un suivi du développement des quatre variétés dans les différentes conditions hydriques. La méthode utilisée est celle de Haun (1973). Cette méthode permet, quotidiennement, la détection et la quantification visuelle des variations morphologiques de la plante de manière à fournir une expression numérique continue du développement. Cette méthode est analogue à celle décrite par Hyggins (1952); Higgins et al., (1964); Higgins et Decker (1971) et Lewis et Haun (1971). La caractéristique essentielle de la méthode est la sélection d'un point « 0 » du développement morphologique de chaque feuille et / ou autres organes de la plante (n). Ce point correspond au début de l'apparition de l'organe. Le développement morphologique de l'organe considéré s'apprécie à partir de sa comparaison avec l'organe de rang immédiatement inférieur « n - 1 ». La comparaison des 2 organes se réalise sur la base de mesure physique : la longueur, la fin du développement de l'organe considéré aura lieu lorsque le rapport entre sa longueur et celle de la référence devient « 1 ». Ce point devrait correspondre au début du développement morphologique de l'organe (n+1).

Le système de notation chez les blés se base sur l'apparition régulière des feuilles. Ainsi, un limbe complètement déployé vaut un (01) point, une décimale correspondant à la longueur du limbe en croissance par rapport à la longueur du dernier limbe complètement déployé est ajoutée à cette unité. Le stade de Haun est donné par le nombre de feuilles déployées plus la fraction décimale. (fig. 1 et 2). Nous remarquons que, dans sa formulation originelle, le stade de Haun augmente d'une unité chaque fois que la pointe d'une nouvelle feuille apparaît. Il est en effet défini comme le nombre de feuilles visibles moins un (01) plus une fraction décimale correspondant

au dernier limbe en croissance. Comme chez le blé un seul limbe est en croissance à un moment donné, cette définition de stade de Haun correspond bien à celle que nous avons donné plus haut.

Cette échelle apparaît assez claire tant que des feuilles sont en expansion. Pour les stades suivants, le principe et le procédé de mesure sont peu explicites. En effet, après le début de l'émergence de la gaine de la dernière feuille, le restant du développement morphologique visible est divisé en quatre (04) unités additionnelles (fig. 3, 4, 5 et 6) se rapportant à :

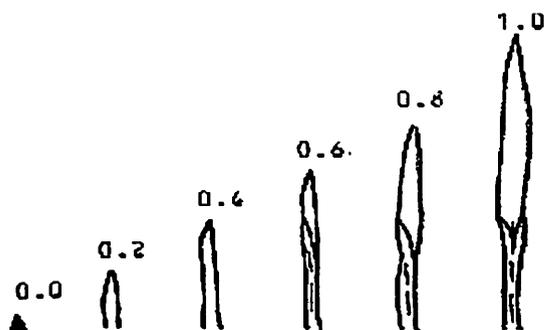


Fig. 1 : Développement de la première feuille.



Fig. 2 : Développement des restes des feuilles.



Fig. 3 : Elongation de la dernière feuille



Fig. 4 : Gonflement de la gaine



Fig. 5 : Emergence de l'épi



Fig. 6 : Elongation du pédoncule

- **L'élongation de la gaine dernière feuille** : Ce stade est donné par « $x +$ fraction décimale »; avec « x » représentant le nombre de feuilles déployées. La fraction décimale correspond, en principe, au rapport entre la longueur de la gaine de la dernière feuille par rapport à la longueur du dernier limbe, cependant, l'auteur ne précise pas la longueur de référence mise dans la figure présentée (Fig. 3). Il se pourrait qu'il s'agisse plutôt du limbe de l'avant dernière feuille, auquel cas, cette référence serait la même pendant le développement de la dernière feuille et l'élongation de sa gaine. Cette manière de procéder serait plus adéquate dans le cas de l'estimation visuelle du développement. Il est toutefois précisé que cette étape se termine (la décimale devient «1») quand les premiers signes de gonflement sont visibles. Ceci impliquerait que les premiers signes de gonflement correspondraient au moment où la gaine de la dernière feuille atteindrait une longueur plus ou moins égale au dernier limbe. L'apparition des premiers signes de gonflement semble difficile à estimer avec précision et de plus, ils apparaissent dans l'avant dernière gaine.

- **Le Gonflement de la gaine du dernier limbe** : L'échelle de Haun est donné par « $1 + x +$ fraction décimale ». Cette dernière correspondrait apparemment (figure 4) au diamètre de la dernière gaine. Le calcul du gonflement de cet organe semble se faire

sans référence mise à part l'appréciation visuelle faite, vraisemblablement, sur la base de la partie gonflée de la dernière gaine. Il est possible que les mesures soient faites par rapport à la longueur totale de la gaine du dernier limbe foliaire. Il s'agirait du rapport de la longueur de la partie gonflée de la gaine à sa longueur totale. Cette phase s'achève avec l'émergence de l'épi.

- **L'émergence de l'épi** : le stade de Haun correspond à « $2 + x +$ fraction décimale », là encore, la figure présentée par Haun n'est pas très explicite. Apparemment, on mesure la longueur de la partie inférieure non éclatée de la dernière gaine par rapport à sa longueur totale. Remarquons que cette mesure correspond pratiquement à celle de la longueur du pédoncule par rapport à celle de la gaine de la dernière feuille. Ceci correspond mieux au principe présenté par Haun selon lequel, la fraction décimale est calculée en comparant la longueur d'un organe en expansion par rapport à celle de l'organe qui le précède. Cette phase se termine une fois que l'épi sont complètement de la graine (figure 5).

- **L'élongation du pédoncule** : Le stade de Haun correspond à « $3 + x +$ fraction décimale ». (figure 6). Il semble que la fraction décimale soit estimée en comparant la longueur de la partie émergée du pédoncule par rapport à sa longueur finale. Comme cette dernière n'est pas observée à l'avance, il se pourrait qu'on utilise

comme référence la longueur du dernier limbe. Il suffira donc de comparer la longueur de la partie visible du pédoncule à celle du dernier limbe.

Ainsi, nos mesures visent à vérifier les hypothèses ci dessus. Dans ce contexte, au début et à la fin de chaque stade de développement, on a procédé à la mesure des longueurs d'un certain nombre d'organes du maître brin :

- Le stade élongation de la dernière feuille :

Longueurs visibles des 02 derniers et gaines foliaires.

- Le stade gonflement : Longueurs visible et gonflée de la gaine de la dernière feuille

- Le stade émergence de l'épi : Longueurs totale et de la partie émergée de l'épi.

- Le stade élongation du pédoncule : Longueurs visible du dernier limbe foliaire et du pédoncule.

L'ensemble des résultats a fait l'objet d'une analyse de la variance pour déterminer à partir de quel moment la longueur d'un certain nombre d'organes est stable afin qu'elle puisse être utilisée comme repère pour quantifier les différentes phases de développement, et de déterminer également la constance des rapports entre la longueur des organes en développement et celle des organes de référence et cela dans une collection de variétés et dans différentes conditions hydriques.

RESULTATS ET DISCUSSIONS :

Le stade élongation de la dernière

feuille débute avec l'apparition de la ligule de la dernière feuille et s'achève lorsque les premiers symptômes de gonflement se manifestent. Les longueurs du dernier et de l'avant dernier limbe foliaires sont très différentes ($P < 0.01$) de celle des gaines des dernières feuilles au moment de l'apparition des premiers symptômes de gonflement (tableau I.). Ces deux dernières longueurs ne peuvent donc constituer telles quelles une mesure de référence pour apprécier le développement de la gaine de la dernière feuille. On note que la valeur «1», valeur souhaitable pour marquer la fin d'un stade de Haun et le passage au stade suivant (fin du stade «élongation de la dernière feuille et début du gonflement», est représentée en moyenne par la valeur «0.3» lorsqu'on prend l'un des 02 derniers limbes foliaires comme référence pour apprécier le développement de la dernière feuille. Toutefois les fractions décimales correspondantes aux parties visibles des 02 dernières gaines foliaires semblent être fortement liées. En effet, les premiers signes de gonflement apparaissent lorsque les longueurs des parties visibles des gaines des 02 dernières feuilles sont identiques ($P < 0.05$) (tab. II). Cette égalité des longueurs s'est vérifiée chez les 04 variétés et les différents régimes hydriques étudiés (fig. 7). Cela suggère que ces 02 organes sont affectés de la même manière par la variété et la contrainte hydrique. Au cours de ce stade, l'avant dernière gaine présente vraisemblablement une longueur stable chez l'ensemble des

variétés et régimes hydriques étudiés (tableau III). Ainsi, l'avant dernière gaine visible semble être un repère stable et constant pouvant être utilisé

pour apprécier le développement morphologique manifesté par la dernière feuille chez les blés.

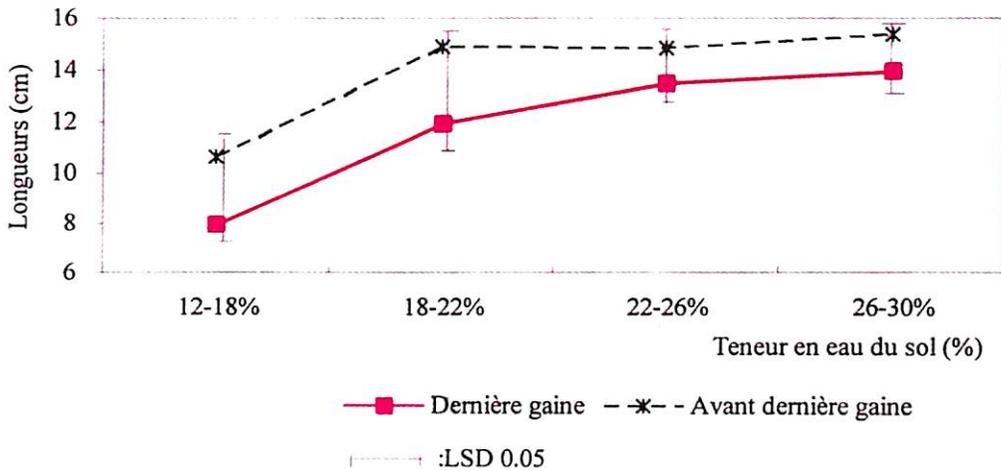


Fig. 7 : Longueurs moyennes des parties visibles des gaines des deux dernières feuilles de 03 variétés de blé tendre dans différentes conditions de teneur en eau du sol au moment de l'apparition des premiers symptômes de gonflement (cm).

Quant au stade gonflement, il débute avec l'apparition des premiers signes de gonflement et s'achève avec le début de l'émergence de l'épi. Les premiers symptômes de gonflement apparaissent d'abord au niveau de la zone ligulière de l'avant dernière feuille. Ce stade résulte à la fois de la croissance du pédoncule et de l'épi. Ces deux processus de croissance se déroulent à l'intérieur de la gaine de la dernière feuille. Il serait pratique alors de le mesurer par la distance séparant le dernier noeud (base de la gaine de la dernière feuille) et le sommet de l'épi. Ces deux organes peuvent se situer au toucher (sans ouvrir la gaine) lorsque le sommet de l'épi se situe au moins au niveau de l'insertion de l'avant dernière feuille (base de la dernière gaine visible). Lorsque la dernière gaine est

gonflée sur toute sa longueur, sa partie médiane apparaît souvent sur le côté de celle-ci qui commence à éclater. Cela correspond au début émergence. La figure 8 montre, en effet, que lors du stade début émergence de l'épi, les longueurs totales et gonflées de la gaine de la dernière feuille sont identiques ($P < 0.05$). Cela suggère que la fin du stade gonflement a lieu lorsque le rapport entre la longueur finale de la gaine de la dernière feuille et la distance séparant la base de celle-ci (dernier noeud) au sommet de l'épi est égale à la valeur «1». Ce rapport a été trouvé constant chez les 04 variétés testées et dans différentes conditions de teneur en eau du sol. Cela signifie que la dernière gaine, le dernier entre noeud et l'épi sont affectés de la même manière.

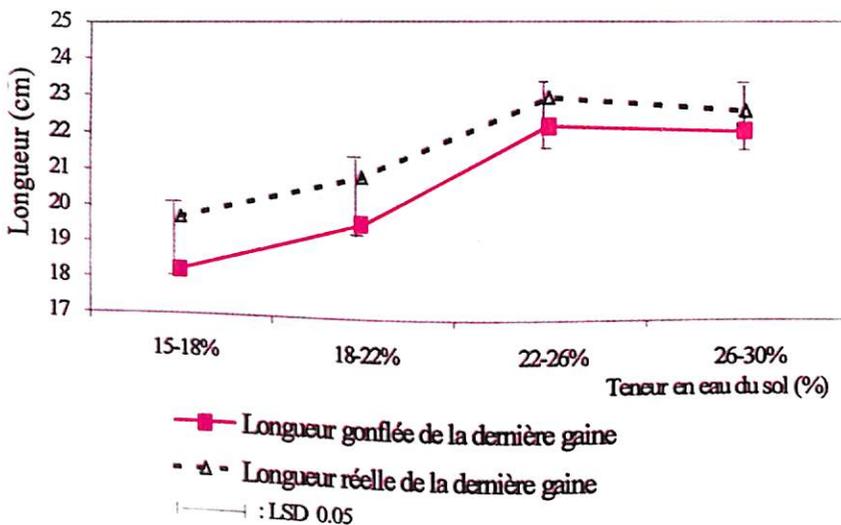


Fig.8 : Longueurs réelle et gonflée de la gaine de la dernière feuille de 04 variétés de blé tendre dans différentes conditions de teneur en eau du sol au moment de l'émergence de l'épi (cm).

Tableau I : Comparaison des longueurs visibles des 02 derniers limbes foliaires avec celles des gaines visibles des dernières feuilles au moment de l'apparition des premiers symptômes de gonflement d'un blé : variété Acsad 59 (cm).

N° Plante	Longueur visible du dernier limbe foliaire.	Longueur visible de l'avant dernier limbe foliaire.	Longueur visible de la gaine de la Dernière feuille.	Rapports entre les longueurs visibles de la dernière gaine et du dernier limbe foliaire.	Rapports entre les longueurs visibles de la dernière gaine et l'avant dernier limbe foliaire
1	37.00	37.70	11.40	0.31	0.30
2	30.00	38.30	7.20	0.24	0.19
3	33.30	40.60	10.10	0.30	0.25
4	28.20	37.60	8.50	0.30	0.23
5	40.10	42.70	12.20	0.30	0.29
6	37.80	40.60	11.10	0.29	0.27
7	38.70	39.80	12.00	0.31	0.30
8	31.90	37.90	12.60	0.38	0.32
9	31.60	37.10	9.60	0.30	0.26
10	36.30	38.80	10.70	0.29	0.26
11	37.60	38.70	11.40	0.30	0.29
12	34.70	39.50	9.20	0.27	0.23
13	42.30	41.70	10.90	0.26	0.26
14	44.10	41.70	10.60	0.24	0.25
15	38.60	42.00	14.46	0.38	0.35
16	38.00	40.00	12.50	0.33	0.31
17	37.00	39.70	11.80	0.32	0.30
18	38.20	39.10	9.20	0.24	0.24
19	31.80	39.00	9.90	0.31	0.25
20	40.60	39.40	10.00	0.25	0.25
Moyenne	36.40	39.60	10.70	0.30	0.27
Test F.	965.77**	5929.41***	-	-	-
C.V%	11.10	4.70	-	-	-

Tableau II : Comparaison des longueurs visibles des gaines des dernières et avant dernières feuilles au moment de l'apparition des premiers symptômes de gonflement d'un blé tendre : variété Acsad 59 (cm)

N° Plante	Longueur visible de la gaine de la dernière feuille	Longueur visible de la gaine de l'avant dernière feuille	Rapports entre les longueurs visibles de la dernière et de l'avant dernière gaine foliaire.
1	11.40	11.30	1.01
2	7.20	11.70	0.62
3	10.10	11.60	0.87
4	8.50	12.70	0.67
5	12.20	12.50	0.96
6	11.10	11.30	0.98
7	12.00	10.60	1.13
8	12.00	11.00	1.08
9	9.60	11.30	0.85
10	10.70	11.20	0.96
11	11.50	11.40	1.01
12	11.60	11.50	1.00
13	10.10	11.40	0.89
14	10.50	11.30	0.93
15	13.60	12.00	1.13
16	16.70	12.30	1.26
17	16.50	12.30	1.34
18	12.20	12.40	0.98
19	15.40	12.50	1.23
20	14.00	12.50	1.12
Moyenne	11.80	11.80	1.00
Test F.	0.01NS	-	-
C.V%	15.20	-	-

Tableau III : Evolution de la longueur de l'avant dernière gaine de 03 variétés de blé tendre dans différents niveaux de régime hydrique, à partir du stade «début élongation dernière gaine» jusqu'au stade «apparition des premiers signes de gonflement» (cm).

VAR	Teneur en eau du sol (%)	Jours après début élongation de la partie visible de la gaine de la dernière feuille.						Test F. et PPDS 0.05	C.V.%
		1	2	4	5	6	10		
V1	15-18%	6.96	7.28	8.62	8.96	9.24	9.58	3.91NS	13.66
	18-22%	9.70	10.04	10.68	10.96	10.98	10.82	0.82NS	11.68
	22-26%	12.10	12.44	12.62	12.44	12.76	12.64	1.14NS	3.95
	26-30%	12.58	12.92	13.04	13.04	13.14	13.10	0.79NS	3.84
V2	15-18%	8.62	9.20	10.40	10.54	10.64	10.72	0.31NS	35.75
	18-22%	16.60	17.52	18.64	18.72	18.74	18.70	1.58NS	8.79
	22-26%	14.08	14.84	14.84	14.84	14.82	14.64	0.50NS	6.54
	26-30%	16.16	16.26	16.34	16.28	16.32	16.36	0.04NS	4.69
V3	15-18%	5.80(a)	5.88(a)	6.64(a)	9.18(b)	10.42(b)	10.90(b)	8.81**	21.41
	18-22%	9.00(a)	10.04(a)	12.74(b)	14.52(b)	14.56(b)	14.42(b)	«2.27»	11.17
	22-26%	14.42(a)	14.68(a)	15.00(a)	15.20(a)	15.56(b)	15.92(b)	15.46**	4.11
	26-30%	15.92	16.14	16.22	16.28	16.70	16.78	«1.83» 3.97** «0.81»	8.08

V1 : Siété Cérros, V2 : Benmebrouk V3 : Strampelli,

Du fait que le stade gonflement débute lorsque l'épi est au niveau de l'insertion de l'avant dernière feuille (qui correspond à la base de la partie visible de la gaine de la dernière feuille), il est logique de prendre, comme mesure de référence, la longueur de la partie visible de la dernière gaine (longueur apparente définie par la distance entre les cols de la dernière et de l'avant dernière feuille) pour apprécier ce stade. Cependant, cette longueur apparente n'est pas stable. Elle continue de croître après l'apparition des premiers signes de gonflement à cause sans doute de la croissance du dernier entre noeud. On remarque, en effet, que les longueurs apparentes des dernières gaines de la

variété Acsad 59 à différents niveaux de teneur en eau du sol aux stades début et fin gonflement diffèrent d'une manière hautement significatives ($P < 0.01$) (Tableau IV). Toute-fois, la longueur réelle de la dernière gaine, c'est à dire la longueur définie par la distance entre le dernier noeud (non visible à ce moment, mais reconnaissable au toucher) et la ligule de la dernière feuille est stable à partir du début gonflement (Fig. 9). La longueur réelle de la dernière gaine peut donc constituer un repère constant pour apprécier le stade gonflement. On relève toutefois qu'au début du stade gonflement la totalité de la gaine de la dernière feuille n'est pas encore visible et qu'il faut la situer au toucher.

Tableau IV. Comparaison des longueurs des parties visibles de la gaine de la dernière feuille aux stades début et fin gonflement dans différentes conditions de teneur en eau du sol du blé « variété Acsad 59 » (cm).

Teneur en eau du sol (%)	Longueur de la partie visible de la gaine de la dernière feuille.		Test. F.	C.V%
	Stade début gonflement	Stade fin gonflement		
15-18%	7.34	17.58	172.47***	9.89
18-22%	10.18	16.98	54.67***	10.71
22-26%	12.00	19.46	726.35***	2.79
26-30%	12.84	21.26	210.24***	5.39

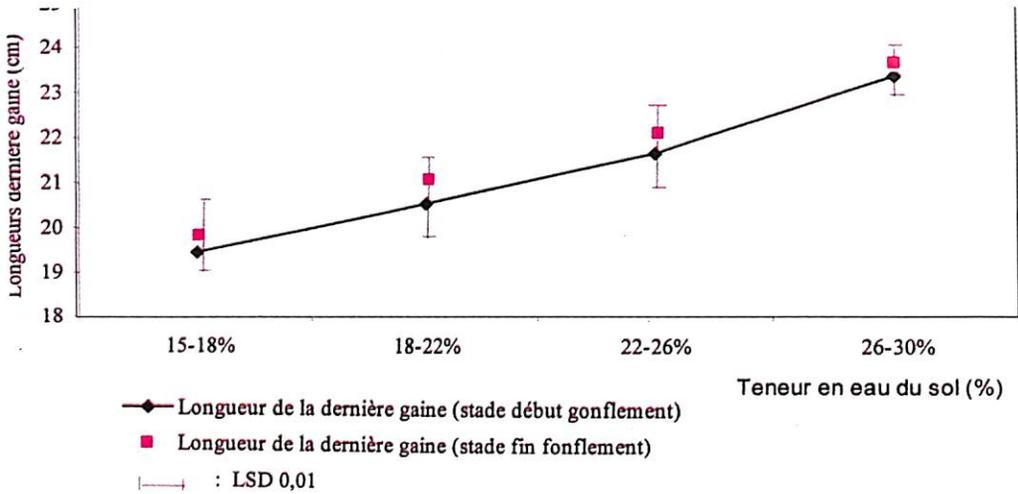


Fig. 9 : Longueur réelle moyenne de la gaine de la dernière feuille aux stades début et fin gonflement, de 04 variétés de blé tendre, dans différentes conditions de teneur en eau du sol (cm).

L'élongation du pédoncule débute lors de la manifestation des premiers signes de gonflement (Tableau V). A ce stade, l'épi n'a pas encore atteint sa longueur finale et le pédoncule n'est pas encore visible, l'épi continue, en fait, de croître jusqu'aux stades fin gonflement / début émergence (Fig. 10). En ce sens, le stade gonflement résulte de la croissance de ces derniers organes (épi et pédoncule). Pour quantifier le stade gonflement, l'idéal serait donc de comparer les variations morphologiques de l'épi et du pédoncule par rapport à la longueur réelle de la gaine de la dernière feuille.

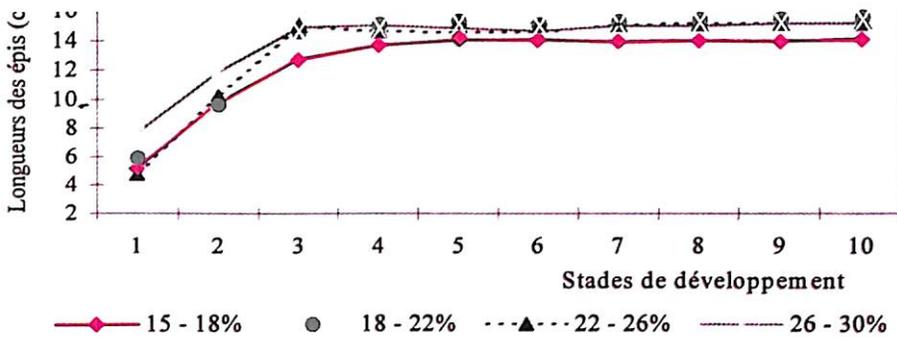
La quantification de la croissance de l'épi est très difficile à réaliser car

nous n'avons pas pu trouver un repère constant permettant de faire la transition entre la longueur de l'épi avant et après le début gonflement. Le stade gonflement, pourrait néanmoins être estimé en comparant la longueur du pédoncule plus celle de l'épi (qu'on situera au toucher) à la longueur réelle de la gaine de la dernière feuille. La fraction décimale définie sera majorée d'un coefficient permettant de prendre en compte uniquement la croissance de l'épi. Ce coefficient correspondrait au rapport entre la longueur réelle de l'épi et celle de la dernière gaine.

Tableau V. Longueurs des pédoncules de 4 variétés de blé tendre dans différentes conditions de teneur en eau du sol, au moment de l'apparition des premiers signes de gonflement (cm).

Teneur en eau du sol (%)	Variétés				F.TEST			CV %
	V1	V2	V3	V4	VAR	RH	VAR*RH	
15 - 18%	0.73	1.13	0.63	0.80				
18 - 22%	1.47	1.47	1.00	1.60				
22 - 26%	1.47	1.53	1.03	1.73	8.50 *	65.21**	87.46**	16.8 %
26 - 30%	1.80	1.87	1.10	1.77				

V1 : Siété Cerros, V2 : Benmebrouk V3 : Strampelli, V4 : Acsad 59.



(1) Début elongation dernière gaine ; (2) début gonflement ; (3) début émergence ; (4,5,6, 7 et 8) longueurs épis respectivement 2, 3, 4, 7 et 9 jours après le début de l'émergence ; (10) fin du stade émergence.

Fig. 10 : Evolution de la longueur des épis de 4 variétés de blé tendre dans différents niveaux de régime hydrique, à partir du stade «début elongation dernière gaine» jusqu'au stade «émergence» (cm).

Pour ce qui est du stade émergence, il débute avec les premiers signes d'éclatement de la gaine de la dernière feuille et s'achève lorsque le pédoncule est visible. En fait, lorsque le sommet de l'épi atteint exactement la ligule de la dernière feuille, souvent, sa partie médiane apparaît sur le côté de la gaine de la dernière feuille. Cela correspond au début du stade émergence. Par la suite, l'épi émerge progressivement de la gaine de la dernière feuille jusqu'à ce que le pédoncule (base de

l'épi) soit visible. Cela correspond à la fin du stade émergence. La figure 10 montre que pour l'ensemble des variétés et traitements étudiés, la longueur finale de l'épi est atteinte au stade début émergence. Cela suggère que l'émergence résulte uniquement de l'allongement du pédoncule. Dans ce cas, pour définir le stade émergence, il serait logique de comparer la partie émergée de l'épi par rapport à sa longueur réelle qui serait toutefois déterminée au toucher puisque l'épi n'est

pas dégagé à ce moment. Ainsi lorsque le 1/5 de l'épi est dégagé, la fraction décimale vaudra (0.2), lorsque les 2/5 sont dégagés, elle vaudra (0.4)....., lorsque l'épi entier est dégagé, la fraction décimale vaudra (1)

Pour ce qui est du stade élongation du pédoncule, celui-ci commence lorsque le pédoncule est visible au niveau de la ligule de la dernière feuille et se termine à la fin de sa croissance (début floraison). Pour définir les stades de développement du pédoncule, il est pratique d'utiliser la longueur du dernier limbe comme mesure de référence. En fait, les longueurs finales visibles des pédoncules de 4 variétés de blé tendre atteintes dans différentes conditions de teneur en eau du sol sont associées positivement avec les longueurs finales des derniers limbes ($r = 0.67^*$). Il est à noter que les rapports entre les longueurs de ces 02 organes ne sont pas constant chez l'ensemble des variétés et dans les différentes conditions de teneur en eau du sol (Tableau VI). Les chiffres indiquent que la longueur finale de la partie émergée du pédon-

cule correspond en moyenne à 6/10 de la longueur finale du dernier limbe pour les variétés Siété Cerros, Strampelli et Acsad 59. Néanmoins ce rapport n'est de que de 4/10 pour la variété Benmebrouk. Ce rapport est donc affecté par les conditions du milieu et la variété. En fait, il est connu que le pédoncule est fortement tributaire des conditions de stress hydrique au moment de son élongation c'est à dire à la phase montaison (période critique pour l'eau). Ainsi, le pédoncule et le dernier limbe présentent manifestement une sensibilité différente à la contrainte hydrique. Il est à noter toutefois que ces rapports sont voisins quoique statistiquement ils sont différents. Ainsi, le stade élongation du pédoncule peut être apprécié en comparant la longueur émergée du pédoncule avec celle du dernier limbe. Le rapport défini sera affecté d'un coefficient de majoration pour reporter la longueur finale du pédoncule à la longueur réelle du dernier limbe. Ce coefficient correspondrait au rapport entre la longueur totale émergée du pédoncule et la longueur finale du dernier limbe.

Tableau VI : Comparaison des rapports entre les longueurs réelles des pédoncules et celles des derniers limbes de 4 variétés de blé tendre, atteintes dans différentes conditions de teneur en eau du sol.

Teneur en eau du sol (%)	Variétés				Test F. Et PPDS 5%			C.V%
	V1	V2	V3	V4	R.H	VAR	R.H*VAR	
15 - 18%	0.71	0.48	0.42	0.68	4.15*	21.15***		22.30
18 - 22%	0.76	0.79	0.46	0.71	«0.09»	«0.10»	1.76NS	
22 - 26%	0.68	0.64	0.37	0.66				
26 - 30%	0.56	0.56	0.36	0.58				

CONCLUSION :

L'échelle de Haun pourrait s'appliquer parfaitement au blés tant que des feuilles sont en expansion. Le système de notation se base sur l'apparition régulière des feuilles. Ainsi, un limbe complètement déployé vaut un (01) point, une décimale correspondant à la longueur du limbe en croissance par rapport à la longueur du dernier limbe complètement déployé est ajouté à cette unité. Le stade est en effet défini comme le nombre de feuilles visibles moins un (01) plus une fraction décimale correspondant au dernier limbe en croissance.

Quant au stade élongation de la dernière feuille, il est donné par ($x + \text{fraction décimale}$); avec (x) représentant le nombre de feuilles déployées. La fraction décimale peut correspondre au rapport entre les longueurs des gaines des deux derniers limbes foliaires.

Le stade gonflement, il est donné par ($x + 1 + \text{fraction décimale}$); La fraction décimale peut correspondre au rapport entre la longueur du pédoncule plus celle de l'épi (qu'on situera au toucher) et la longueur réelle de la gaine de la dernière feuille. La fraction décimale définie sera majorée d'un coefficient qui correspondrait au rapport entre les longueurs finales de l'épi et de la dernière gaine.

Le stade émergence de l'épi est donné par ($X + 2 + \text{fraction décimale}$). La fraction décimale pourrait se définir en comparant la longueur de partie émergée de l'épi par rapport à sa longueur réelle qui serait toutefois déterminée au toucher puisque l'épi n'est pas dégagé à ce moment. Ainsi lorsque le 1/5 de l'épi est dégagé, la fraction décimale vaudra (0.2), lorsque les 2/5 sont dégagés, elle vaudra (0.4)....., lorsque l'épi entier est dégagé, la fraction décimale vaudra (1).

Le stade élongation du pédoncule est défini par ($x + 3 + \text{fraction décimale}$). Cette dernière sera défini par le rapport entre les longueurs du pédoncule et du dernier limbe affecté d'un coefficient de majoration. Ce coefficient correspondrait au rapport entre les longueurs finales du pédoncule (partie émergée) et du dernier limbe.

L'ensemble des repères définis permettant de quantifier les différentes phases de développement ont été trouvés stables pendant le déroulement des stades et constants chez l'ensemble des variétés et régimes hydriques étudiés.

Ces résultats doivent être vérifiés sur une gamme plus large de variétés et dans différentes conditions du milieu avant leur généralisation.

Références bibliographiques :

- Anderson MK and Reinbergs E (1985).** Breeding in D.C Rasmusson (ed.) Barley Agronomy 26, 232-268.
- Cannel RQ (1969).** The tillering pattern in barley varieties . I. production survival and contribution to yield component tillers, Journal Agricultural Science, 72, 405-422.
- Clarke JM (1985).** Use of physiological and morphological traits in breeding programmes to improve drought resistance of cereals. In drought tolerance in winter cereals. Eds Srivastava JP, Porceddu E, Acevedo E, Varma. John Willey and Sons. Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore. 171-188
- Hadjichristodoulou A and Kari A (1984).** A high yielding new durum wheat variety with improved grain quality characteristics. Agricultural research institute, Nicosia, 57pp.
- Haun JR (1973).** Visual quantification of wheat development Agronomy Journal 65, 116-119.
- Hyggins JJ (1952).** Instructions for making phenological observations of garden peas. Johns Hopkins University Laboratory of climatology 5, 1-11
- Higgins JJ, Haun JR and Koch EJ (1964).** Leaf development : Index of plant response to environmental factors. Agronomy Journal 56, 489-492
- Higgins JJ and Decker M (1971).** Tephrosialeaf development : Index of crop yield and bioclimate. Maryland Agricultural Experiment Station MP 774
- Lewis AJIII and haun JR 1971.** Detection and evaluation of plant growth responses to environmental conditions. American Journal Botanique 58, 394-400.
- Matin MA, Jarvis HB, Hayden F (1989).** Leaf water potential, relative water content and diffusive resistance as screening techniques for drought resistance in barley. Agronomy Journal 81, 100-105
- Meziani ML (1987).** Etude de la croissance et du développement d'un blé d'hiver (*Triticum aestivum L.*) dans différentes conditions de culture : Influence du tallage sur la production et le transfert des assimilats. Thèse de doctorat 3ème cycle, Toulouse 44pp.
- Passioura JB (1981).** The interaction between the physiology and the breeding of wheat. In wheat science : Today and Tomorrow. Eds Evans LT and Peacock WJ. Cambridge University press, Cambridge. 191- 201.