

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Abdelhamid Ibn Badis -Mostaganem

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

DEPARTEMENT D'AGRONOMIE



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN AGRONOMIE

Spécialité : Productions végétales

Présenté Par: Safi Mokhtaria

***Etude du comportement de quelques variétés
de céréales soumises à un stress hydrique***

Soutenue publiquement le *15/10/ 2024*

DEVANT LE JURY

Président	ARBAOUI Mohamed	M.C.A	U. Mostaganem
Encadreur	MELIANI Hadj Ahmed	M.A.C.C	U. Mostaganem
Examineur	HAMZA. Lahouaria	M.C.B	U. Mostaganem

Année universitaire 2023/2024

REMERCIEMENTS

Louanges à Dieu le tout puissant et le miséricordieux qui a guidé mes pas vers cette issue. Je remercie mon Encadreur monsieur MELIANI HADJ AMED qui a accepté avec toute modestie de m'encadrer, malgré ses multiples charges, tout le long de cette année d'étude.

Il a fait preuve d'une grande patience et qui a été d'une grande aide dans la réalisation de ce travail, ces conseils, orientation, disponibilité ainsi que son soutien moral et scientifique m'ont permis de mener à terme ce projet. Qu'il trouve ici l'expression de mon profond respect et ma sincère gratitude.

C'est avec beaucoup de gratitude que je remercie les Professeurs : : ARBAOUI Mohamed qui m'a fait l'honneur de présider le jury, HAMZA. Lahouaria qui m'ont fait l'honneur de faire partie du jury, et qui ont accepté de juger ce travail.

Je veux adresser tous mes remerciements aux personnels de la ferme expérimentale de MAZAGRAN, à leur tête Monsieur M'Amar d'avoir accepté de m'accueillir durant toute la période de réalisation de mon travail.

Je souhaite également remercier le personnel du laboratoire du Département d'Agronomie de l'Université AHIB Mostaganem, pour leur aide et les moyens matériels qu'ils ont mis à ma disposition au laboratoire de biologie végétale.

Je remercie également les responsables de la station ITGC de Tiaret d'avoir mis à notre disposition les échantillons de céréales.

Nos remerciements s'adressent à ceux qui ont participé de près ou de loin à réaliser ce modeste travail.



Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

Mes chers parents, qui ont illuminé mon parcours par leur soutien constant et leurs encouragements. Leur engagement exemplaire et les sacrifices qu'ils ont faits durant mes études m'ont permis de croire en mes ambitions et de les concrétiser.

À mes frères et sœurs,

À l'ensemble de ma famille,

À toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à l'aboutissement de ce travail.

Liste des figures

Figure n° 01 : Taxonomie de céréale (Zibouche et Grimes, 2016)	03
Figure n° 02 : présentation de la phase germination et levée.....	05
Figure n° 03: Présentation de la phase levée – tallage.....	05
Figure n° 04 : présentation de la phase tallage- début montée.....	06
Figure 05- Carte des zones céréalières de l'Algérie. Source : (Belaid, 1986).....	14
Figure 06: Répartition des variétés de blés homologués et en production par zone agro-écologique	15
Figure 07 : Facteurs influençant la croissance des plantes	16
Figure 08 : Facteurs déterminant la réponse de la plante au stress selon Bray et <i>al.</i> , (2000)	17
Figure n°09 : Les phases successives lors d'un stress (Larcher, 1995, modifié).....	22
Figure n° 10: schéma du Protocole expérimentale.....	33
Figure n° 11 : présentation des variétés de céréales expérimentées	34
Figure n° 12: test de viabilité des graines de blé (originale).....	36
Figure n° 13: mise en germination des graines de céréales	36
Figure n° 14 : sortie de la radicule hors des téguments de la graine	37
Figure n° 15 :Photo de la serre semi controlé (2023)	38
Figure n° 16 : opération de tamisage du sol et terreau	39
Figure n° 17 : mélange et remplissage des pots	39
Figure n° 18 : mise en cultures des graines de céréales.....	40
Figure n° 19 : présentation du dispositif expérimental.....	41
Figure n° 20 : Vue du dispositif on pots et gobelets à l'intérieur de la serre	41
Figure n° 21: L'application de stress hydrique en pots et gobelets durant (Original, 2024).....	42
Figure n° 22 : mesure de capacité de rétention	42
Figure n° 23: opération de désherbage	43
Figure n° 24 : mesure de la hauteur de plante.....	44
Figure n° 25 : prise du poids de la matière sèche	44
Figure n° 26 : mesure de la hauteur de plante à maturité	45
Figure n° 27 : mesure de longueur de l'épi et col de l'épi.....	46
Figure n° 28 : Evolution moyenne du taux de germination en fonction du niveau de régime hydrique appliqué.....	47
Figure n° 29 : Variation du taux de germination, des différentes variétés en fonction du temps et niveau de régime hydrique appliqué (T1, T2, T3)	49
Figure n°30 : Variation de la moyenne de la hauteur de la plantule chez les variétés de céréales en fonction des niveaux de régime hydrique appliqué (T1, T2, T3).....	50
Figure n° 31 : Variation de la moyenne de biomasse aérienne chez les trois types de céréales en fonction des niveaux de régime hydrique appliqué (T1, T2, T3).....	51
Figure n° 32: Variation de la moyenne de Surface foliaire de l'étendard chez six variétés de céréales en fonction des niveaux de régime hydrique appliqué (T1, T2, T3).....	52
Figure n° 33 : Hauteur moyenne de la plante à maturité chez six génotypes de céréales soumis à différents niveaux de traitement hydrique	53
Figure n° 34 : Longueur moyenne du col de l'épi à la maturité chez six génotypes de céréales soumis à différents niveaux de traitement hydrique	54
Figure n° 34 : valeurs moyenne du nombre de graine par épi à la maturité chez six génotypes de céréales soumis à différents niveaux de traitement hydrique	56

Liste des tableaux

Tableau 01. Somme des températures pour différentes phases du blé d'hiver (VILAIN, 1987)..	09
Tableau 02 : Composition du blé dur et de l'orge (pour 100g de grain B 10% d'humidité) Favier (1989) ; Aykroyd et Doughty (1970).....	12
Tableau 03: Les différentes réponses des céréales durant leur développement face à un déficit hydrique	25
Tableau 04 : Paramètres phénologiques et morpho-physiologiques d'adaptation au déficit hydrique (Monneveux, 1991).....	30
Tableau n° 05 : description du matériel végétale	
Tableau n° 06: présentation du poids de 1000 grains.....	35
Tableau n° 07 : Variation du taux de germination, des différentes variétés en fonction du temps et niveau de régime hydrique appliqué (T1, T2, T3)	Annexe
Tableau n° 08: Longueur moyenne de hauteur de plante (cm) chez six génotypes de céréales soumis à différents niveaux de traitement hydrique (1 mois- 2mois).....	Annexe
Tableau n° 09: Longueur moyenne de hauteur de plante (cm) à la maturité chez six génotypes de céréales soumis à différents niveaux de traitement hydrique.....	Annexe
Tableau n° 10: Variation de la moyenne de poids biomasse aérienne chez six variétés de céréales en fonction des niveaux de régime hydrique appliqué (T1, T2, T3).....	Annexe
Tableau n° 11: Valeurs moyenne de longueur (long/cm), largeur(larg/cm) et surface de feuille (Surf/cm ²) à la maturité chez six génotypes de céréales soumis à différents niveaux de traitement hydrique (T1, T2, T3).....	Annexe
Tableau n°12: Longueur moyenne du col de l'épi à la maturité chez six génotypes de céréales soumis à différents niveaux de traitement hydrique (cm).....	Annexe
Tableau n°13: valeurs moyenne du nombre de graine par épi à la maturité chez six génotypes de céréales soumis à différents niveaux de traitement hydrique.....	Annexe

ملخص

يعتبر نقص المياه الإجهاد اللاأحيائي الرئيسي الذي يحد بشكل كبير من إنتاجية الحبوب في الجزائر. وكان الهدف من هذه الدراسة هو دراسة تأثير الإجهاد المائي وتباين الاستجابة في ثلاثة أنماط وراثية من القمح الصلب (*Triticum durum Desf.*) سيميتو وفيترون وبوسالم؛ وصنفين من القمح الشائع (*Triticum aestivum L.*) Mawna و Hd؛ وصنف واحد من الشعير (*Hordeum vulgare L.*) souguer. وُزرعت المادة النباتية المختارة في كتل عشوائية مع خمس تكرارات وخضعت لمعاملات إجهاد مائي مختلفة مع ثلاثة مستويات من الري، الإجهاد المائي T1 (100٪ من الإجهاد المائي)، والإجهاد المعتدل T2 (70٪ من الإجهاد المائي والإجهاد الشديد T3 (40٪ من الإجهاد المائي). استُخدمت الصفات الفيزيولوجية المورفولوجية والزراعية لتقييم مدى تحمل النمط الوراثي. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن معدل الإنبات كان مرتفعاً نسبياً، مع وجود تأثير كساد على نمو النباتات على وجه الخصوص؛ حيث لوحظ ارتفاع النبات والكتلة الحيوية فوق الأرض في النباتات المجهددة مقارنة بالنباتات المجهددة. كان تأثير الإجهاد المائي كبيراً جداً على جميع الصفات المورفولوجية والزراعية الناجمة عنه تقريباً: انخفاض في ارتفاع الساق ومساحة أوراق العلم، وكذلك انخفاض في طول السنبله واللحبة، بالإضافة إلى انخفاض في كل من عدد البذور ووزن السنبله، وكانت هذه كلها ذات دلالة كبيرة كلما زادت شدة ومدة الإجهاد المائي.

كلمات مفتاحية: الحبوب والنمط الوراثي، والنقص المائي، والصفات المورفولوجية والفسولوجية والزراعية.

Résumé :

Le déficit hydrique constitue le principal stress abiotique limitant considérablement la productivité des céréales en Algérie. L'objectif de ce travail est d'étudier l'effet de stress hydrique et la variabilité de la réponse chez trois génotypes de blé dur (*Triticum durum* Desf.) Simito, Vitron et Boussalem ; deux variétés de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) Mawna et Hd ; ainsi qu'une variété d'orge (*Hordeum vulgare* L.) souguer . Le matériel végétal choisis est conduit en blocs randomisé avec cinq répétitions et soumises aux différents traitements de stress hydrique avec trois niveaux d'irrigation, témoin T1 (100 % CR), stress modéré T2 (70 % CR) et un stress sévère T3 (40 % CR). Des traits morpho physiologiques et agronomique ont été utilisés pour évaluer la tolérance des génotypes. Les résultats obtenus montrent que le taux de germination était relativement élevé, avec un effet dépressif sur la croissance de la plante, Notamment ; la hauteur de la plante et la biomasse aérienne qui sont ainsi observés chez les plantes stressés par rapport aux témoins. L'effet du stress hydrique est très significatif sur la quasi-totalité des traits morphologiques et agronomiques dont il est la causé la chute d' hauteur de la tige, de la surface de la feuille d'étendard, et aussi une réduction de la longueur de l'épi et de la barbe , en plus d'une diminution à la fois du nombre de graine et le poids de l' épi, et ceux sont d'autant plus importants que l'intensité et la durée du stress sont élevées.. En conclusion, l'étude a montré que le stress hydrique provoque les mêmes mécanismes de la réponse chez les génotypes étudiés mais à des degrés différents.

Mots clés : céréale, génotype, déficit hydrique, caractères morphologiques ; physiologique et agronomique.

Abstract :

Generally , water deficit is the main abiotic stress significantly limiting cereal productivity in Algeria. The objective of this work is to study the effect of water stress and the variability of responses in three durum wheat (*Triticum durum* Desf.) genotypes: Simito, Vitron, and Boussalem; two bread wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties: Mawna and Hd; and a barley (*Hordeum vulgare* L.) variety: Souguer. The selected plant material was grown in a randomized block design with five replications and subjected to different water stress treatments with three irrigation levels: control T1 (100% field capacity), moderate stress T2 (70% field capacity), and severe stress T3 (40% field capacity). Morphophysiological and agronomic traits were used to evaluate the tolerance of the genotypes. The results show that the germination rate was relatively high, with a depressive effect on plant growth, particularly in terms of plant height and aerial biomass, which were observed to be lower in stressed plants compared to the control. Water stress had a very significant impact on almost all morphological and agronomic traits, causing a reduction in stem height, flag leaf area, spike and awn length, as well as a decrease in the number of grains per spike. These effects were more pronounced as the intensity and duration of the stress increased. In conclusion, the study showed that water stress induces similar response mechanisms in the studied genotypes but to varying degrees.

Key words: cereal, genotype, water deficit, morphological, physiological and agronomic traits.

Table des matières

REMERCIEMENTS

Dédicace

ملخص

Résumé

Abstract

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Table des Matières

Introduction générale01

Chapitre I : Synthèse bibliographique

e

I : Généralités sur la céréaliculture 03

 Définition de céréales 03

 Aperçu historique de la céréaliculture.....03

 Classification botanique de céréale 03

 Cycle de développement des céréales 04

I.4.1. La période végétative : / 04

 La période reproductrice06

 La période de formation et de maturation du grain..... 07

Exigences des céréales08

 Besoins en conditions climatiques08

 Température.....08

I.5.1.2. Eau09

 3. Ensoleillement 09

 Besoins en conditions pédologique..... 10

 Besoin en éléments minéraux10

Principaux groupes des céréales10

 Types de céréales11

 Les variétés des céréales 11

Importance des céréales 12

 Valeur alimentaire..... 12

 Valeur agronomique..... 13

Production des céréales 13

 Dans le monde 13

La céréaliculture En Algérie.....	14
Les contraintes environnementales liées à la céréaliculture en Algérie	15
2. Les stress hydrique chez les plantes.....	16
Notion de stress.....	16
Stress abiotique.....	17
2.2.1-Stress salin.....	17
Stress thermique.....	18
Le stress nutritif	20
Stress hydrique.....	21
Effets du stress hydrique chez les plantes.....	22
2.2.1- Influence du stress hydrique sur la germination	22
2.2.2- Effet du stress hydrique sur la photosynthèse.....	23
2.2.3- Effet du stress hydrique sur la croissance et le développement	23
2.2.4-Effet du stress hydrique sur le rendement	24
Mécanismes d'adaptation de la plante au stress hydrique	26
Adaptation phénologique.....	28
Adaptation morphologiques.....	29
Adaptation physiologiques	30
Adaptation biochimiques	31

Chapitre II : Matériel et méthodes

s

Objectifs de l'expérimentation	32
Protocole expérimental.....	33
le matériel végétal.....	34
Localisation de l'expérience	35
Conduite de l'expérimentation au laboratoire	35
Conditions de germination des caryopses.....	36
Les mesures effectuées	37
Détermination des paramètres de germination	37
Taux de germination.....	37
Cinétique de germination.....	37
Méthodes et paramètres mesurés dans la serre.....	38
Préparation du substrat.....	38
Remplissage des pots et gobelets.....	39
Mise en culture	39
Dispositif expérimental	40

L'application du stress hydrique.....	41
Détermination de la capacité de rétention (CR)	41
Désherbage	43
Paramètres étudiées	43
Paramètre de croissance	43
La hauteur de la plante	44
Biomasse aérienne	44
Caractères morphologiques	45
Surface de la feuille étendard (SFE)	45
II.6.2. 2.La hauteur de la plante (HP).....	45
Le nombre de talles herbacées.....	46
Le nombre de grains par épi (NG/E)	46
La longueur de l'épi (LE)	46

Chapitre III : Résultats et Discussion

n

Les paramètres physiques de la germination	47
Taux de germination.....	47
III ;1.2. Cinétique de germination.....	48
les caractères de croissances	50
Hauteur de plantule	50
Biomasse aérienne.....	51
les paramètres morphologiques.....	52
Variation de la surface de la feuille étendard	52
Hauteur de la plante a maturité	53
Variation de la longueur du col de l'épi.....	54
Variation de la longueur de l'épi.....	56
les paramètres agronomiques	56
Nombre de talle	56
Nombre de graine par épi.....	56
Discussions	57
Conclusion.....	60
Références bibliographiques.	
Annexe	

INTRODUCTION

Depuis l'antiquité les céréales ont constitué l'aliment de base principal et revêtent une importance stratégique dans la nutrition humaine et l'alimentation animale (FAO, 2018). Ainsi que la céréaliculture a joué un rôle important dans le développement de diverses civilisations (riz pour les civilisations asiatiques, maïs pour les civilisations précolombiennes et blé pour le bassin méditerranéen et le Proche-Orient) (Bouati M. et *al.*, 2020).

La culture des céréales a été et restera la spéculation prédominante de l'agriculture algérienne. Elle fait partie de nos mœurs et constitue l'alimentation de base de notre peuple, en effet, les céréales fournissent plus de 60 p.100 de l'apport calorique et 75 à 80 p.100 de l'apport protéique de la ration alimentaire nationale (ITGC, 1996). Les principales céréales cultivées sont, par ordre décroissant, le blé dur, l'orge et le blé tendre (Fellahi, 2017). Cette culture est conduite sous conditions pluviales.

En Algérie, une grande partie des terres situées dans les régions arides et semi-arides est occupée par les céréales, conduite sous conditions pluviales et dont les rendements restent faibles et irréguliers. Cette faiblesse des rendements peut être expliquée par la non maîtrise des itinéraires techniques (mauvaise préparation du sol, protection insuffisante des cultures contre les prédateurs, les maladies et les mauvaises herbes, la non maîtrise de la fertilisation du point de vue dose et date d'apport). De plus la monoculture blé-blé est devenue une pratique courante (Chetmi D., 2009).

Les stress abiotiques sont des processus impliqués dans l'élaboration du rendement d'une culture, ils sont influencés par deux types de facteurs, à savoir, les facteurs génétiques (intrinsèque à la plante) et les facteurs environnementaux. Ces contraintes environnementales peuvent être divisées principalement en trois groupes selon leur nature: la composition en éléments minéraux du sol (stress salin), les contenus hydrique du sol et de l'air (stress hydrique), et les chocs thermiques (Chahbar, 2008). Les stress hydrique et thermique (gel et hautes températures) affectent le développement de la céréale tout au long de son cycle (Makhlouf, 2006). La sécheresse est considérée comme le facteur le plus important limitant la production des céréales (Slama et al., 2005). Il est à signaler que la production des céréales dépend des conditions climatiques, des caractéristiques morphologiques, phénologiques et agronomiques du génotype et, en grande partie, des interactions génotypes- environnement (Slama et *al.*, 2005).

La capacité d'évaluer quantitativement les performances des plantes cultivées subissant un stress hydrique est très importante au niveau des programmes de recherche qui visent la réhabilitation et l'amélioration de la production en région semi-aride (INRA, 2000).

Cette amélioration exige d'étudier, d'identifier et de vérifier les caractères phénologiques, morpho physiologiques et biochimiques liés au rendement en condition de stress hydrique (Pfeiffer et *al.*, 2000).

La présente contribution a pour but d'évaluer l'effet du stress hydrique sur quelques paramètres et marqueurs physiologiques et morphologiques qui sont souvent impliqués dans les mécanismes d'adaptation avec contraintes abiotiques tels le stress hydrique en particulier. Ainsi que l'analyse des paramètres importants qui déterminent la viabilité de semences comme la germination standard s'est effectuée en tenant compte de la grosseur des semences des géotypes étudiés. L'objectif étant d'amener un peu plus de clarté sur quelques modes d'expressions morphologique et de rendement et d'examiner les différences de ces paramètres entre les variétés de céréales étudiées.

Les études qui suivent ont été menées au laboratoire de biologie végétale, de la faculté des sciences de la nature, ainsi que dans la serre en verre de la ferme expérimental de Mazagan.

L'étude comptera trois chapitres essentiels qui seront précédés par une introduction et finissant par une conclusion. Le 1er chapitre, sera consacré à une revue bibliographique pour une présentation de l'espèce étudiée et l'influence des contraintes abiotiques sur son développement, alors que le 2ème chapitre, s'intéresse au matériel végétal et aux méthodes utilisées afin de cerner les paramètres morphologiques, physiologiques et biochimiques, tandis que le 3ème chapitre, traitera les principaux résultats obtenus.

CHAPITRE –I

Synthèse

Bibliographique

I : Généralités sur la céréaliculture :

I.1/Définition de céréales :

Le terme céréale est un dérivé du mot latin "cerealis" signifiant «grain» qui est botaniquement, un type de fruit appelé caryopse (Sarwar et *al.*, 2013), Les céréales regroupent des plantes de la famille des Poacées (ex Graminées). Les cinq céréales les plus cultivées dans le monde sont : le maïs, le blé, le riz, l'orge et le sorgho. Le blé (*Triticum* sp.) est une graminée annuelle aux racines fibreuses à tiges hautes et généralement creuses, portant des nœuds d'où partent des feuilles, des sommets de la tige portent une grappe des fleurs qui se transforme en grains (Gate, 1995).

I.2/Aperçu historique de la céréaliculture:

Classification botanique de céréale :

Les céréales appartiennent à l'ordre des monocotylédones, où la famille des graminées (ou Poacées) est la plus considérable qui soit (fig 01). Ce sont : le blé, l'orge, l'avoine, le seigle, le maïs, le riz, le millet, le sorgho. Les unes appartiennent à la sous-famille des Festucoïdées: blé, orge, avoine, seigle; les autres à la sous-famille des Panicoïdées : maïs, riz, sorgho, millet (Moule, 1971). On lui attribue plus de 600 genres et de 10.000 espèces. Une telle profusion est liée, entre autres facteurs, à sa grande extension géographique (Pottier et *al.*, 2012).

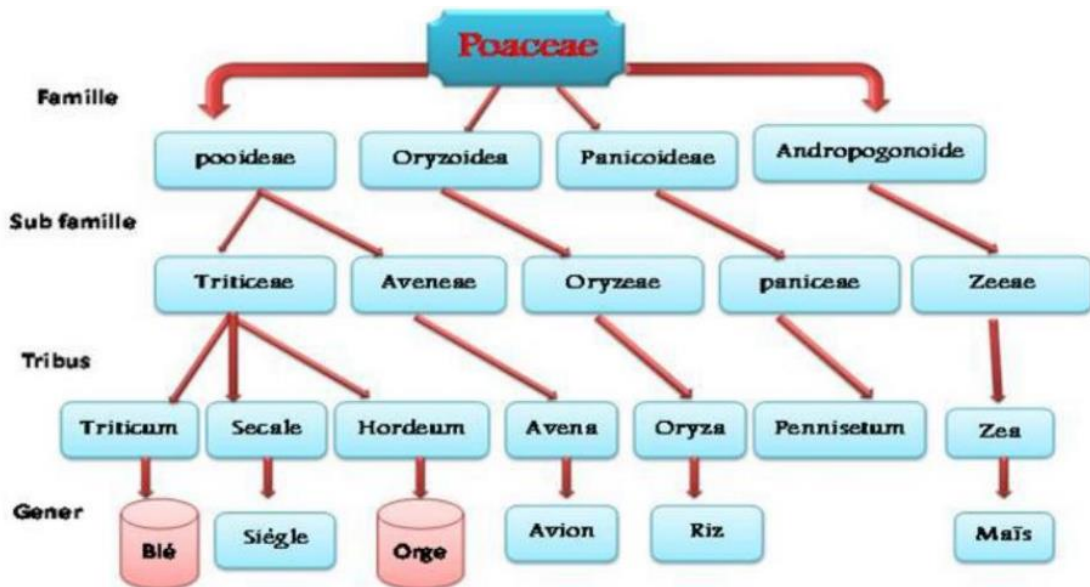


Figure n° 01 : Taxonomie de céréale (Zibouche et Grimes, 2016)

On la trouve sur tous les continents et aussi sur la plupart des îlots océaniques. Elle est représentée sous toutes les latitudes dont les climats permettent la croissance des végétaux supérieurs, depuis l'équateur jusqu'aux approches des cercles polaires où seuls les lichens peuvent lui succéder (Moule, 1971).

Cycle de développement des céréales :

Le blé est une céréale à rythme de végétation et de fructification annuel qui est jalonné par une série de transformation concernant la tige et l'épi et une succession de trois grandes périodes subdivisées en phases et en stades de développement au cours desquelles la plante présente des exigences particulières vis-à-vis des facteurs et conditions du milieu (Gate *et al.*, 1997 in Nadjem, 2012).

Chez les céréales la variation de la durée du cycle concerne la phase photosensible (Clerget, 2004). Leur cycle de développement d'une céréale en générale comprend trois grandes périodes : la période végétative qui va de la germination aux premières manifestations de l'allongement de la tige principale, c'est-à-dire au début de la montée. La période reproductrice allant du début de la montée à la fécondation. La période de maturation allant de la fécondation à la maturité complète du grain (Moule, 1971).

La période végétative :

Elle se caractérise par un développement strictement herbacé et s'étend du semis jusqu'à fin tallage.

Selon Clement et Prats (1971), elle s'étend du semis au début de la montaison. Elle comprend trois phases :

A. La phase germination – levée :

La germination de la graine se caractérise par l'émergence du coléorhize donnant naissance à des racines séminales et de la coléoptile qui protège la sortie de la première feuille fonctionnelle (Fig.02). La levée se fait réellement dès la sortie des feuilles à la surface du sol. Au sein d'un peuplement, la levée est atteinte lorsque la majorité des lignes de semis sont visibles (Gate, 1995). Durant la quelle , l'alimentation de la plante dépend uniquement de son système racinaire primaire et des réserves de la graine. Les principaux facteurs édaphiques qui interviennent dans la réalisation de cette phase sont, la chaleur, l'aération et l'humidité (Eliard, 1979). Les caractéristiques propres à la graine comme la faculté germinative et la quantité de réserves (taille des graines) jouent aussi un rôle déterminant. En effet, les plus grosses graines lèvent les premières et donnent des plantules plus vigoureuses (Masle-Meynard, 1980). De plus la composition des réserves (teneur en protéines) agit favorablement sur la vitesse de la germination-levée (Evans et Rawson, 1975).

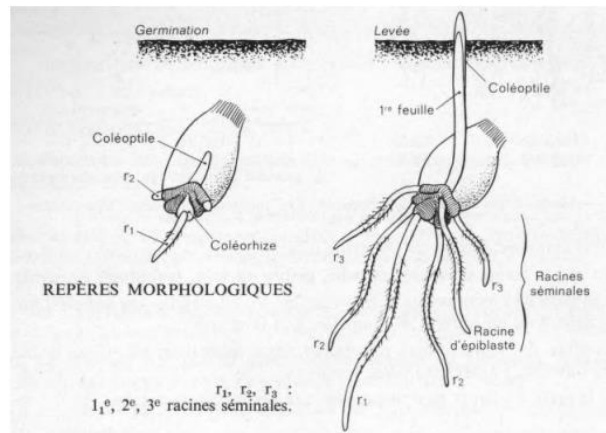


Figure 02 : présentation de la phase germination et levée

B. La phase levée – tallage :

Moule (1971) rapport que La production de talles commence à l'issue du développement de la troisième feuille

L'apparition de ces talles se fait à un rythme régulier à celui de l'émission des feuilles. A partir des bourgeons situés à l'aisselle des talles primaires initiées à la base du brin maître, les talles secondaires peuvent apparaître et être susceptibles d'émettre des talles tertiaires. Le nombre de talles produites dépend de la variété, du climat, de l'alimentation minérale et hydrique de la plante, ainsi que de la densité de semis (Masle-Meynard, 1980). La puissance de tallage dépend aussi de l'importance de la température et la date de semis (Clement et Prats, 1971).

La nutrition minérale notamment azotée est faible jusqu'au stade 2-3 feuilles car elle est satisfaite par les ressources de la graine et l'azote minéral présent dans le sol. Le facteur nutritionnel peut modifier la vitesse du tallage herbacé, la durée du tallage et le nombre de talles (Austin et Jones, 1975). Quand le tallage est excessif, les besoins en eau sont très importants, alors que la plupart des talles restent stériles.

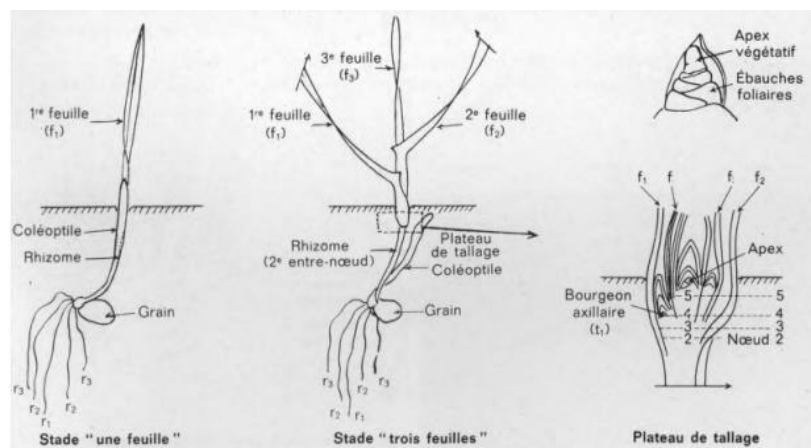


Figure 03 : Présentation de la phase levée - tallage

C-La phase début tallage-début montée.

Le tallage est caractérisé par l'entrée en croissance de bourgeons différenciés à l'aisselle de chacune des premières feuilles : il s'agit donc d'un simple processus de ramification. La première talle (t 1) apparaît généralement à l'aisselle de la première feuille lorsque la plante est au stade « 4 feuilles ». Par la suite apparaissent les talles de 2e, 3e, 4e feuilles formées à partir des bourgeons ayant pris naissance à l'aisselle des feuilles correspondantes. Ces talles de 1re ,2e, 3e, 4e feuilles sont dites talles primaires (fig.).

Cependant chaque talle primaire va émettre des talles secondaires susceptibles elles-mêmes d'émettre des talles tertiaires : l'aptitude à émettre en plus ou moins grand nombre des talles secondaires et tertiaires est une caractéristique spécifique et aussi variétale.

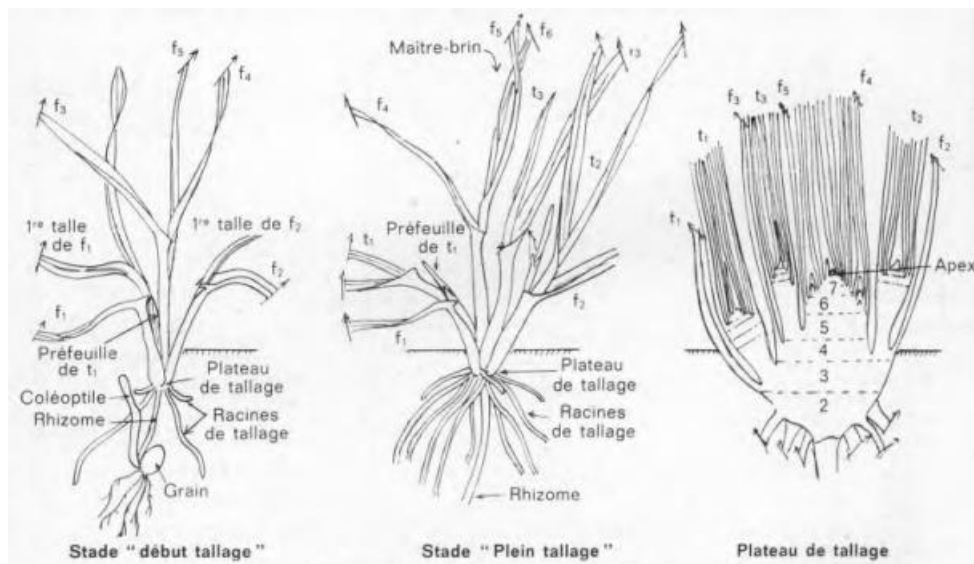


Figure 04 : présentation de la phase tallage- début montée

La fin du tallage représente la fin de la période végétative, elle marque le début de la phase reproductrice, conditionnée par la photopériode et la vernalisation qui autorisent l'élongation des entre-nœuds (Gate, 1995).

I. 4.2. La période reproductrice :

Cette phase s'étend de la montaison à la fécondation. Elle est subdivisée en plusieurs phases (Gate, 1995).

A. La phase montaison – gonflement :

Selon Clemont –Grancourt et Prat (1971), La montaison débute à la fin du tallage, elle est caractérisée par l'allongement des entrenœuds et la différenciation des pièces florales. A cette

phase, un certain nombre de talles herbacées commencent à régresser alors que, d'autres se trouvent couronnées par des épis.

ce stade est repérable une fois l'ébauche de l'épi du brin maître, atteint 1 cm de hauteur. Cette phase s'achève une fois l'épi prend sa forme définitive à l'intérieur de la gaine de la feuille étendard qui gonfle (stade gonflement) (Giban *et al.*, 2003).

Pendant cette phase de croissance active, les besoins en éléments nutritifs notamment en azote sont accrus. La montaison s'achèvera la fin de l'émission de la dernière feuille et les manifestations du gonflement que provoquent les épis dans la graine. La durée de cette phase est très peu variable, elle s'étale entre 20 à 30 jours (Clement et Prats, 1971).

B. La phase épiaison – floraison :

Elle est marquée par la méiose pollinique et l'éclatement de la gaine avec l'émergence de l'épi. C'est au cours de cette phase que s'achève la formation des organes floraux (l'anthèse) et s'effectue la fécondation. Cette phase est atteinte quand 50 % des épis sont à moitié sortis de la gaine de la dernière feuille (Gate, 1995). Elle correspond au maximum de la croissance de la plante qui aura élaboré les trois quarts de la matière sèche totale et dépend étroitement de la nutrition minérale et de la transpiration qui influencent le nombre final de grains par épi (Masle-Meynard, 1980).

La période de formation et de maturation du grain :

Cette phase marque la modification du fonctionnement de la plante qui sera alors orientée vers le remplissage des grains à partir de la biomasse produite.

A. Grossissement du grain :

Au début, le grain s'organise, les cellules se multiplient, Les besoins des grains sont inférieurs à ce que fournissent les parties aériennes (plus de 3/4 de la matière sèche sont stockés au niveau des tiges et des feuilles). Par la suite, les besoins augmentent et le poids des grains dans l'épi s'élève, alors que la matière sèche des parties aérienne diminue progressivement. Seulement 10% à 15% de l'amidon du grain peut provenir de réserves antérieures à la floraison. A l'issue de cette phase, 40 à 50% des réserves se sont accumulées dans le grain qui, bien qu'il ait atteint sa taille définitive, se trouve encore vert et mou, c'est le stade « Grain laiteux »

B. Maturation du grain :

La phase de maturation succède au stade pâteux (45 % d'humidité). Elle correspond à la phase au cours de laquelle le grain va perdre progressivement son humidité en passant par divers stades

(GATE, 1995). Elle débute à la fin du palier hydrique marqué par la stabilité de la teneur en eau du grain pendant 10 à 15 jours. Au-delà de cette période, le grain ne perdra que l'excès d'eau qu'il contient et passera progressivement aux stades « rayable à l'angle » (20 % d'humidité) puis, « cassant sous la dent » (15-16 % d'humidité) (Gate, 1995).

Exigences des céréales :

Au cours de chacun de ses stades et phases de développement, la plante présente des exigences et des besoins vis-à-vis de son climat et de son milieu de vie.

I.5.1-Besoins en conditions climatiques :

Les exigences de la céréaliculture vis-à-vis de trois composantes du climat : la température, l'eau, et l'ensoleillement d'après Soltner (1979).

I.5.1.1 Température :

La température conditionne à tout moment la physiologie de la céréaliculture. Pour le cycle des céréales, le zéro de germination du blé est de 0°C. selon la sensibilité variétale, le seuil thermique de mortalité varie entre -12 et -16°C (Simon et al.,1989).

Une température supérieure à 0 °C (zéro de végétation du blé) est exigée pour la germination. L'optimum se situe entre 20 et 22 °C, entre ces deux extrêmes, une température élevée sera favorable au développement et à la croissance (Simon et al, 1989).

D'après Jeferes (1978) il est généralement admis que la température agit de manière positive sur la croissance optimale. Si elle est inférieure à 15°C pendant la fécondation, elle provoque la coulure, mais pendant l'hiver un abaissement de température pour les variétés d'hiver est nécessaire et très déterminante pour la mise à fleur. (Clement et Prats, 1970).

Baldy (1992a) ajoute que les fortes températures provoquent une levée trop rapide et parfois un déséquilibre entre la partie aérienne et la partie souterraine : Les températures entre 25 et 32 °C défavorisent l'allongement racinaire l'optimum se situe entre 5 et 12 °C.

Les exigences générales de température sont assez élevées, variant entre 1800-2400°C selon les variétés (Tab. 01). Tout comme la température affecte le taux de croissance, elle ne modifie pas le potentiel de croissance génétique ; c'est la somme des températures qui joue un rôle dans l'expression de ces potentiels. Chaque stade de développement du blé nécessite une température spécifique (Maachi, 2005).

Une somme de température de 150°C entre le semis et la levée, 500°C entre la levée et le tallage, 850°C entre la floraison et la maturité ce qui donne une somme totale de tout le cycle de 2350°C .J.Prats, 1971.

Tableau 01. Somme des températures pour différentes phases du blé d'hiver (VILAIN, 1987)

PHASE	Somme de températures
Semi – levée	150 °C
Levée –fin tallage	500 °C
Montaison - floraison	850 °C
Floraison - maturation	850 °C
Semis - maturation	2350 °C

I.5.1.2. Eau :

C'est le principal facteur déterminant de la croissance et de la productivité des plantes. En effet, l'eau représente la principale composante des plantes, la teneur moyenne en eau chez les végétaux est évaluée entre 60 à 95% de leur poids en matière fraîche totale (Mayer et *al*, 2004 ; Catell, 2006).

Jusqu'à la fin du tallage les besoins en eau sont relativement faibles. Par contre, au cours de la phase de montaison et jusqu' à la floraison les besoins en eau de la culture sont considérables et peuvent s'évaluer a 180 mm (entre mars et mai). Pour avoir un bon rendement, Les besoins en eau sont estimés à environ 800 mm (Soltner, 2000). En zone aride, les besoins sont plus importants au vu des conditions climatiques défavorables. C'est de la phase épi 1 cm à la floraison que le besoins en eau sont les plus importants. La période critique en eau se situe 20 jours avant l'épiaison jusqu'à 30 à35 jours après la floraison (Loue, 1982). Une bonne alimentation en eau est particulièrement importante entre l'épiaison et la floraison et entre les stades "grains laiteux" et "grain pâteux" (Clément, 1981).

3. Ensoleillement :

On désigne par photopériode l'influence de la durée d'éclairement journalier sur le développement de la plante. Les céréales sont adaptées au jour long, la floraison s'effectue plus rapidement en jour long, il faut douze jours environ d'éclairement pour que l'épi commence à monter (Gate, 1995).

Une certaine durée de jour (photopériodisme) est nécessaire pour la réalisation du stade épi 1 cm précédant la montaison. Quant à l'intensité lumineuse, et à l'aération, elles agissent directement sur la photosynthèse, dont dépend à la fois la résistance des tiges à la verse et le rendement (Soltner, 1979).

Besoins en conditions pédologique :

En effet, le sol agit par l'intermédiaire de ses propriétés physiques, chimiques et biologiques. Il intervient par sa composition en éléments minéraux, en matière organique et par sa structure, et jouent un rôle important dans la nutrition du végétal, déterminant ainsi l'espérance du rendement en grain (Olios, 2006). Donc les céréales sont, dans leur ensemble, susceptibles d'utiliser une gamme de sols très étendue pourvu que le climat et la fumure leur assurent une alimentation en eau et en éléments minéraux suffisants (Moule, 1971). Les céréales sont des cultures qui préfèrent des sols argilo-calcaire ou limoneuse à limoneuse argileuse et profondes à structures stables et coagulées (Clément, 1970).

Couvreur, (1981) estime qu'un bon enracinement du blé constitue également une assurance contre les risques de sécheresse ultérieure, d'où l'intérêt d'une bonne préparation du sol. C'est à ce niveau qu'intervient l'intérêt des techniques de préparation du sol qui ont un rôle important sur l'émiettement du sol et sur la profondeur de travail.

Besoin en Eléments minéraux

Selon Gautier (1991), l'azote améliore la productivité, et cela en agissant sur les facteurs de rendement, tandis que le phosphore et le potassium en présence équilibrée, fortifient la plante, améliorent la grosseur du grain et permettent de rentabiliser au maximum la fumure azotée.

Les besoins en azote de la culture lors de gonflement et à la floraison sont en effet extrêmement importants ; c'est à ce moment que la matière végétale augmente le plus vite et que se détermine le nombre d'épis. Pendant la maturation, la fourniture d'azote minéral du sol ne peut couvrir les besoins de la culture. A la récolte, plus de 75% de l'azote total de la plante se trouve dans les grains. Le phosphore favorise le développement des racines, sa présence dans le sol en quantités suffisantes est signe d'augmentation de rendement (Sali Y. et Ben riche, 2018).

Principaux groupes des céréales Les céréales sont un groupe de plantes cultivées, appartenant à la famille des poacées appelées « graminées ». Il existe trois groupes de céréales (Guignard et Duponf, 2004) :

- Le premier groupe concerne le blé, l'orge, le seigle et l'avoine ;
- Le deuxième groupe est formé par le maïs ;
- Le troisième groupe est ordonné autour du riz (Alais et *al.*, 2003) ;

Types de céréales : On distingue trois types de céréales selon le l'époque du semis :

a. Céréales d'hiver : Généralement semées à l'automne, elles ont besoin de végéter au froid en hiver (vernalisation) pour pouvoir monter et accomplir ainsi tout leur cycle végétatif. Si on les sème au printemps elles tallent abondamment, gazonnent mais ne montent pas. Les céréales d'hiver ont en général un potentiel de production plus élevé que les céréales de printemps (Diehl, 1975).

b. Céréales de printemps : Semées au printemps, elles peuvent monter et accomplir normalement leur cycle végétatif (Soltner, 2005).

c. Céréales alternatives : Ces céréales peuvent encore monter en semis de fin d'hiver à début printemps et accomplir normalement leur cycle végétatif (Soltner, 2005).

Les variétés des céréales :

En conditions de sol et de climat difficiles, les variétés paysannes montrent souvent une meilleure adaptation par rapport aux variétés créées dans des stations expérimentales présentant de biens meilleures conditions pédoclimatiques. Illustration avec des variétés de blé et d'orge.

Les variétés de céréales cultivées aujourd'hui appartiennent à deux types principaux : la population (variété locale), et l'hybride F1.

a. Variétés locales : Il y a un siècle la totalité des variétés de céréales cultivées dans le monde étaient des populations « de pays » (Moule, 1971). Les variétés locales ont montré leur supériorité par rapport aux introductions externes qui n'ont obtenu des résultats satisfaisants que les années favorables et dans des situations bien spécifiques (sols les plus profonds et localisation des parcelles en dehors des couloirs de gel et de sirocco).

Aujourd'hui nous avons encore en Algérie, des variétés locales constituées d'un ensemble d'individus ayant en commun un certain nombre de caractères d'adaptation aux facteurs du milieu. Ces variétés locales ont des noms paysannes (par exemple, Saida et Tichedrett en Orge, Oued Zenati , Hadhba, Mohamed Ben Bachir et Hamraya en blé dur). Ces variétés sont peu productives, mais tolérantes à des déficits hydriques très intenses (Bakroune Nour-Elhouda,2021)

b. Variétés hybrides F1 : L'intérêt d'un tel type de variété est d'exploiter au maximum le phénomène d'hétérosis (vigueur hybride) se manifestant en première génération d'hybridation (F1), entre deux lignées pures. Une telle variété est par ailleurs aussi homogène qu'une lignée pure; elle en diffère en ce que tous ces individus sont génétiquement hétérozygotes pour tous leurs caractères (Khaldoun et al., 2006).

Importance des céréales :

7.1. Valeur alimentaire :

Les graines des céréales constituent l'un des aliments de base de l'humanité depuis des milliers d'années (EUFIC, 2009) En considérant le grain entier de diverses céréales, il existe une grande analogie dans leur composition chimique mais aussi quelques différences (Tab. 02). Dans toutes les espèces, le grain est essentiellement glucidique avec 60 à 75 % de glucides digestibles (amidon principalement) (Godon, 1986 in Godon, 1991). D'après Favier (1989), les céréales apparaissent ainsi comme des aliments essentiellement énergétiques : 330 à 385 kcal en 100 g. Le taux de fibre diététique est variable (2 à plus de 30 %). Il dépend notamment de la taille du grain, les grains de faibles dimensions (petits mils) ayant une plus grande proportion d'enveloppes. - La teneur en protéines va de 6 à 18 % dans les cas extrêmes mais se situe le plus souvent entre 8 et 13 %.

Malgré cette modicité relative, les céréales réalisent souvent à elles seules un apport protidique très important en raison de leur prépondérance dans la ration de nombreuses populations. - Les lipides sont relativement peu abondants mais ils sont extrêmement intéressants par la forte proportion des acides gras polyinsaturés. - Les céréales sont peu minéralisées : la teneur en phosphore est élevée, celle du calcium est faible (sauf pour l'éleusine), et ne suffit pas à neutraliser tout l'acide phytique. L'acide phytique insolubilise également Mg, Zn, Fe. -les céréales n'ont pas d'activité vitaminique A. La vitamine C fait défaut également. Les germes sont riches en vitamine E. Les vitamines du groupe B sont présentes (à l'exception de la vitamine B12, mais le décorticage et le blutage en éliminent une bonne partie.

Tableau 02 : Composition du blé dur et de l'orge (pour 100g de grain B 10% d'humidité) Favier (1989) ; Aykroyd et Doughty (1970).

Compositions	Blé dur	Orge
Eau	13 (g)	12 (g)
Protéines	13 (g)	11 (g)
Lipides	1.8 (g)	1.8
Glucides disponibles	61.6 (g)	-
Fibre diététique	11 (g)	73 (g)
Calcium	60 (mg)	33 (mg)
Phosphor	312 (mg)	-
Fer	7.6 (mg)	3.6 (mg)
Thiamine (Vit. B1)	0.35 (mg)	0.46 (mg)
Riboflavine (Vit. B2)	0.12 (mg)	0.12 (mg)
Acide panthoténique	0.8 (mg)	5.5 (mg)

I.7.2. Valeur agronomique :

Les céréales constituent le principal composant des aliments concentrés pour le bétail. Une forte proportion de la production mondiale de céréales est donc destinée nourrir l'animal délavage, indique près de 40 % des céréales servent nourrir le bétail, (Dubief, 2020).

Dans les élevages de ruminants, les céréales constituent la principale source de complémentation énergétique des rations (Coutard, 2012). En Algérie, les troupeaux ovins transhument vers le nord et passent l'été dans les hautes plaines céréalières se nourrissant de chaumes, le plus souvent non complétés ou complétés avec de l'orge en grain, du gros son. Ces compléments plutôt riches en énergie sont peu appropriés pour accompagner les chaumes (Houmani, 2007). D'après Benmahammed (2005), l'orge représente actuellement l'aliment essentiel des ovins en Algérie. Estimé à 3,5 millions d'unités gros bétail (UGB), le cheptel ruminant est tributaire de l'importation des orges notamment au niveau de la steppe (Arbouche et al., 2008). La paille des céréales est ramassée après la moisson, elle est mise en botte et conservée pour être distribuée au cours de l'automne et en hiver. Elle contient 85 % de matière sèche, formée de 60 % de cellulose, 25 % d'hémicellulose et de 10 % de lignine. Elle contient des quantités variables de glucides (1,5 %) et des matières azotées (2 à 4 %) et des éléments minéraux en très faibles quantités 2 à 5 g/Kg de matière sèche. La cellulose et l'hémicellulose isolées de la lignine dégradée par les enzymes du rumen, sont les principales sources d'énergie utilisable par les animaux (Mossab, 1991). Ainsi que les résidus de moisson comme la paille utilisée comme un engrais organique par son enfouissement sur les champs.

I.8. Production des céréales :

I.8. 1. Dans le monde :

Les prévisions de la FAO concernant la production mondiale de céréales en 2021. Elles s'établissent à 2 799 millions de tonnes, soit 0,8 pour cent de plus que le résultat de 2020. Évaluée à 1 502 millions de tonnes, la production mondiale de céréales secondaires en 2021 est en hausse de 18,9 millions de tonnes sur une base annuelle, presque exclusivement en 709 millions d'hectares de céréales sont cultivés dans le monde, soit 51 % des terres arables, 14 % de la surface agricole mondiale et 5 % des terres émergées du monde, (Dubief, 2020).

Selon FAO, (2022). La production mondiale de blé devrait atteindre 777 millions de tonnes, un niveau pratiquement identique à celui de 2020. En 2028 La production totale de céréales dans le reste du monde serait 2,3 fois plus élevée qu'en 1990, le rythme de cette hausse diminuant toutefois beaucoup moins que dans les pays développés d'une décennie à l'autre. Ainsi, les

hausse ont atteint de 30 % entre 1990 et 2000, 25 % entre 2000 et 2010, et 26 % entre 2010 et 2018 (en huit ans), et elle serait de 16 % entre 2018 et 2028, sans distinction notable entre les quatre types d'utilisation, (Jodoin, 2019).

I.8. 2. La céréaliculture En Algérie :

L'agriculture est généralement influencée par les conditions climatiques et édaphiques de chaque région (Fig.05). Selon Feliachi (2000), la céréaliculture est pratiquée dans quatre grandes zones agro-climatiques.

- Un espace à faible potentialité : localisé dans le sud des Hauts Plateaux (zone agropastorale), 1.800.000 ha, pluviométrie inférieure à 450 mm et rendement de 5-6 qx/ha;

- Un espace steppique : pratiquée dans un écosystème fragile, avec une surface de 300.000-800.000 ha;

- Un espace au niveau des zones sahariennes qui se subdivisent en deux catégories : la première est représentée par le système traditionnel, occupe une surface de 35.000 ha, la deuxième draine une surface de 10.000 ha concerne la céréaliculture sous pivot, localisée en zones semi-arides et arides;

- Un espace à haute potentialité : localisé entre les plaines littorales et sub-littorale et le nord des Hauts Plateaux, occupe une superficie de 1.200.000 ha, la pluviométrie est comprise entre 450 et 800 mm, et le rendement moyen est de 10- 15 qx/ha.

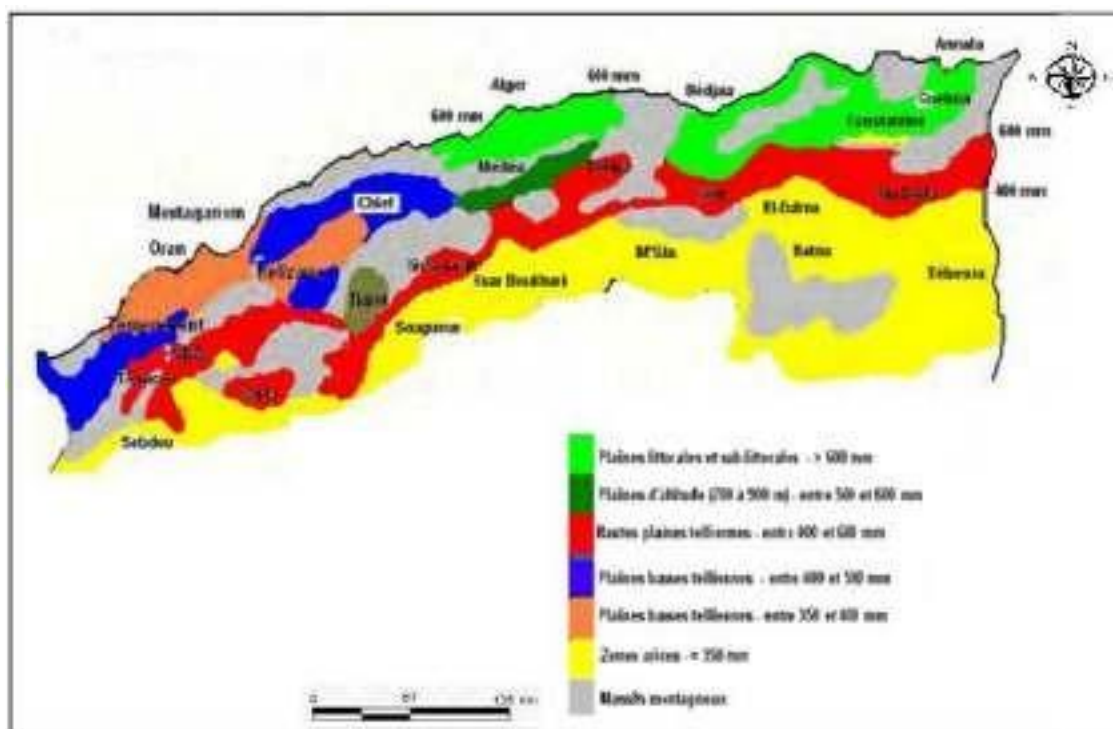


Figure 05- Carte des zones céréalières de l'Algérie. Source : (Belaid, 1986)

Pour la céréaliculture elle est répartie en fonction de leurs espèces et son type d'adaptation dans les étages bio-climatiques (fig. 06).

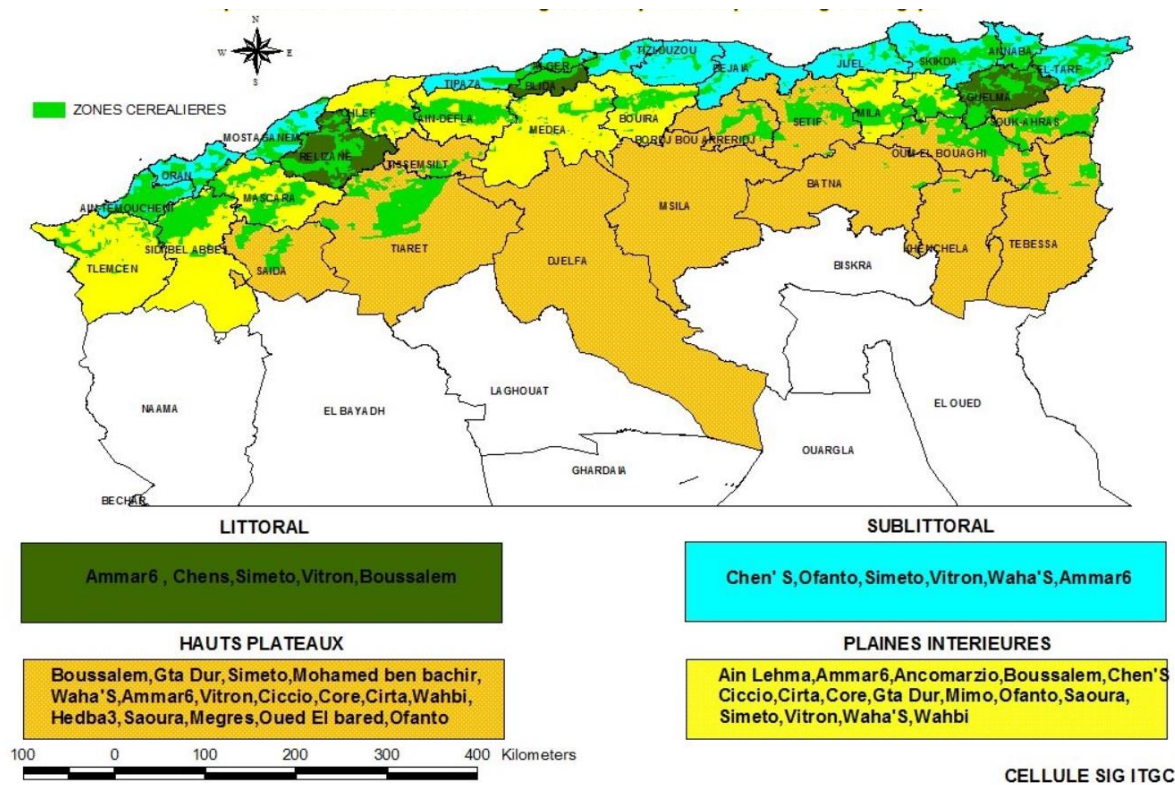


Figure 06: Répartition des variétés de blés homologués et en production par zone agro-écologique

I.8.3 .Les contraintes environnementales liées à la céréaliculture en Algérie :

La culture du blé en Algérie est souvent confrontée aux aléas climatiques qui sont défavorables à la croissance normale de la céréale, ceci peut être dû à l'absence, l'insuffisance ou à la prédominance d'un ou de plusieurs facteurs exogènes tels que l'eau, la salinité, la lumière, les substances chimiques (facteurs abiotiques) ou bien la présence de bioagresseurs (champignons, parasites, ...etc.) qui sont liés aux facteurs biotiques. Mais, le déficit hydrique est le facteur limitant le plus fréquent et le plus important dans la production végétale (Kramer, 1980). C'est une contrainte qui est fréquemment répandue dans beaucoup de zones arides et semi-arides où les précipitations sont irrégulières d'une année à l'autre et par conséquent, les plantes sont soumises à des périodes plus ou moins longues de déficit hydrique.

Selon Merouche et al. (2014), les céréales sont rarement cultivées sous irrigation complète, la pratique courante consiste à apporter de petites quantités à des stades critiques pour prévenir l'échec de la culture (mauvaises récoltes). Cependant, l'irrigation du blé pourrait avoir des

limites dans les conditions semi-arides de l'Algérie fortement caractérisé par une insuffisante pluviométrie irrégulièrement répartie. De plus, ces régions sont souvent soumises à des risques climatiques tels que les faibles taux d'humidité de l'air (air sec), les vents chauds et les températures élevées qui génèrent l'avortement en masses des épillets et les taux élevés de dessèchement (échouage), engendrant des pertes dépassant les 50% de la récolte (Belaid et al., 2005 ; Bouthiba et al., 2008 ; Merouche et al., 2014). Dans ces situations, l'impact de l'irrigation pourrait être négligeable parmi les variétés moins tolérantes à la sécheresse.

2- Les stress hydrique chez les plantes :

Notion de stress :

Selon (Jones et al., 1989), un stress désigne à la fois l'action d'un agent agresseur et les réactions qu'il entraîne dans l'organisme agressé, une force qui tend à inhiber les systèmes normaux. (Tsimilli-Michael et al., 1998) considèrent que le stress a une signification relative, avec un contrôle comme état de référence, ils considèrent le stress comme une déviation du contrôle à une contrainte.

Selon Levitt (1980), le terme stress désigne l'effet néfaste d'un facteur de l'environnement sur un organisme vivant. D'après Hopkins (2003), il s'agit de toute force ou condition hostile qui tend à empêcher le fonctionnement normal de la plante (croissance, développement et productivité). Ce terme regroupe à la fois deux grandes catégories de stress ; stress biotique (nématode, larve d'insecte, moisissure, bactérie...) et stress abiotique (sécheresse, excès d'eau, salinité, stress oxydatif, acidité du sol, stress thermique...) (Fig.07).

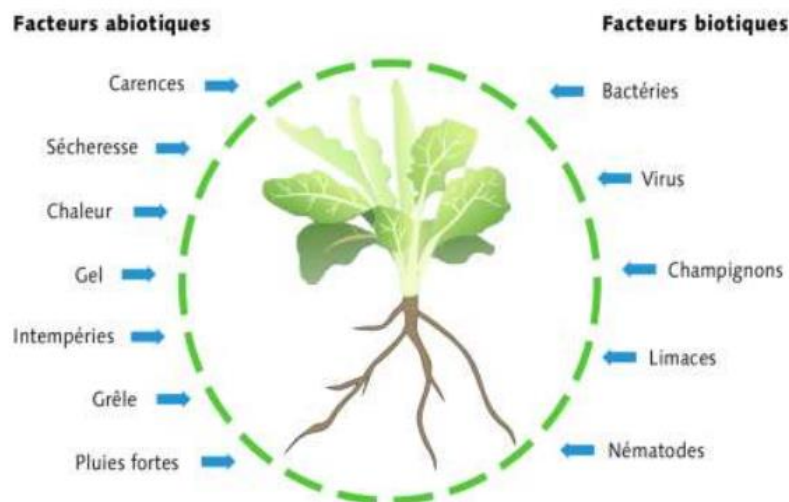


Figure 07 : Facteurs influençant la croissance des plantes

Stress abiotique :

Le stress abiotique est lié à l'action néfaste du non-vivant sur le vivant, en particulier l'action exercée par les facteurs environnementaux ; susceptibles de déclencher des modifications dommageables, provoquant ainsi chez une espèce végétale une augmentation du taux de mortalité de la population (Amrouche et Mesbah, 2017). En revanche, la réponse du végétal dépend, entre autres : des paramètres environnementaux (tels que le type de la contrainte : sécheresse, salinité température extrême) et génétiques (espèce et/ou génotype) (Hopkins, 2003).

Divers stress abiotiques sont distingués tels que la disponibilité d'eau (sécheresse ou inondation), les températures extrêmes (froid, gel, chaleur), la salinité, les carences nutritionnelles et la structure des sols etc. Les stress environnementaux nés de la fluctuation des facteurs abiotiques (sécheresse, salinité, température) affectent les conditions de croissance, le développement et le rendement des plantes (Madhava Rao et *al.*, 2006) (Fig.08). Les stress abiotiques peuvent imposer aux plantes des modifications métaboliques, physiologiques, phénologiques et peuvent même entraîner la mort des plantes (shilpi et Narendra, 2005 ; Less et Galill, 2008 ; Guo et David ho, 2008).

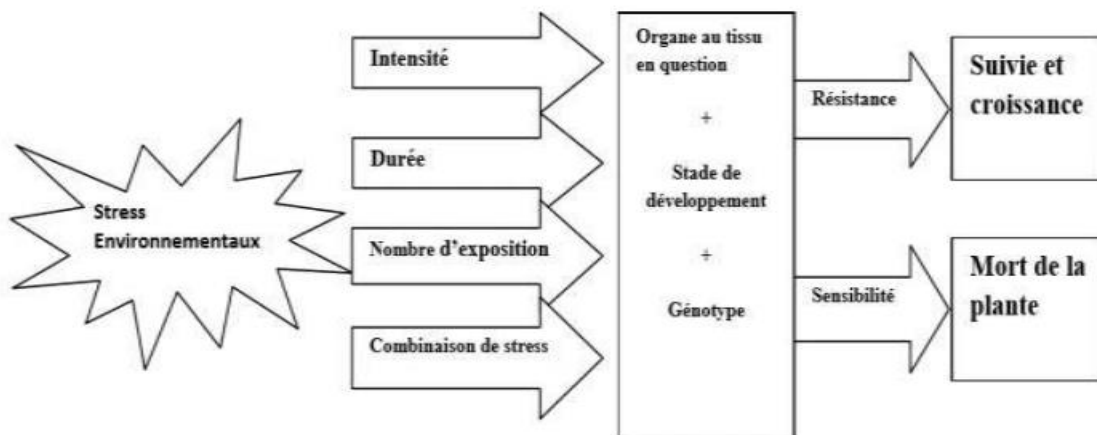


Figure 08 : Facteurs déterminant la réponse de la plante au stress selon Bray et *al.*, (2000).

2.2.1-Stress salin :

La salinité peut être définie comme étant la quantité globale des sels contenus dans « la solutions du sol » (Imalet, 1979), où les précipitations sont limitées et ne sont pas suffisantes

pour transporter les sels du profil racinaire des plantes (Khales et Baaziz ,2006 et Schulze et *al.*,2005).

Le stress salin est l'une des contraintes abiotiques les plus importantes et les plus limitantes en terme de productivité agricole à l'échelle planétaire, en particulier dans les climats aride et semi-aride (Djerah et Oudjehih, 2015). Il se définit comme une concentration excessive en sel ; ce terme s'applique surtout à un excès des ions, en particulier Na^+ et Cl^- (Hopkins, 2003).

Selon Snoussi et Halitim (1998), certains sels peuvent affecter la balance nutritionnelle chez les plantes s'ils sont présents en concentration excessive ou en proportion anormale .

Selon Tester et Davenport (2003), les effets osmotiques du stress salin peuvent également limiter la croissance des racines, ce qui limite les possibilités d'absorption des éléments nutritifs du sol.

D'après Munns et Rawson (1999), Maas et Poss (1989), l'effet de la salinité se traduit généralement par une réduction de la croissance végétative (réduction de la hauteur, nombre de talles et de feuilles) qui est en fonction de la division et l'élongation cellulaire. Elle retarde la croissance des pousses qui sont plus sensibles aux sels que les racines mais elle pousse prématurément la plante vers la maturité.

Les effets de la salinité sur la croissance des plantes varient en fonction du type de salinité, de la concentration du sel, de l'espèce, de la variété, de l'organe de la plante, ainsi que de son stade végétatif (Levigneron et *al.*, 1995). Certaines espèces telles que l'orge, le blé, le sorgho, la betterave et le tournesol se montrent plus sensibles au stade juvénile qu'au stade plante adulte (Munns et *al.*, 2006). Mais cela ne s'avère pas être le cas pour toutes les espèces végétales.

2.2.2-Stress thermique :

Les plantes sont des organismes poïkilothermes, de la même température que leur environnement ; elles n'ont donc pas la possibilité d'éviter le stress dû aux changements de température.

La température est un facteur environnement qui varie selon la saison et subit des fluctuations quotidiennes. Le gel et la haute température affectent le développement de la céréale tout long de son cycle (Bouzerour et Monneveux, 1992).

L'aptitude de cette dernière à tolérer la chaleur excessive varie non seulement avec leur stade de développement mais aussi avec l'espèce et le génotype (Barnabás et *al.*, 2008; Sakata et Higashitani, 2008).

Selon Farhati (2007), La sensibilité des plantes aux températures extrêmes est très variable, certaines sont exterminées ou affaiblies par des baisses modérées de températures, lorsque d'autres parfaitement acclimatées, sont capables de survivre au gèle.

La contrainte thermique est une fonction complexe qui varie selon l'intensité (degré de la température), la durée et les taux d'augmentation ou de diminution de la température (Oukarroum, 2007).

L'effet des hautes températures au semis se manifeste par une réduction de la longueur de la coléoptile (Hazmoune, 2000). Rawson, (1988) réussit à montrer que l'effet pénalisant de l'élévation de la température est surtout dû au fait que la plante n'arrive pas à absorber les éléments nutritifs et l'eau et les utiliser au rythme imposé par le stress thermique. Hauchinal et *al.*, (1993) remarquent une réduction du rendement des semis tardifs, liée à une diminution du nombre d'épi et du poids moyen du grain, causée par le effet pénalisant du stress thermique qui se matérialise par une accélération du développement et une réduction des dimensions des organes constitutifs de la plante. La résultante est un effet négatif sur la productivité globale de la plante. Wardlaw et *al.*, (1989) montrent que la baisse du rendement due au stress terminal, est corrélée positivement à la réduction du poids moyen du grain et à la variation du nombre de grain/m².

Ce stress engendre de diverses modifications physiologiques chez la plante, telles que l'abscission et la sénescence des feuilles, la brûlure des feuilles et des tiges, l'inhibition de la croissance des pousses et des racines ou les dégâts causés aux fruits, qui mènent de ce fait à une baisse du rendement (Vollenweider et Günthardt-Goerg, 2005; Wahid et *al.* 2007).

Le stress thermique active le développement au détriment de la croissance, induisant une réduction de la hauteur du chaume, de la surface foliaire, de la biomasse aérienne et du rendement grain et accélèrent l'achèvement du cycle de vie de la plante. La résistance au stress thermique est étroitement liée à l'alimentation de la plante en eau. Elle dépend également d'autres caractères morphologiques tels que la structure de la feuille et le nombre et dimension des stomates (Al Khatib et Paulsen, 1984 ; Balota et *al.*, 2007).

Ce paramètre montre une association étroite avec le rendement grain sous conditions naturelles de climat chaud, comme au Soudan et au Mexique (Reynolds et *al.*, 1994; Fischer

et *al.*, 1998). Ayeneh et *al.*, (2002) trouvent une association positive entre la dépression de la température du couvert végétal et la dépression de la température des organes végétatifs tels que la feuille étandard et l'épi, sous conditions de stress thermique. Ces résultats suggèrent que les barbes jouent un rôle dans la tolérance aux stress hydrique et thermique de fin de cycle de la culture. Le stress thermique durant la période pré-anthèse modifie non seulement le poids final du grain, mais aussi le nombre de grains. Au-delà de 32°C, on peut observer des dommages irréversibles pouvant aller jusqu'à la destruction de l'organe ou de la plante (Wardlaw et *al.*, 1998). Selon Hays et *al.*, (2007), sous les conditions du sud des plaines intérieures américaines, le rendement est couramment réduit par l'action des hautes températures au cours de la période de remplissage. L'effet se manifeste sous forme de réduction du nombre de grains produit par unité de surface emblavée, du poids individuel du grain et de la durée de la phase de remplissage. La réduction du nombre de grains produit par m² est attribuée à la sensibilité du développement du grain pollen sous conditions de températures élevées (Dorion et *al.*, 1996 ; Abbassenne et *al.*, 1998). Sous conditions normales, le grain de pollen stocke de l'amidon et des protéines qui sont utilisées comme source d'énergie pour la croissance du tube pollinique. De ce fait l'élévation de la température inhibe l'accumulation de l'amidon et des protéines dans le grain de pollen, le rendant incapable de fertiliser (Dorion et *al.*, 1996). Saini et *al.*, (1983) mentionnent, que sous stress thermique, le tube pollinique est très court et faiblement développé.

2.2.3-Le stress nutritif :

La croissance, le développement et le rendement des plantes sont contribués par des élément essentiel comme N ,P, k, Mg ,Ca, S, Fe, Mn, Zn, Cu ,B, Mo ,Co ,Si,...(HOPKINS et HUNER, 2004 ; Koprivova et *al.*, 2008). Les plantes peuvent être soumises a un stress nutritif du a la plusieurs facteurs menant a l'insuffisance nutritive ou l'approvisionnement excessif en élément (Schulze et *al.* , 2005). Le stress nutritif et les désordres métabolique associés diminuent la croissance et le rendement des plantes (Lynk et Brown, 2001 ;Kant et *al.*, 2008).

Le déficit hydrique induit un déficit de nutrition azotée qui provient principalement des réductions de flux d'azote au niveau des racines et de la réduction des échanges entre les parties aériennes et racinaires du fait de la chute de la transpiration (Dugo, 2002 ; INRA, 2006). Le facteur d'aridité peut affecter la nutrition phosphatée dans les zones semi-arides en réduisant de manière drastique les possibilités de désorption des ions phosphate depuis la phase solide du sol et de leur transfert vers la racine (Fardeau et Frossard, 1991). En effet 95% du phosphore prélevé doit être désorbé avant d'être transféré vers la plante.

2.2.4. Stress hydrique :

Lorsqu'une plante est soumise à une diminution progressive de la disponibilité en eau, un stress hydrique s'installe. Selon l'intensité et la durée de ce stress, Larcher (1995) décrit le passage de la plante par trois phases (Figure n°09) :

-La phase d'alarme : elle survient au niveau cellulaire, des structures sont déstabilisées, en particulier les membranes, et un certain nombre de fonctions biochimiques et métaboliques s réorganisées pour la poursuite normale des activités vitales de la plante. Ainsi, le catabolisme l'emporte sur l'anabolisme est c'est la réaction fondamentale au stress. Au cours de cette première phase, la transpiration et la photosynthèse se maintiennent comme pour des plantes non stressées, cet état "normal" est assuré par des processus de réparation et de restauration de l'état initial par la synthèse de molécule de protection, c'est la réaction de restitution ou de récupération. Cette phase est réversible, donc le retour à l'état initial est possible.

-La phase de résistance: apparaît si l'eau ne permet plus de satisfaire l'évapotranspiration, en d'autre terme si le stress continue, voire même s'intensifie, la transpiration et la photosynthèse sont réduites en dessous du niveau potentiel, la plante augmente progressivement ses processus de protection. Des modifications physiologiques rendent la plante plus résistante, elle peut survivre et se reproduire au cours de la période de stress, on parle alors d'endurcissement. Ce dernier correspond à une étape de résistance, il s'agit d'une acclimatation au stress. Si le stress reste constant, un haut degré de résistance est développé par la plante l'apparition d'un phénomène d'ajustement permet le retour à une situation d'activité normale, plus ou moins proche de celle de départ. Les réponses physiologiques de la plante au cours de cette phase sont variables et dépendent des facteurs de l'environnement et de la plante elle-même (Blum, 1996). Lorsque le stress persiste trop longtemps et augmente d'intensité, apparaît la dernière phase.

-La phase d'épuisement : où l'on constate l'installation de dommages irréversibles, menant ainsi à l'effondrement des fonctions de la plante (Fig.4). La réponse au stress est donc une interaction entre l'effort de s'adapter et les processus potentiellement létaux dans le protoplasme (Djebbar, 2012).

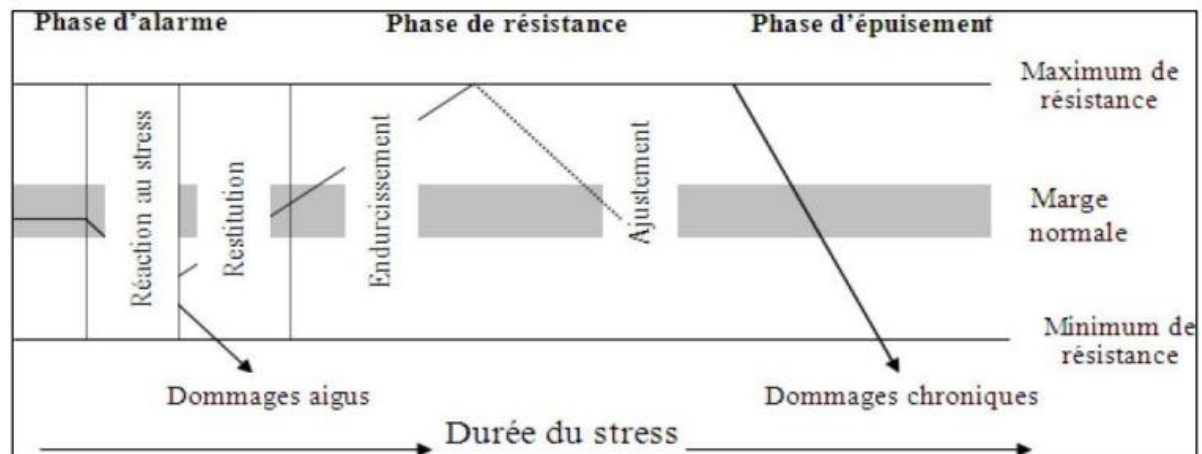


Figure n°09 : Les phases successives lors d'un stress (Larcher, 1995, modifié).

Effets du stress hydrique chez les plantes:

Les stress abiotiques, notamment le stress hydrique, limitent sérieusement la croissance des plantes ainsi que la productivité végétale (Wang *et al.*, 2003). Le déficit hydrique constitue un important facteur limitant pour la production des cultures céréalières dans les zones arides et semi-arides (El Mouride *et al.*, 1996) qui se caractérisent par une forte irrégularité des précipitations (Foudili et Gasmi, 2017). Chaque année, les surfaces perdues à cause des stress hydrique et salin varient autour de 20 millions d'ha dans le monde. En Algérie, la rareté et le caractère irrégulière des précipitations (200 à 600 mm/an) peuvent être les facteurs d'une perte partielle ou totale de production, en particulier dans le cas des céréales.

2.2.1- Influence du stress hydrique sur la germination :

L'effet du stress hydrique va dépendre de son intensité, de sa durée, du stade de développement de la plante ainsi que du génotype et de son interaction avec l'environnement (Yokota *et al.*, 2006 ; Radhouabe, 2014). Ce phénomène est l'un des facteurs environnementaux qui affecte le plus la germination des espèces cultivées et réduit leur survie au cours des stades précoces de développement.

La germination est l'étape critique dans le cycle de développement de la plante. En effet elle conditionne l'installation de la plantule sur le milieu, et probablement sa productivité ultérieure (Hajlaoui *et al.*, 2007).

En absence d'humidité suffisante, la graine même si elle est correctement placée dans le sol, n'évolue pas, retardant ainsi la levée. En cas de persistance de la sécheresse, la situation peut se traduire par une absence de germination (Feliachi *et al.*, 2001). Au cours de cette phase, c'est le métabolisme des carbohydrates qui se trouve fortement affecté, à travers la

perturbation du fonctionnement enzymatique impliqué dans ce processus (Ingram et al., 1996). L'hydrolyse de l'amidon et la libération des sucres réducteurs énergétiques constituent une étape incontournable dans le déroulement de la germination (Bray et al., 1989). De plus, la disponibilité des carbohydrates pendant cette phase assure un rôle de protection contre le déficit hydrique (Beck et Ziegler, 1989).

2.2.2- Effet du stress hydrique sur la photosynthèse :

Parmi les modifications physiologiques liées au stress hydrique, la régulation stomatique qui influe sur la photosynthèse et la respiration, La baisse du potentiel hydrique de la plante se traduit principalement par une diminution de la pression de turgescence (Benkolli et Bouzeghaia, 2016) ensuite à une perte de fonctions vitales. Donc un stress hydrique provoque la fermeture des stomates, ralentissant la photosynthèse en même temps que la transpiration (Issad, 2013). La sécheresse menace la capacité de la plante à maintenir sa photosynthèse (Hamla, 2016).

Une diminution de la teneur en eau de la plante se traduit immédiatement par une réduction de la croissance en dimension avant même que la photosynthèse ne soit affectée (turner,1997 in benjelloune, 2013), une modification du volume cellulaire et de la forme de la membrane, à une perte de turgescence, à une rupture de l'intégrité membranaire et une dénaturation des protéine (Bray, 1997). La photosynthèse peut être empêché de plusieurs manières (Munns, 2002 in Amenas, 2007) : diminution de la capacité des stomates à fixer les gaz du fait de la diminution du potentiel hydrique (Damour, 2008) ; la réduction du produits de photosynthèse (sucre, amidon) dans les cellules à cause de la diminution de croissance des feuilles (Downton et al,1990)

2.2.3- Effet du stress hydrique sur la croissance et le développement:

Un stress hydrique se traduit par une réduction de la croissance de la plante et de sa production par rapport au potentiel du génotype (Bouakaz et Hamadouche, 2015).

Il se concrétise, chez la plupart des espèces, par un ralentissement de la mise en place de nouveaux organes aériens, c'est -à- dire des feuilles et des tiges, et par une réduction de la croissance des organes préexistants (Gaufichon et al., 2010).

Ces modifications résultent d'une diminution de la vitesse de division des cellules constituant les tissus végétaux (Granier et al., 2000).

Un stress hydrique précoce affecte en parallèle la croissance des racines et des parties aériennes, le développement des feuilles et des organes reproducteurs (Mouellef, 2010 ;Attia,

2007 ; Neffar, 2013)). La croissance de la partie aérienne, et surtout celle des feuilles, est généralement plus sensible que celle des racines (Hopkins, 2003). Toutefois, si le stress est sévère on peut observer aussi un arrêt total du développement foliaire (Hegarty et Ross, 1978).

On note principalement une diminution importante de la taille, de la longueur des entre noeuds, du nombre de feuilles voire de la surface foliaire (INRA, 2006 ; Lebon et *al*, 2006; Attia, 2007).

Les plantes soumises à un déficit hydrique voient généralement leur sénescence foliaire s'accélérer; et une perte trop importante d'eau peut conduire à la mort des cellules, (Kramer et Boyer, 1995 ; Bouchabke et *al*, 2006 ; INRA, 2006).

la plante peut limiter ses pertes d'eau par la réduction de l'interception du rayonnement solaire ; enroulement foliaire, position érigée des feuilles, augmentation de la réflexion due à la pilosité de la feuille, présence de cire sur la feuille et réduction de la surface foliaire.

De nombreuses études conduites au champ ou en conditions contrôlées montrent l'existence d'une grande variation des caractéristiques d'enracinement des différentes espèces cultivées en conditions hydriques défavorables. Selon Meyer et Alston (1978), le rendement dépend essentiellement à la configuration du système racinaire et la disponibilité en eau.

Pour les céréales, la période de sensibilité la plus élevée est celle qui va de la formation du grain de pollen (stade fin gonflement) à la fécondation. Tout déficit hydrique à ce moment affecte le nombre de grain/ épillet (Gate et *al.*, 1990).

Le stress hydrique a deux conséquences quasi simultanées sur le tallage du blé (Casals, 1996). La première est l'arrêt du processus de tallage qui se traduit par un arrêt de la croissance des bourgeons axillaires. Une carence hydrique précoce durant la phase végétative réduit donc le nombre et la taille des talles chez le blé (Davidson et Chevalier, 1990 ; Stark et Longley, 1986 ; Blum et *al.*, 1990). La seconde est la réduction de la vitesse de croissance des talles les plus jeunes (Assem, 2006).

Tableau 03: Les différentes réponses des céréales durant leur développement face à un déficit hydrique.

Stade de Développement	Effet du stress hydrique	Conséquence sur le rendement
Graine	-Germination réduite et retardée	Altération des composantes du rendement s'il y a moins de 1000 plants /m ²
Plantule	-Taux plus élevé de la mortalité des talles	La réduction de l'épis/m ² et du rendement
Tallage, début épiaison	-L'assimilation de l'azote est réduite	Accélération de la sénescence
Allongement des tiges	-Mort des ébauches florale	Accélération de la sénescence
Anthèse	-Réduction de la longueur des thalles	Limitant la perte de la capacité photosynthétique durant le Remplissage du grain
Maturité	-Accélération de sénescence	Réduction de la grosseur du grain

2.2.4-Effet du stress hydrique sur le rendement :

Le déficit hydrique est une contrainte abiotique majeure de la production agricole, qui impacte négativement le rendement et la qualité de la production agricole (Benkhellef, 2016). Ce stress limite par conséquent la taille de la plante, le nombre de feuilles et la surface foliaire (Attia, 2007). De même, il réduit le développement des organes reproducteurs et la croissance des racines (Neffar, 2013). Il affecte donc non seulement la croissance mais aussi la reproduction de la plante (Bouakaz, Hamadouche, 2015).

Le rendement en grains chez le blé dépend fortement du nombre de grains par épi, du poids de grains par épi et du nombre d'épis par m² (Triboï, 1990).

Le tallage est l'un des principaux facteurs déterminant le rendement en grains chez les céréales, une carence hydrique précoce durant la phase végétative réduit le nombre et la taille des talles chez le blé, Après la fécondation, il réduit la taille des organes et s'il se poursuit pendant la phase de remplissage, il affecte leur composition et entraîne une diminution du poids de 1000 graines par altération de la vitesse et la durée de remplissage des grains (Bouthiba et al. 2010). Au cours du remplissage des grains, le manque d'eau a pour

conséquence une réduction de la taille des grains (échaudage), réduisant par conséquent le rendement (Gate et *al.*, 1993).

L'effet du déficit hydrique sur ces composantes et par conséquent sur le rendement, dépend du stade au cours duquel ce déficit survient (Debaeke et *al.*, 1996). Ainsi, un déficit hydrique à la montaison se traduit par la chute du nombre d'épis par m², la régression intense des tailles et la baisse du nombre de grains par épi. À la fin de la montaison, 10 à 15 Jours avant l'épiaison, la sécheresse réduit le nombre de fleurs fertiles par épillet (Debaeke et *al.*, 1996). Un stress hydrique pendant la phase de maturation aura comme conséquence la réduction de la taille et le nombre des grains (Osakabe et *al.*, 2014).

Ainsi, le risque de stress hydrique est-il possible presque durant tout le cycle biologique de la céréale. Par ailleurs et pour bien se développer, la plante doit disposer de mécanismes d'adaptation qui lui permettent de supporter le stress hydrique.(Bouchelaghem S.,)

Mécanismes d'adaptation de la plante au stress hydrique :

La survie des plantes soumises à un stress environnemental est un vaste domaine de recherche (Sami, 2016). Plusieurs études ont montré que, lors d'un stress abiotique, les plantes adoptent des stratégies d'adaptation qui font intervenir une large combinaison de facteurs morphologiques, physiologiques, biochimiques et moléculaires (Monneveux et Nemmar, 1986). De ce fait, une réflexion sur les stratégies à entreprendre pour comprendre les mécanismes mis en jeu par les plantes afin de s'adapter aux conditions de l'environnement et de maintenir leur croissance et leur productivité s'impose (Hassani et *al.*, 2008).

Le déficit hydrique se manifeste par la combinaison d'un part, de la restriction de la disponibilité en eau du sol et d'autre part, de l'augmentation de la demande évaporation. (Chaves et *al.*, 2002.) (Tradieu et *al.*, 2006). La résistance d'une plante à une contrainte hydrique peut être définie, du point de vue physiologique, par sa capacité à survivre et à s'accroître et, du point de vue agronomique, par l'obtention d'un rendement plus élevé que celui des plantes sensibles (Hsissou, 1994). La résistance à la sécheresse est liée à la capacité d'une variété à développer un nombre élevé de mécanismes d'adaptation et non pas à la présence d'un mécanisme donné (Hayek et *al.*, 2000).

La résistance à la sécheresse a été associée à plusieurs caractéristiques d'ordre phénologique, morphologique, physiologique et biochimique reflétant différents types d'adaptation (esquive, évitement et tolérance) Passioura, (2004) (Nachit et Ketata, 1986). Puisque le rendement lui-même dépend non seulement de la capacité de survivre mais également sa capacité à se

développer et compléter son cycle avant, durant ou après la période de sécheresse (Levitt, 1980). Toute espèce possède donc un éventail de caractères dit adaptatifs car ils contribuent au maintien de l'équilibre entre les besoins des organismes et les conditions du milieu (Chaker et Brinis, 2005). Selon (Rejeb et Ben Salem, 1993) les variétés de céréales résistantes au déficit hydrique se caractérisent par une stratégie regroupant en même temps, un ensemble des mécanismes d'adaptation. L'identification et l'analyse des différents mécanismes développés par la plante en relation avec la carence hydrique, permettent de mieux comprendre ce phénomène.

-Échappement ou l'esquive : C'est la situation où la plante grâce à un rythme de développement spécifique, réussit à s'harmoniser à l'environnement de production, en échappant partiellement ou complètement au stress (Kabongo, 2018). Cette stratégie est surtout basée sur la modulation de la durée du cycle de sorte que la plante échappe au pic d'avènement du stress. C'est un changement dans la longévité du cycle phénologique, la plante peut soit raccourcir soit l'allonger (Levitt, 1980).

-L'évitement : L'évitement est défini comme la capacité d'une plante à supporter une sécheresse en évitant une déshydratation des tissus. Donc, le maintien du potentiel hydrique interne satisfaisant en présence de contrainte hydrique (Turner, 1986). La première réponse est l'aptitude des racines à exploiter les réserves en eau du sol sous stress. La seconde réponse est constituée par la réduction de la surface foliaire ; la régulation de l'ouverture et la fermeture des stomates (Ludlow et *al.*, 1990), la présence de cire à la surface des feuilles et l'enroulement foliaire (Clarck, 1986 ; Hireche Y. 2006).

-La tolérance du stress : La tolérance à la sécheresse est le résultat de divers mécanismes complexe permettant à la plante de maintenir un faible potentiel hydrique interne lui assurant le déroulement de ses activités métaboliques. Les mécanismes par lesquels la tolérance ou résistance est achevée diffèrent selon les espèces et la nature du stress (Foulkes et *al.* 2007 in Fellahi 2017).

Cette stratégie consiste à maintenir les fonctions de la plante: croissance, transpiration et la photosynthèse, malgré le déficit hydrique (Jean-pierre et *al.*, 2006). La tolérance à la déshydratation implique des mécanismes intracellulaires qui visent à préserver l'intégrité structurale et fonctionnelle des tissus lorsque le potentiel hydrique diminue (Laurent et Sané, 2007), et autorise la reprise des activités de la plante dès que les conditions de croissance redeviennent plus normales (kabongo tshiabukole, 2018).

Sur le plan physiologique, le maintien d'un faible potentiel hydrique interne se réalise notamment par l'accumulation de certains osmolytes compatibles, c'est l'ajustement osmotique (El Midaoui et *al.*, 2007).

Deux autres termes qui demandent à être expliquées sont adaptation et acclimatation, adaptation se rapporte à des modifications de structure ou de fonction héritables, qui augmentent l'adéquation de l'organisme dans un environnement stressant. et l'acclimatation, par ailleurs se rapporte à des modifications physiologiques non héritables, qui interviennent au cours de la vie d'un individu. Le processus d'acclimatation à un stress est appelée résistance et les plantes qui se sont acclimatées à un stress sont dites résistantes. Enfin une autre controverse concernant la terminologie porte sur le mot stratégie. Le terme stratégie est souvent utilisé pour décrire la façon dont une plante apporte une réponse positive à un stress particulier (Hopkins, 2003).

Adaptation phénologique :

Pour éviter les périodes difficiles pour la croissance et le développement, certaines variétés accomplissent leur cycle de développement avant l'installation de stress hydrique. La précocité constitue donc un important mécanisme d'évitement au stress hydrique de fin de cycle (Ben Naceur et *al.*, 1999).

Dans ces conditions, les paramètres phénologiques d'adaptation ou paramètres de précocité définissent le calage du cycle vis-à-vis des contraintes environnementales. La précocité assure une meilleure efficacité de l'utilisation de l'eau. En effet, en produisant la biomasse la plus élevée, les génotypes à croissance rapide et à maturité précoce utilisent mieux l'eau disponible et ils sont moins exposés aux stress environnementaux que les génotypes tardifs (Bajji, 1999). Le rendement en grains est positivement corrélé à la précocité d'épiaison (Gonzalez et *al.*, 1999). En effet, les variétés qui ont une vitesse de croissance élevée ont la capacité de mieux utiliser les sources nutritives à la fin du cycle de développement lorsque celles-ci deviennent limitantes (Poorter, 1989).

La précocité de l'épiaison peut donc être utilisée comme critère de sélection pour améliorer la production dans les zones sèches (Reynolds et *al.*, 2005 ; Mekhlouf et *al.*, 2006).. C'est l'un des traits les plus importants dans l'adaptation des plantes au stress hydrique (Ben Salem et *al.*, 1997).

Le rendement de nombreuses variétés a été amélioré grâce au raccourcissement des longueurs de cycle chez pratiquement toutes les espèces cultivées annuelles (Turner et *al.*, 2001), sur les légumineuses (Subbarao, 1995), comme sur les céréales (Fukai et *al.*, 1999).

Adaptation morphologiques :

En réponse au stress, la plante simule des changements significatifs que ce soit sur le plan morphologique que métabolique (Ali Dib et *al.*, 1992). Les plantes sont différentes dans leur sensibilité au stress. Leur réponse varie selon le stade de développement, de la germination à la maturité (Turner, 1979). L'effet du déficit hydrique est beaucoup plus marqué sur le développement aérien que sur le développement racinaire (Kramer, 1980) : réduction de la surface foliaire et du nombre de tiges, enroulement des feuilles et/ ou meilleur développement du système racinaire (Ali-Dib et *al.* 1992 ; Mefti et *al.* 1998 ; Albouchi et *al.* 2001) (Tab.04).

Selon Amokrane et *al.* 2002, l'enroulement des feuilles chez certaines variétés peut être considéré comme un indicateur de perte de turgescence en même temps qu'un caractère d'évitement de la déshydratation, il entraîne une diminution de 40 à 60 % de la transpiration.

La longueur des barbes est un paramètre morphologique qui semble également étroitement lié à la tolérance au stress hydrique (Hadjichristodoulou, 1985). Grignac (1965) mentionnent que les blés barbus sont plus résistants que les blés faiblement aristés lors d'un déficit hydrique.

Les barbes augmentent chez les céréales la possibilité d'utiliser les assimilats lors de la phase de maturation des graines. Elles arrivent à contribuer pour environ 15% au remplissage du grain du fait qu'à ce moment, elles sont les seuls organes qui restent photosynthétisant. Selon Blum (1989), l'activité photosynthétique est moins affectée par les hautes températures de fin de cycle que la feuille étendard.

La hauteur de la plante apparaît comme un critère de sélection important particulièrement dans les zones arides, ceci s'expliquerait par le fait qu'une paille haute s'accompagne souvent d'un système racinaire profond ce qui conférerait à la plante une capacité d'extraction de l'eau supérieur (Bagga et *al.*, 1970).

La densité racinaire vue sous l'angle du nombre et de la profondeur est un indicateur de l'aptitude de la céréale à extraire de l'eau du sol surtout en zones sèches où elle manifeste un dynamisme dans la croissance (Richards et Passiora 1981). Némmar (1983) mentionne qu'un système racinaire bien développé contribue à l'obtention d'un bon rendement en grains en cas

de déficit hydrique. Les plantes à enracinement superficielle et peu dense souffrent plus du déficit hydrique que ceux à enracinement profond (EL hassani et Persoons, 1994).

Tableau 04 : Paramètres phénologiques et morpho-physiologiques d'adaptation au déficit hydrique (Monneveux, 1991).

Paramètres d'adaptation	Exemples
Paramètres phénologiques	- Précocité.
Paramètres morphologiques	- extension du système racinaire
Paramètres macromorphologiques	- port et surface des feuilles
Paramètres micromorphologiques	- taille du chaume, - longueur des barbes - enroulement des feuilles, - densité du trichome - glaucescence et couleur des familles - présence de cires, - densité et taille des stomates - compaction du mésophylle, - épaisseur de la cuticule - nombre et diamètre des vaisseaux au xylème racinaire
Paramètres physiologiques	- effets stomatiques et non stomatiques du déficit hydrique sur la photosynthèse - réduction de la transpiration par fermeture des stomates - maintien d'un potentiel hydrique élevé, - osmorégulation (accumulation d'ions minéraux, de proline, de sucres solubles)

Adaptation physiologiques :

La recherche sur la tolérance physiologique aux stress a pour objectif d'améliorer les capacités génétiques de production des plantes sous des conditions qui sont, en générale, moins favorables à l'expression du potentiel. Cette approche se justifie par le fait que certaines variétés sont plus tolérantes aux stress que d'autres. Le stress hydrique provoque la mise en place d'un état de régulation hydrique de la plante qui se manifeste par la fermeture stomatique et par une régulation du potentiel osmotique (Anjum et *al.*, 2011).

La diminution du potentiel hydrique du sol en conditions de sécheresse provoque une perte importante de la turgescence au niveau de la plante. L'augmentation de la production, dans ces conditions, dépend des mécanismes de tolérance qui assurent l'hydratation cellulaire et diminuent la perte en eau en maintenant un statut hydrique favorable au développement foliaire (Slafer et *al.*, 2005). Le maintien d'un potentiel hydrique élevé est lié à l'aptitude à extraire l'eau du sol et à la capacité à limiter les pertes d'eau par transpiration (Tardieu et *al.*, 2004). La diminution de la transpiration engendre la réduction de la photosynthèse, et donc du rendement. Cependant, il apparaît que les génotypes qui ont la capacité photosynthétique intrinsèque la moins affectée par le déficit hydrique présentent une meilleure efficacité d'utilisation de l'eau (Condon et *al.*, 2004).

L'adaptation à des milieux aux régimes hydriques variables est en partie associée à l'ajustement osmotique (Richards et *al.*, 1997). L'ajustement osmotique constitue le processus majeur permettant à la cellule de maintenir sa turgescence sous contrainte hydrique (Zhang et *al.*, 1999). L'ajustement osmotique est réalisé grâce à une accumulation des solutés conduisant à un maintien du potentiel de turgescence. Les solutés responsables de la régulation osmotique sont essentiellement des acides organiques, des acides aminés (proline, glycinebétaine), des sucres solubles et certains constituants inorganiques (Richards et *al.*, 1997).

Adaptation biochimiques :

D'après plusieurs études, il est connu qu'à fin de limiter les effets de la sécheresse liée à la salinisation du sol, le végétal accumule des composés organiques, tels que les sucres solubles (Lessani, 1969 ; Djahra et *al.*, 2015) et la proline (Stewart et Lee, 1974 ; Djahra et *al.*, 2015) qui est considérée comme "élément osmorégulateur" (EI-Haddad et O'leary, 1994 ; Ullah et *al.*, 1993; Djahra et *al.*, 2015). L'accumulation de cet acide aminé est suggérée comme indice de résistance non seulement au stress salin mais également au stress hydrique (Monneveux et Nemmar, 1986 ; Dib et *al.*, 1992 ; Djahra et *al.*, 2015) (Tab.04).

Tableau 04 : Paramètres phénologiques et morphophysiologiques d'adaptation au déficit hydrique (Monneveux, 1991).

CHAPITRE -II
MATERIELS ET METHODES

II. Matériel et méthodes :

L'expérimentation a été menée en deux parties sous des conditions semi-contrôlé ; la première partie au laboratoire de biologie végétale, où on a fait l'analyse des échantillons de céréales a pailles, ainsi que des testes concernant les paramètres de germination et de croissances ; et la deuxième partie est réalisé dans une serre où des analyses ont été réalisés sur des plantes matures.

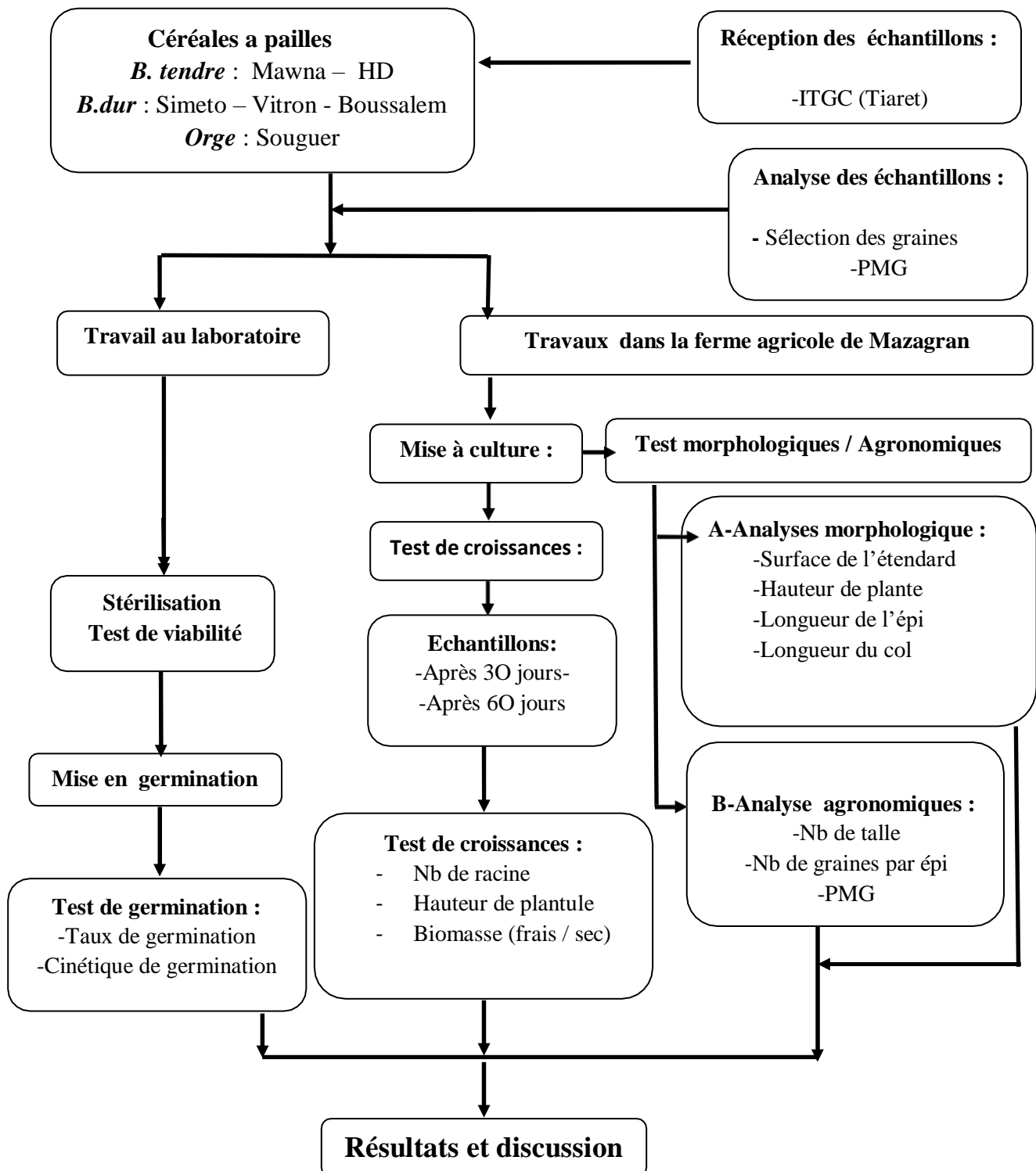
Objectifs de l'expérimentation :

Le travail comporte deux types d'essais, différents par leurs objectifs et leurs conduites :

a- Les effets des variations des potentiels hydriques adoptés dans les différents milieux de germination sur l'évolution d'imbibition des graines et leurs germinations, ont été estimés. Le travail comporte également l'évaluation des effets du stress hydrique sur la croissance végétative chez les jeunes plantules. Les échantillons de céréales utilisés dans la réalisation des différents essais permettent par conséquent d'estimer la variabilité de leur comportement dans des conditions de sécheresse au cours de cette phase de développement, caractérisant chaque espèce.

b- Un essai conduit en serre (semi contrôlé) sous trois niveaux de stress hydriques est réalisé dans le but d'une caractérisation des propriétés agronomique du matériel végétal utilisé.

Protocole expérimental :



Matériel végétal :

Le matériel végétal utilisé dans notre étude (Fig.) est puisé dans les deux genres *Triticum sp.* et *Hordeum sp.*.

Pour étudier la réponse des grains des différents génotypes utilisés sous des niveaux progressifs de stress hydrique, cinq génotypes de blé et une espèce d'orge sont choisis.

Les deux type de céréale a pailles qui ont fait l'objet de la présente étude sont puisé dans les deux genres *Triticum sp.* et *Hordeum sp.*, , il s'agit de : deux caryopses de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) Mawna et HD , trois caryopses de blé dur (*Triticum durum* Desf) à savoir Simeto, Vitron et Boussalem. et une variété d'orge Souguer . Ces différents échantillons de céréales nous ont été fournis gracieusement par l'I.T.G.C.de Tiaret.

Les figures 11 : présentation des échantillons de céréales expérimentées.

-La variété Mawna et une variété précoce, port dressé, a fort tallage et de hauteur moyenne. Elle est en plein expansion dans les wilayas de Guelma, Skikda, Blida et même dans la zone sud du pays et elle est caractérisée par : -Un rendement en grain stable et élevé, surtout en irrigué -Une bonne productivité -Une bonne adaptation aux différents milieux de cultures, même dans la zone sud. -Rendement en farine moyen, teneur en protéines moyenne blé tenace (douici-khalfi et *al.*, 2019).

-Variété HD : d'origine CIMMYT .sélection lignée avancée ITGC /sétif 1985, mieux Zone adaptée aux régions littoral, plaines intérieures hauts plateaux et zones sahariennes, a Cycle végétatif : précoces, caractérisé par des Graines roux, allongés, un PMG moyen avec une bonne productivité (42qx/ha) (Ouaguini A. et Kahi Z., 2020).

-Variété Simeto d'origine d'Italie à lignée pure adaptée au littoral, sublittoral, plaines intérieures avec un cycle végétatif semi précoce et un tallage fort après un semi en mi – novembre au mi – décembre, elle est tolérante au froid, à la verse et sensible à la sécheresse, introduite en 1998, à cycle végétative semis précoce, rendement élevé, très bon qualité semoulière, tolérante à la sechresse, moyennement sensible aux maladies (ITGC, 2017).

-La variété Vitron du blé dur (*Triticum durum* Desf.) est une variété originaire d'Espagne, paille haute a moyenne, cycle végétatif demi-précoce, tallage moyen, mieux adaptée aux régions aride et semi-arides, sensible aux maladies, bonne productivité et un rendement élève (Merabet et Bouthiba, 2004 ; Rezgui et *al.*,2005).

-Variété Boussalem : La variété utilisée dans notre expérience est la variété Boussalem. C'est une variété d'origine ICARDA-CIMMYT, qui vient de connaître un début d'adoption dans les régions de Tiaret et Sétif.

-La variété Sougueur : est très répandue dans la région de Sersou et les plaines de Tissemsilt à climat semi-aride, est une espèce caractérisée par le fort tallage, bonne productivité, tolérante au froid et à la sécheresse. Caractéristiques morphologiques : Compacité de l'épi : compact. Couleur de l'épi : blanc. Hauteur de la plante à la maturité : 90 à 100cm (Besbes H. et *al.*,2023).

Analyse des échantillons :

Avant de commencer le Protocole expérimental, nos échantillons font l'objet de certain nombre de tests d'analyse, afin de s'assurer de la qualité de ces derniers.

La description des variétés a été effectuée sur un tableau récapitulatif sus-indiqué est noté également le poids de 1000 grains en utilisant une balance électronique de précision (Tab.06).

Les échantillons choisis de chaque variété doivent être traités afin d'éliminer les impuretés, les grains cassés, mal formés, échaudés.

Tableau n° 06: présentation du poids de 1000 grains (g)

	variétés	poids de 1000 grains
BT	Mawna	35.63
	HD	33.33
BD	SIMETO	44
	VITRON	42
	boussalem	36.01
Orge	SOUGUER	36.91

Localisation de l'expérimentation :

Le travail comporte deux types d'essais, différents par leurs objectifs et leurs conduites. Des essais traitant les différents aspects de la germination ont été conduits au niveau du laboratoire de biologie végétale de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université Ibn Baddis de Mostaganem.

Un essai conduit en serre (fig.12) semi-contrôlé sous trois régimes hydriques (100 %, 70 % et 40 % CR) est réalisé dans le but d'une caractérisation des propriétés de tolérance à la sécheresse du matériel végétal utilisé. Cette opération est réalisée au niveau de la ferme expérimentale de Mazagran.

Conduite de l'expérimentation au laboratoire :

Dans le but de déterminer les effets du stress hydrique sur la germination des graines de céréales choisis, un essai de germination a été effectué sous des niveaux progressifs de stress hydrique à savoir T1(100%), T2(70%) et T3(40%) de la quantité d'eau usuellement utilisé pour l'imbibition, et selon la littérature elle est fixé par 5 ml pour une boîte pétri de 10 cm.

- Test de viabilité des graines :

Les graines choisies doivent être saines, elles ont été sélectionnées selon leur taille et leur forme, Pour tous les traitements

Nous avons utilisé le test densimétrique afin de tester la viabilité de chaque graine (fig.12).. Ce dernier consiste à mettre chaque lot de graines dans un récipient d'eau distillée, les graines qui tombent au fond sont considérées comme mures, celles qui remontent en surface sont soit immatures ou bien mortes et sont ainsi enlevées du lot (Côme, 1970).

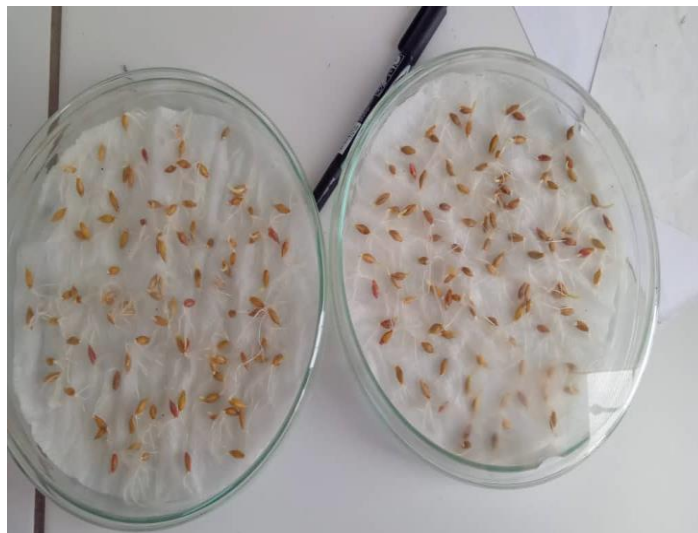


Figure n° 12: test de viabilité des graines de blé (originale, 2024)

-Désinfection des caryopses :

Pour chaque espèce (traité et non traité) 300 graines saines sont choisies. Les caryopses égouttés sont immergés dans une solution d'eau de javel commerciale à 12° diluée deux fois pendant 20 minutes sous agitation, suivi de 5 rinçages successifs à l'eau distillée stérile.

Conditions de germination des caryopses:

Après avoir subi l'action de l'hypochlorite, les grains sont transportés au moyen d'une pince stérile, dans des boîtes de pétri stériles contenant du papier filtre imbibé d'eau distillée stérile.

Nous avons utilisé pour chaque niveau de stress hydrique, 100 graines de chaque génotype réparties dans une boîte de Pétri en verre de 20 Cm de diamètre et 2,5 de profondeur tapissées de 2 couches de papier filtre.

Les boîtes de semis contenant les génotypes sont imbibés avec de l'eau distillée à raison de 20 ml, 14 ml et 8 ml respectivement pour chaque niveau de stress hydrique de T1 (100%), T2 (70%) et T3 (40%). Les boîtes sont ensuite placées à l'obscurité dans un incubateur réglé à une température de 22°C (fig .13) afin de provoquer la germination.



Figure n° 13: mise en germination des graines de blé dur (Originale,2024)

La germination est repérée par la sortie de la radicule hors des téguments de la graine (fig.14) dont la longueur est d'au moins de 2 mm (Sayar et *al.* 2010, Daur I. 2018). Le suivi de la germination a été réalisé sur une période de 10 jours, le comptage des graines germées a été effectué quotidiennement jusqu'à 10^{ème} jour.



Figure n° 14 : sortie de la radicule hors des téguments de la graine

Les mesures effectuées :

Le suivi du comportement de germination des caryopses vis-à-vis du stress hydrique a été basé sur plusieurs paramètres :

A la fin de cette expérience, nous avons déterminé, le taux de germination (TG), le temps moyen de germination (TMG), les longueurs de la tige et de la racine ainsi que la biomasse fraîche des plantules.

Détermination des paramètres de germination :

Taux de germination : Il s'exprime sous la forme d'un rapport de graines germées sur nombre total de graines (Côme 1970, Mazliak, 1982).

$$G = (g / Ng) \times 100$$

G : Taux de germination (%)

g : Nombre de graines germées

Ng : Nombre de graines mises à germer

Cinétique de germination :

La cinétique de germination est une courbe de germination qui décrit le déroulement de la germination du lot de semences considéré placé dans des conditions bien précises. Elle représente le plus souvent l'évolution des pourcentages de germination cumulés en fonction du temps.

C'est un paramètre qui permet de mieux appréhender la signification écologique du comportement germinatif des variétés étudiées ainsi que l'ensemble des événements qui commencent par l'étape d'absorption de l'eau par la graine et se terminent par l'élongation de l'axe embryonnaire et l'émergence de la racicule (Côme, 1970 ; Hajlaoui et *al.*, 2007).

Méthodes et paramètres mesurés dans la serre :

L'étude a été conduite dans une serre (fig.15) à la ferme agricole expérimentale du département d'agronomie de la faculté des sciences de la nature et de la vie, l'université de Mostaganem, se situe à cheval de la commune de Mazagran et de Hassi Mameche. Elle est distante de 5,8 km du chef-lieu de Mostaganem, et s'étend sur une surface de 62,74 ha.



Figure n° 15 : Photo de la serre semi contrôlée

Préparation du substrat :

Le 04/02/2024 on a prélevé un échantillon de sol dans une zone arable, et éliminer les éléments grossiers avec un tamis pour faire un mélange de sol prélevé et du terreau (fig.16).



Figure n° 16 : opération de tamisage du sol et terreau (Originale,2024)

Remplissage des pots et gobelets :

Chaque récipient gobelets (10 cm de hauteur et 07 Cm de largeur) et pots (25 cm de hauteur et 15 Cm de longueur) a été perforé à la base et remplis par du substrat à savoir, 80 g de terreaux pour les gobelets, et 3 KG de substrat (2/3 sol agricole de la ferme expérimental et 1/3 de terreau) (fig .17).



Figure n°17 : mélange et remplissage des pots (Originale,2024)

Mise en culture :

Deux type de mise en culture sont adopter, une pour les tests de croissances(en gobelet), le deuxièmes pour les tests morphologique et agronomiques(en pots). Nous avons semis 04 et 08 graines respectivement par génotype dans des gobelets et pots (pour calculer la moyenne de chaque paramètre), ils sont irrigués régulièrement 2 fois par semaine.

Ils sont placé dans une serre au niveau de la ferme expérimental de mazagran a une température en moyenne 25°C / 05°C (jour/ nuit):et d'humidité relative 60-80 % et luminosité naturel.



Figure n° 18 : mise en cultures des graines de céréales (Originale,2024)

Dispositif expérimental :

Les génotypes sont semés dans un dispositif expérimental randomisé en blocs avec (fig.19), deux facteurs (traitement hydrique et génotype) ; le traitement hydrique avec trois niveau d'irrigation ; témoin T1 (100 % CR), stress modéré T2 (70% CR), et stress sévère T3 (40 % CR) et les six génotypes. Avec quatre répétitions de chaque combinaison factorielle.

Ces blocs sont classés comme suit:

- Un bloc 01 irrigué a 100% de la capacité au champ.
- Un bloc 02 irrigué a 70% de la capacité au champ.
- Un bloc 03 irrigué a 40% de la capacité au champ.

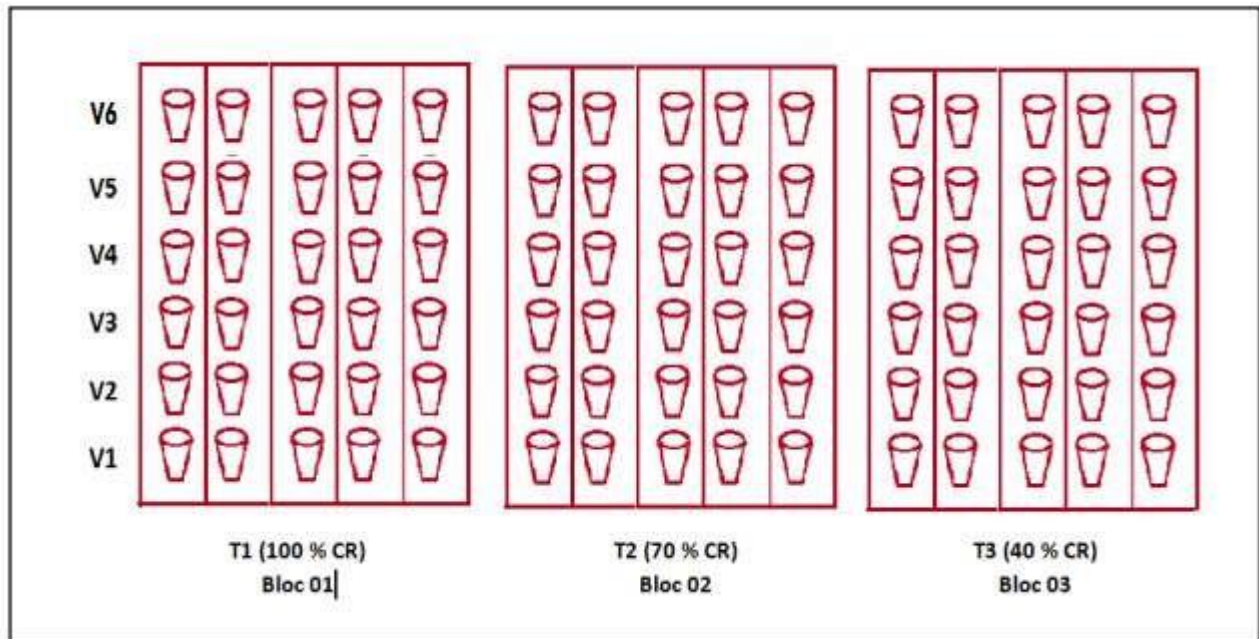


Figure n° 19 : présentation du dispositif expérimental



Figure n° 20 : Vue du dispositif on pots et gobelets à l'intérieur de la serre

L'application du stress hydrique :

Le semis a été réalisé le /02/2024, et nous avons appliqué le stress hydrique aux plantes par deux niveau de stress hydrique T2 (70%) ,T3 (40%) et T1 (100%)est considéré comme un témoin (Fig.21).



Figure n° 21: L'application de stress hydrique en pots et gobelets durant (Original, 2024)

Détermination de la capacité de rétention (CR) :

L'arrosage des plantes est réalisé en tenant compte de la capacité de rétention (CR) calculé de la manière suivante (le protocole pratiqué par INRAA) : Nous avons déposé 3 Kg (P1) de sol dans un pot en plastique perforé à la base, ensuite l'eau est versé dans le pot jusqu'à saturation, tout en couvrant le pot à l'aide d'un papier aluminium pour éviter l'évaporation de l'eau. Après 24h (le temps indispensable à l'élimination de l'eau de gravitation) le pot est pesé de nouveau (P2= 2,5 kg) (Fig.22)



Figure n° 22 : mesure de capacité de rétention

La différence entre P1 et P2 est la quantité d'eau retenue par le sol et déterminé par l'équation suivante :

$$CR = P2 - P1$$

T1 : plante témoin recevant 100% de CR (500 ml).

T2 : plante sous stress modéré de 70 % CR (350 ml)

T3 : planté sous stress sévère de 40 % CR (200 ml)

NB : La même procédure est maintenue pour le calcul de la capacité de rétention (CR) dans le cas de gobelet avec un poids de substrat de 80 g (CR= ml).

Désherbage :

Pendant les premiers stades de la culture, nous avons observé une gamme variée d'espèces adventices; monocotylédones ainsi que certaines dicotylédones. Toutefois, du fait de l'envahissement des mauvaises herbes, nous avons effectué des passages périodiques de désherbage manuel dès l'installation du dispositif (fig.23).



Figure n° 23 : opération de désherbage

Paramètres étudiés :

Afin d'estimer l'effet de trois niveaux de stress hydrique sur la croissance végétale des plants ainsi que les variations des caractères morphologiques et agronomiques de blé dur, plusieurs paramètres ont été pris en considération :

Paramètre de croissance :

Après 30 et 60 jours de stress , des prélèvements ont été réalisés sur des plantes de chaque génotype et pour chaque niveau de stress hydrique.

La hauteur de la plante :

Les mesures de la hauteur de la partie aérienne s'effectuent du collet jusqu'au dernier nœud à l'aide d'une règle graduée (fig.24).



Figure n°24 : mesure de la hauteur de plante (Originale,2024)

Biomasse aérienne :

Le poids de la matière fraîche de la partie aérienne de la plante est déterminé après passage du matériel végétal frais à l'étuve à 80°C pendant 24h.

Le poids des échantillons fraîche est déterminé à l'aide d'une balance électronique de précision.



Figure n° 25 : prise du poids da la matière fraiche (Originale, 2024)

Caractères morphologiques:

Pour rendre compte l'effet des différents degrés du stress hydrique sur les paramètres morphologiques des six variétés testés nous avons étudiée les paramètres suivants :

Surface de la feuille étendard (SFE) :

La longueur et la plus grande largeur de la feuille étendard ont été mesurées sur un échantillon de 5 feuilles prises au hasard au stade épiaison. La surface moyenne de la dernière feuille entièrement développée a été estimée selon Spagnoletti-Zeuli et Qualset (1990):

$$\text{SFE (cm}^2\text{)} = 0.607 \times (\text{L} \times \text{l})$$

SFE : Surface moyenne de la feuille étendard (cm²), L : Longueur moyenne de la feuille étendard (cm), l : largeur moyenne de la feuille étendard (cm), et 0.607: coefficient de régression de la surface estimée à partir du papier grammage sur celle déduite par le produit (L x l).

II.6.2. 2.La hauteur de la plante (HP) :

La hauteur des plantes a été estimée sur un échantillon de 04 plantes / génotype/ bloc (fig.26), au stade maturité à partir du ras du sol jusqu'au sommet de l'épi, barbes non compris (Cauwel et al. ,2000), à l'aide d'un mètre ruban, et elle est exprimée en Cm.

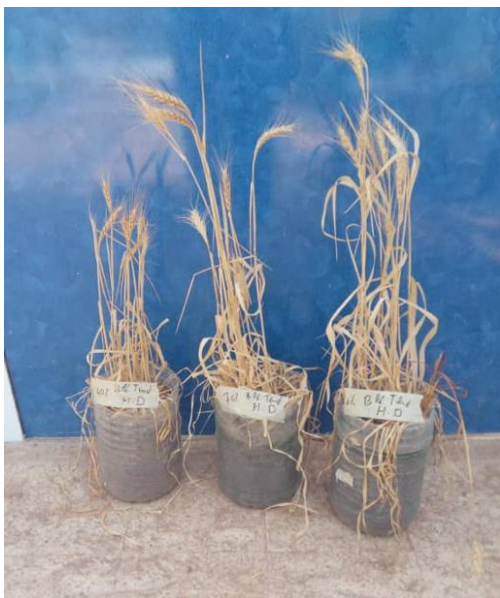


Figure n° 26 : mesure de la hauteur de plante à maturité (Originale,2024)

Le nombre de talles herbacées Il est déterminé par comptage direct du nombre de talles herbacées pour 03 plantes /génotype /bloc, au stade fin tallage le 14/02/2018. Lamoyenne des talles herbacées / plante est ensuite déterminée.

Le nombre de grains par épi (NG/E) :

Il est obtenu par comptage direct du nombre de grains / épi d'un échantillon de 04 épis / génotype/ bloc choisis de manière aléatoire et battus manuellement (fig.n°).

La longueur de l'épi (LE) :

Ce caractère est mesuré en centimètre à partir du dernier nœud jusqu'à la base du rachis (fig.27). Elle est estimée sur un échantillon de 04 épis / génotype/ bloc, au stade maturité. Elle est exprimée en Cm. Les épis ont été choisis indépendamment de celles de la hauteur de la plante.



Figure n° 27 : mesure de longueur de l'épi et col de l'épi (Original,2024)

CHAPITRE –III
RESULTATS ET DISCUSSION

Chapitre III : Résultats et discussion

Les paramètres physiques de la germination :

Le taux de germination, exprimé par le pourcentage des graines germées par rapport au lot de départ, a été évalué à différents temps (24h, jusqu'à 10 jours). Les résultats obtenus (Tab. 05), démontrent que ce paramètre est faiblement influencé par la nature des génotypes testés ainsi que par le stress hydrique appliqué.

Ces constatations se prouvent selon les résultats obtenus, à travers l'ensemble des périodes d'estimation de ce paramètre.

Taux de germination :

Le taux de germination, en conditions de stress hydrique, donne toujours une idée plus ou moins précise du comportement des variétés étudiées.

La figure (n° 28) présente les variations du taux de germination %, des trois type de céréales a pailles, le blé dur (*Triticum durum* Desf.) présenté par les Variété Vitron, Bousalem et Siméto ; le Blé tendre (*Triticum aestivum* L.) variété Mawna et HD ; ainsi que l'orge présenté par la variété d'orge (*Hordeum vulgaire*) souger ; en fonction de différents niveaux de stress hydrique.

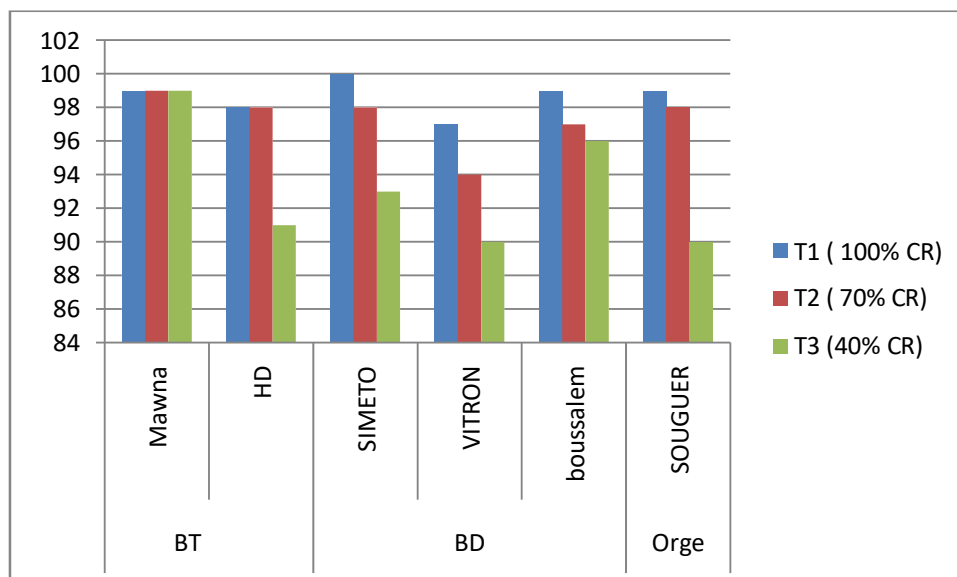


Figure n° 28 : Evolution moyenne du taux de germination chez les trois types de céréales en fonction du niveau de régime hydrique appliqué.

On remarque que les valeurs de germination des différents variétés au traitement T1 (100% CR) varient entre 97 % et 100% .

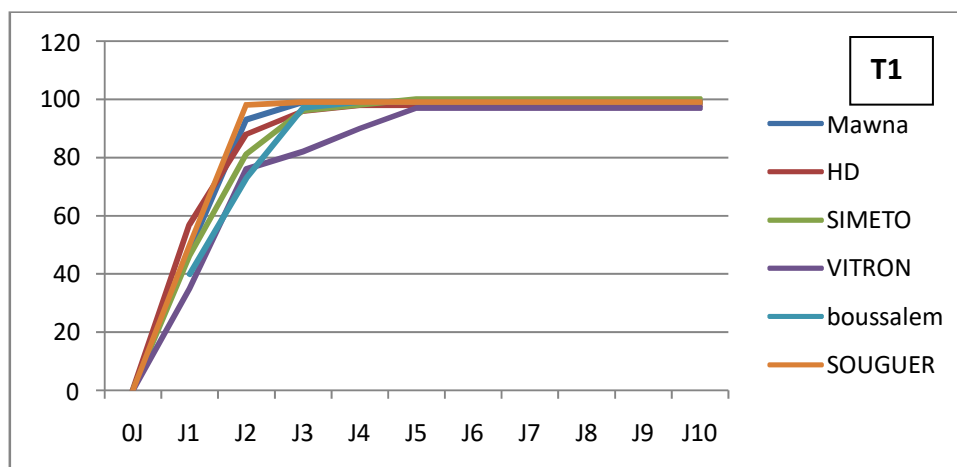
-Alors que les valeurs de germination enregistrée pour T2 (70% CR) sont presque identiques au témoin, elles sont fixées au 100% dans tous les traitements à l'exception de la variété Vitron qui enregistrent la valeur de 94%.

- Pour le traitement T3 (40% CR), les résultats suggèrent l'effet dépressif du stress appliqué marqué généralement chez les variété HD, Siméto, Vitron et Souger qui enregistre les valeurs la plus faible estimé de 90 à 93 %.

Cinétique de germination :

Les courbes illustratives de la cinétique de germination (Fig.29) montrent clairement que les taux de germination évoluent progressivement en fonction du temps mais prennent des schémas faiblement différents en fonction de régime hydrique appliquée.

L'analyse de la cinétique montre généralement une première phase de latence, due à l'imbibition des graines, une deuxième phase exponentielle où l'on assiste à une accélération de la germination et enfin une troisième phase caractérisée par un palier indiquant un arrêt de germination.



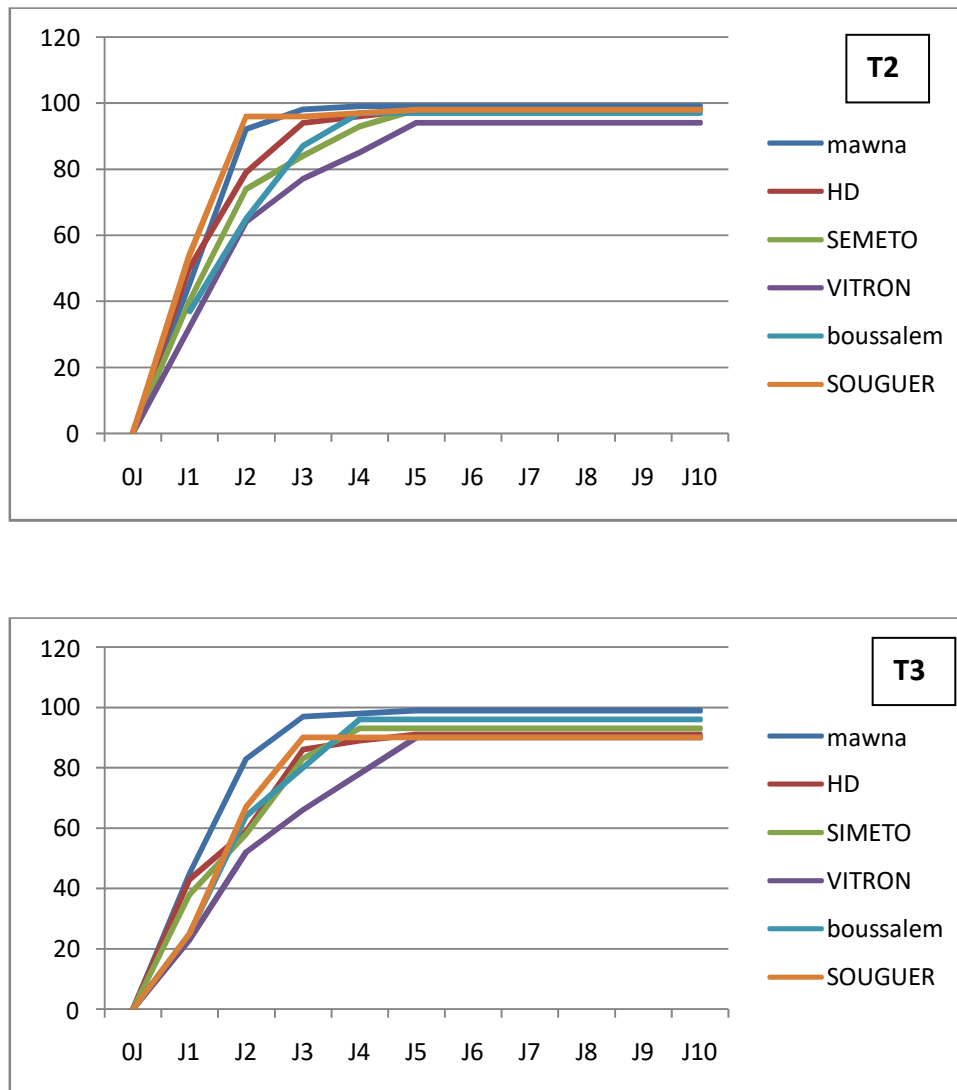


Figure n° 29. Variation du taux de germination, des différentes variétés de céréales en fonction du temps et niveau de régime hydrique appliqué (T1, T2, T3)

- Après les 24h de la mise en germination :

Le taux de germination estimé à cette phase, se montre plus élevé au niveau du lot témoin avec une moyenne exprimée par l'ensemble des génotypes de 46 %. Au niveau du lot témoin ce taux de germination se montre variable parmi les génotypes. Ainsi, c'est le génotype HD qui a présenté le taux le plus élevé avec 57 %, tandis que Vitron a manifesté le plus faible taux (35%) (Tab.).

Alors, au niveau de l'ensemble des dispositifs conduits avec modification du régime hydrique appliqué T2 et T3, présente des taux de 43 % et 33,2 % respectivement.

- Après les 72h de la mise en germination :

A la fin du temps accordé au processus de germination, une variabilité comportementale s'est manifestée dans le déroulement de phase de développement. Au niveau du lot témoin, le taux moyen de germination a atteint le maximum (95%) pour l'ensemble des génotypes étudiés. A l'échelle du traitement mené à T2 (70 %CR) , le taux moyen atteint 89 %, représentant un taux de réduction équivalent à -5,8%. A un régime hydrique T3 (40% CR), l'intervalle des valeurs inscrites sont délimitées par 98 % donnée par Mawna et 66 % inscrite par Vitron. Ce qui indique des taux de réductions respectifs de -11,77 %.

Paramètres de croissances :

Hauteur de plantule :

Les valeurs relatives à la hauteur de plantule sont également variables parmi les six génotypes et en fonction du régime hydrique appliqué aux plantes (fig.30).

Les moyennes génotypiques de la hauteur de la plantule varient faiblement entre les trois traitements hydriques où les valeurs observées atteignent dans l'ordre 54,6 cm, 42,66 cm et 31,9 cm respectivement sous les traitements hydriques de 100%CR, 70%CR et 40%CR.

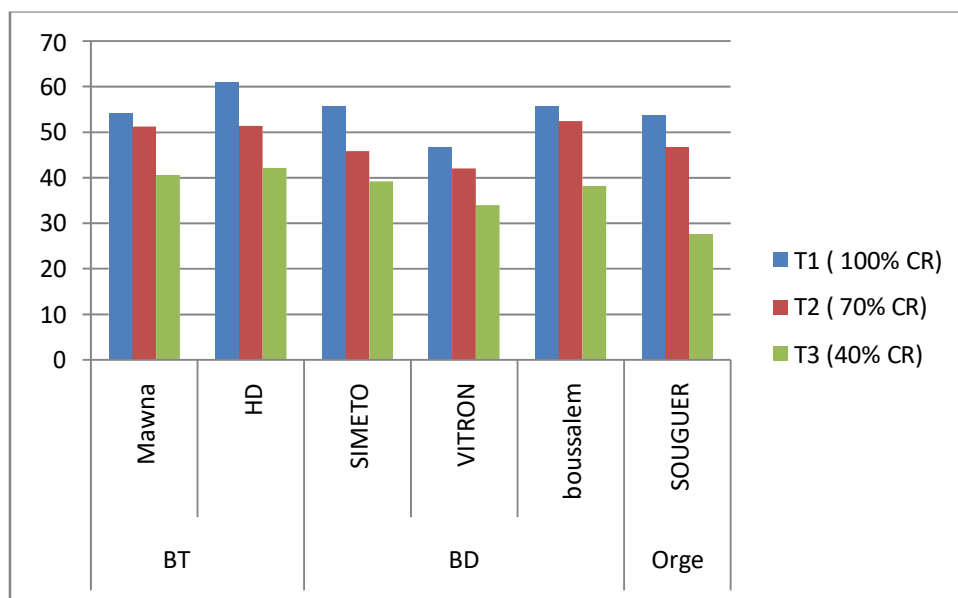


Figure n°30 : Variation de la moyenne de la hauteur de la plantule chez les variétés de céréales en fonction des niveaux de régime hydrique appliqué (T1, T2, T3)

On relève que les valeurs obtenues dans le traitement hydrique témoin T1, où le génotype HD, à ont inscrit la plus haute valeur avec 61 cm et Vitron à enregistré le taux le plus faible (46,6%).

Au niveau du lot mené à 70%CR (T2), les hauteurs des plantules oscillent entre 42cm (Vitron) et 52,4 cm (Boussalem), alors que chez les plantes conduites à une humidité de 40%CR (T3) les valeurs extrêmes sont détenues par Souguer (27,5 cm) et HD (42,2 cm).

A l'échelle du traitement mené à T2 (70 %CR) et T3 (40%CR), le taux moyen de réduction équivalent enregistré -11,4 et -32,16% respectivement.

Dans les mêmes conditions hydriques , le génotype Souguer se révèle comme le plus sensible à l'expression de ce paramètre en indiquant un taux de régression par rapport au lot témoin, s'avère le plus sensible (-48,9 %).

Biomasse aérienne :

Les valeurs relatives du poids de la biomasse aérienne sont également variables parmi les génotypes et en fonction du régime hydrique appliqué aux plantes.

Les résultats moyens obtenus, montrent une nette prédominance du poids de biomasse aérienne au niveau des témoins par rapport aux niveaux de régime hydrique appliqué (fig.31)

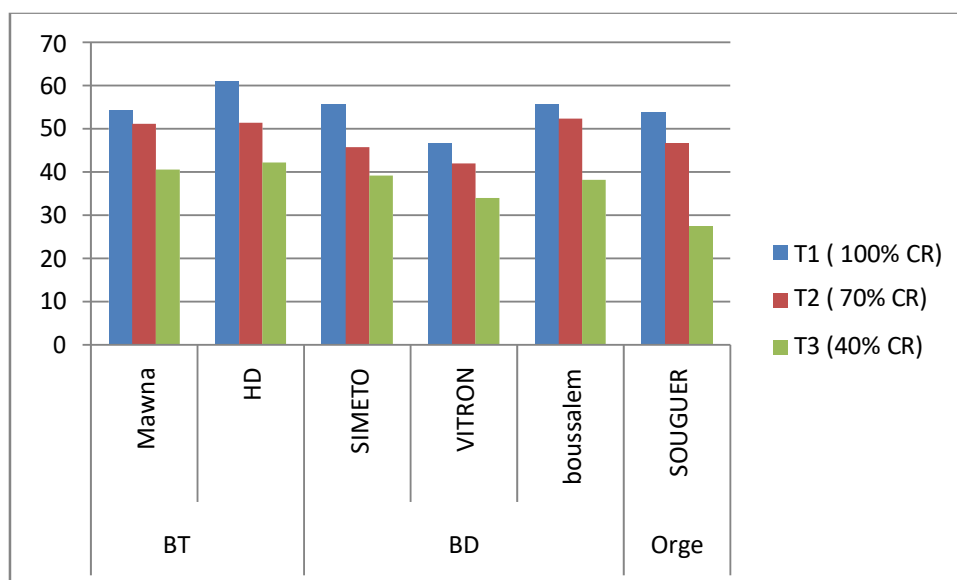


Figure n° 31 : Variation de la moyenne de poids (g)de biomasse aérienne chez les trois types de céréales en fonction des niveaux de régime hydrique appliqué (T1, T2, T3)

Ainsi, les valeurs moyennes génotypiques sont de l'ordre 3,75 g (traitement à 100%CC), 2,89g (70%CR) et 0,97g (40%CR). Les variations de grandeur du poids biomasse aérienne s'annoncent important au fur et à mesure que le niveau de stress augmente, réalisant ainsi une réduction de -22,86% pour le niveau de stress T2 et -74,15 % pour le niveau de stress T3 par rapport au témoin.

les paramètres morphologiques :

Variation de la surface de la feuille étandard :

Les résultats obtenus ont montré que la surface foliaire est plus élevée chez les témoins par rapport au stressés. On observe une diminution variable de la surface foliaire chez les six génotypes étudiés. On constaté une véritable chute de la surface foliaire chez le génotype du traitement T2 et T3 respectivement (Fig.32).

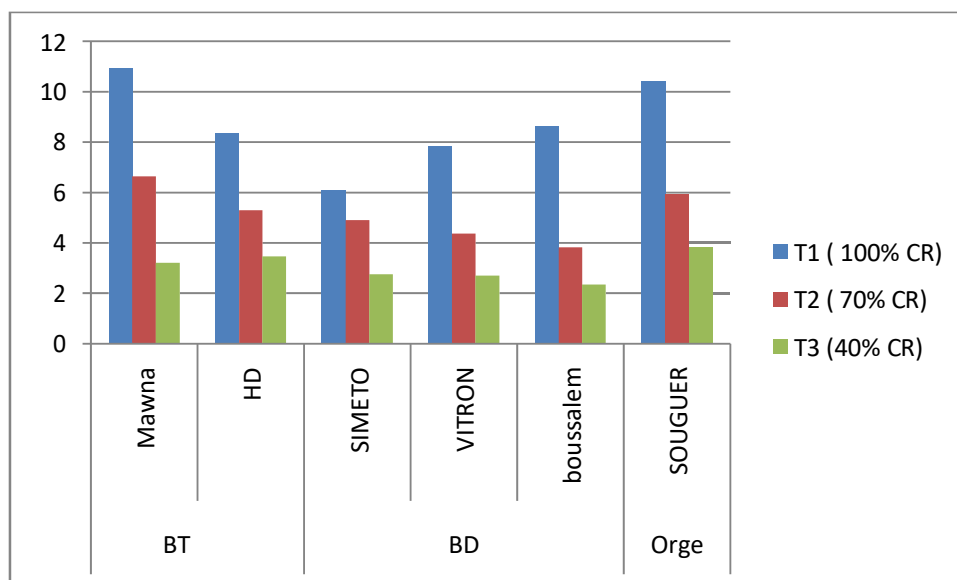


Figure n°32 : Variation de la moyenne de Surface foliaire chez les trois types de céréales en fonction des niveaux de régime hydrique appliqué (T1, T2, T3)

On relève que les valeurs obtenues dans le traitement hydrique témoin T1, où le génotype Mawna et Souguer, à ont inscrit la plus haute valeur au delà de 10 cm² et Simeto à enregistré le taux le plus faible (10,25 cm²).

Au niveau du lot mené à 70%CR (T2), les hauteurs des plantules oscillent entre 3,8 cm² (Boussalem) et 6,64 cm² (Mawna), alors que chez les plantes conduites à une humidité de 40%CR (T3) les valeurs extrêmes sont détenues par HD (3,47 cm²).

A l'échelle du traitement mené à T2 (70 %CR) et T3 (40%CR), le taux moyen de réduction équivalent enregistré -40,75 et -64,9 % respectivement. Dans les mêmes conditions hydriques, le génotype Souguer se révèle comme le plus sensible à l'expression de ce paramètre en indiquant un taux de régression par rapport au lot témoin, s'avère le plus sensible (-73 %).

Hauteur de la plante a maturité :

Les valeurs relatives à la hauteur de plantule sont également variables parmi les six génotypes et en fonction du régime hydrique appliqué aux plantes (fig.33).

Les moyennes génotypiques de la hauteur de la plantule varient faiblement entre les trois traitements hydriques où les valeurs observées atteignent dans l'ordre 54,6 cm, 48,3 cm et 36,95 cm respectivement sous les traitements hydriques de 100%CR, 70%CR et 40%CR.

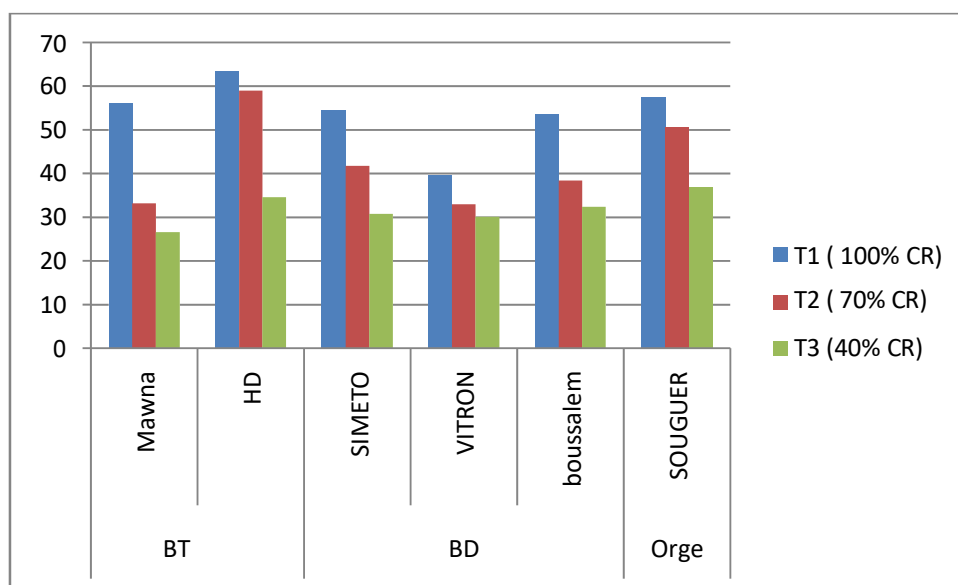


Figure n° 33 : Hauteur moyenne de la plante à maturité chez les trois types de céréales soumis à différents niveaux de traitement hydrique.

On relève que les valeurs obtenues dans le traitement hydrique témoin T1, où le génotype HD, à ont inscrit la plus haute valeur avec 63,4 cm et Vitron à enregistré le taux le plus faible (39,6%).

Au niveau du lot mené à 70%CR (T2), les hauteurs des plantules oscillent entre 33 cm (Vitron) et 59 cm (HD), alors que chez les plantes conduites à une humidité de 40%CR (T3) les valeurs extrêmes sont détenues par Souguer (36,8 cm).

A l'échelle du traitement mené à T2 (70 %CR) et T3 (40%CR), le taux moyen de réduction équivalent enregistré -11,44 et -32,16% respectivement. Dans les mêmes conditions hydriques, le génotype Souguer se révèle comme le plus sensible à l'expression de ce paramètre en indiquant un taux de régression par rapport au lot témoin, s'avère le plus sensible (-48,9 %).

Variation de la longueur du col de l'épi (LCE) ::

Après une période de stress hydrique les six variétés de céréales, on manifesté des modifications sur le plan morphologique de la plante notamment la longueur de l'épi qui se traduit par une diminution de cette variable (fig.34).

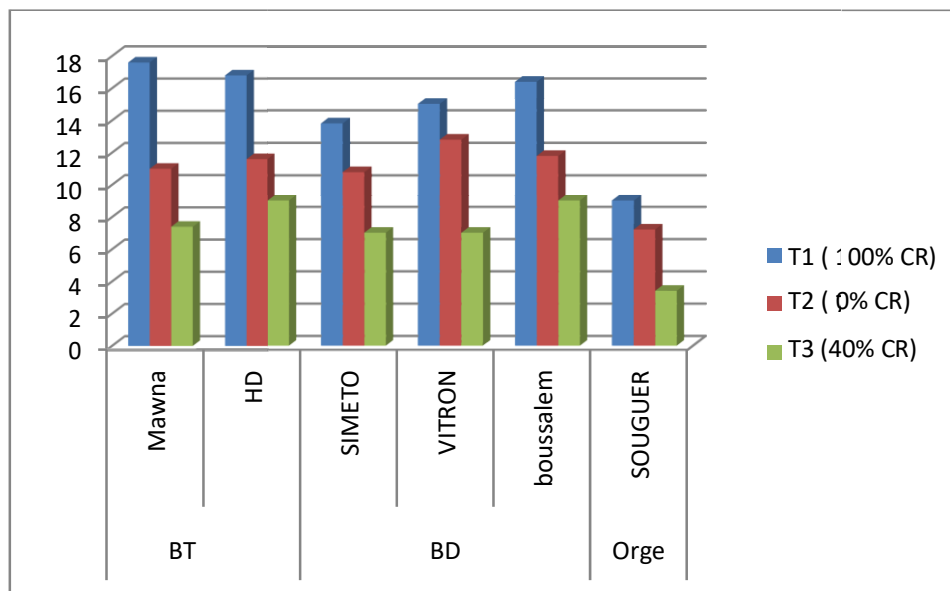


Figure n° 34 : Longueur moyenne du col de l'épi à la maturité chez six génotypes de céréales soumis à différents niveaux de traitement hydrique.

Pour l'ensemble des génotypes, l'effet du stress hydrique provoque une réduction de la longueur de col de l'épi. Toutefois, cette réduction est significative pour la contrainte hydrique sévère (T3, Annexe). Au cours de ce traitement (40% CR), la longueur moyenne du col de l'épi des six génotypes passe de 14,76 cm à 7,13 cm, pour le témoin, soit une réduction de -51,7 %. Pour le stress hydrique modéré (T2), cette valeur passe de 12,75 cm à 10,86 cm, soit une réduction de -26,42 % (tab.3). Les valeurs enregistrées de longueur de col de l'épi

sous conditions d'irrigation optimale (T1) s'étalent de 9 cm pour le géotype Souguer à 17,6 cm chez le géotype Mawna (fig. 33).

Tous les géotypes enregistrent une diminution significative de la longueur du col de l'épi sous stress hydrique modéré (T2), le géotype Vitron présente une diminution faible estimer -14,66. Une valeur moyen enregistré par Ainsi la plus grande diminution est de -20 % et -21,74 % enregistré pour les géotype Souguer et Simeto ; et deviennent hostile pour les géotype Boussalem (-28,05 %), Hd (-30,95 %) et Mawna (-37,5 %) .

Sous stress hydrique sévère (T3), la diminution de la longueur du col de l'épi est plus importante. Les valeurs vont de 3,4 cm pour le géotype Souguer à 9 cm chez les variétés HD et Boussalem qui enregistre une diminution en longueur de l'épi (-45,12 %), alors que la plus grande variation est observée pour le géotype Souguer avec -62,2 %

Variation de la longueur de l'épi :

Concernant la longueur de l'épi, les résultats moyens montrent que les variations des valeurs détenues par ce paramètre entre les trois situations hydriques semblent faibles (Fig35). Dans le traitement hydrique témoin (100%CR), la longueur de l'épi vacille entre des extrêmes de 4,5 cm extériorisée par Souguer et 7cm enregistré par le géotype Mawna.

Dans le traitement conduit à 70%CR, la valeur moyenne génotypique de la longueur de l'épi s'évalue à 5,8 cm, où les géotypes Mawna en détiennent la valeur extrême. Enfin sous la situation hydrique du niveau de 40%CR, les valeurs de l'épi fluctuent entre 4, 8 et 3,1 cm enregistrées respectivement par les géotypes Mawna, Boussalem et Souguer. Les variations de grandeur de la longueur de l'épi s'annoncent important au fur et à mesure que le niveau de stress augmente, réalisant ainsi une réduction de -17,56% pour le niveau de stress T2 et -34,82 % pour le niveau de stress T3 par rapport au témoin.

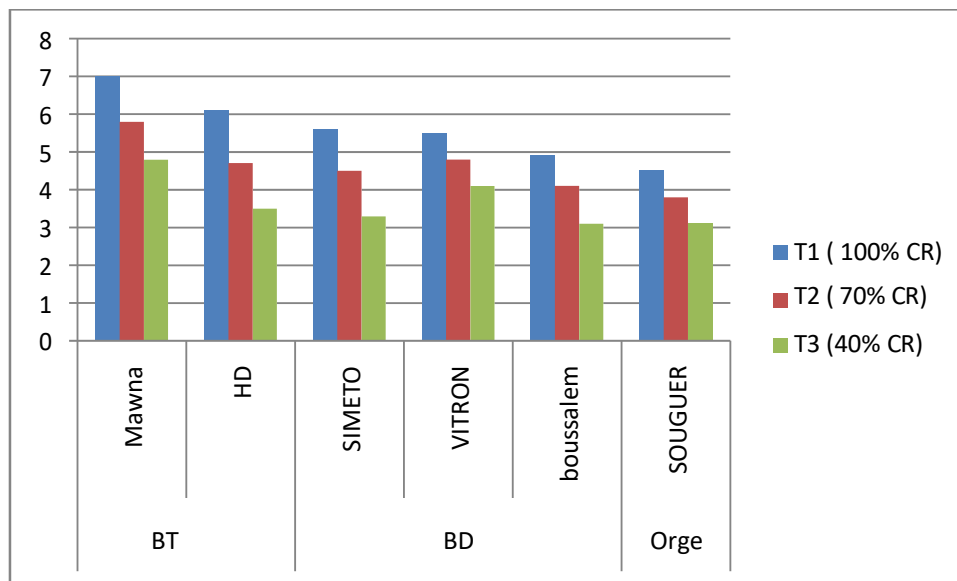


Figure n° 35 : Longueur moyenne de l'épi à la maturité chez six génotypes de céréales soumis à différents niveaux de traitement hydrique.

les paramètres agronomiques :

Nombre de talle :

Pour l'ensemble des génotypes, l'effet du stress hydrique sur le nombre de thalle pour ce variable est non significatif, puisque ce dernier étant absent chez toutes les variétés mis a par la présence du mètre brin.

Nombre de graine par épi :

Les résultats obtenus de notre travail (Tableau 15) montrent que le nombre de grain /épi retenus sont très distinctes parmi les génotypes conduits. La soumission des génotypes sous stress hydrique provoque un effet remarquable sur le nombre de grain/épi (Fig.n°36).

Au niveau du lot témoin T1 (100%CR), les génotype Boussalem (18 grain/épi) se distinguent par le nombre de grain /épi le plus grand .

Au niveau du lot mené à 70%CR, le nombre de grain/épi oscillent entre 5,4 grain/épi (Simeto) et 13,4 grain/épi (Boussalem), alors que chez les plantes conduites à un traitement hydrique de 40%CC les valeurs extrêmes sont détenues par Anco Marzio (8 grain/épi)

L'application du déficit hydrique a un effet dépressif sur le nombre de grain par épi , la réduction moyenne de ce paramètre atteint -19,6% et -50,64 % respectivement pour les traitement T2 (70% CR) et T3 (40% CR).

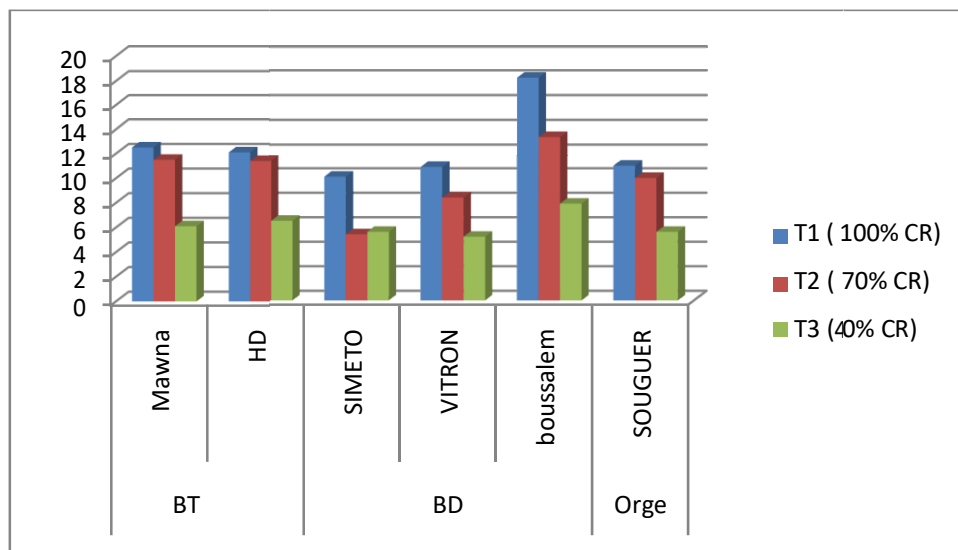


Figure n° 36 : valeurs moyenne du nombre de graine par épi à la maturité chez six génotypes de céréales soumis à différents niveaux de traitement hydrique.

Discussion :

La morphogenèse de la plante basée essentiellement sur la croissance et le développement. Parmi les facteurs environnementaux conditionnant cette morphogenèse, on évoque l'alimentation hydrique qui par sa qualité et sa quantité constitue un facteur primordial impliqué dans l'aboutissement de ce processus.

Le stress hydrique appliqué selon différents niveaux de capacité au champ, affecte tous les paramètres morpho-physiologiques et agronomiques de la plante chez les six variétés étudiées, d'où la réponse se voit globalement de la même façon en suggérant ainsi l'effet génotypique très prononcé.

Le développement et la sélection de variétés adaptées à un tel environnement variable, quoique difficile, est nécessaire. Pour ce faire, il est essentiel d'identifier les caractères agro-morpho-physiologiques associés à la tolérance des stress (Maazouz et Bouzerzour, 2017 ; Fellahi et *al.*, 2020).

Cette étude expérimentale a permis de donner une vue globale sur le comportement des variétés de cinq variétés de blé tendre testées, sous différents niveaux de stress hydrique

généralisé par trois degrés de stress selon la capacité de recharge (CR) en T1 (100% CR), T2 (70% CR) et T3(40% CR) et appliqué depuis le stade germination jusqu'à la maturité.

Nos résultats suggèrent l'effet dépressif du stress appliqué sur les variables mesurées dont le pourcentage de germination, la hauteur de plantule et la matière fraîche aérienne, ainsi que certains facteurs d'ordre agronomique à savoir le nombre de talle, le nombre de grain par épi. La longueur à maturité de plante, de col et d'épi qui subissent des diminutions, par rapport au témoin.

La germination des graines constitue l'une des étapes fondamentales dans la croissance et le développement des plantes (Anzala, 2006). Elle est régulée par des caractéristiques génotypiques ainsi que par les conditions environnementales (Ndaur et Danthu, 1998). Parmi les facteurs de l'environnement, la quantité et la qualité de l'eau du milieu de germination constituent des paramètres déterminants, sur lesquels repose la réalisation des différentes étapes de la germination.

Selon Almansouri et *al.* (2001), la prise d'eau par la graine dépend du potentiel hydrique de la solution de germination. La tolérance à la sécheresse pendant la germination est un critère important pour l'identification de variétés de blé tendre capables de supporter un déficit hydrique pendant les premières phases de développement.

Les résultats de cette étude sont en accord avec ceux obtenus par plusieurs auteurs dont Amoumen et Benhebireche (2013) et Bouakez et Hamadouche (2015) qui rapportent que la variation du taux de germination final de blé est fonction de l'intensité du stress hydrique appliqué. Dans ce contexte, Link et *al.* (2006) ont proposé ce paramètre comme critère de sélection pour la tolérance au stress abiotiques tels que le stress hydrique.

La réduction de la croissance est l'une des premières manifestations du déficit hydrique (Saab et Sharp, 1989). D'après Bewley et Black (1994), le déficit hydrique limite sérieusement la croissance des plantes ainsi que leur productivité végétative.

Selon Debaeke et *al.*, (1996) Le stress hydrique précoce affecte en parallèle la croissance des racines et des parties aériennes, le développement des feuilles et des organes reproducteurs.

Siddique et *al.*, (1989) soulignent que la biomasse élevée est la cause principale des rendements élevés enregistrés chez les variétés récentes. A ce sujet, les travaux de Boukerou et Rasmusson, (1990) ; sharma et *al.*, (1991) ; Benmahammed (1995) ; Bouzerzour et *al.*, (1998a) ; Laala (2010) rapportent une forte corrélation entre le rendement en grain et la biomasse aérienne.

Les variations de la hauteur de la plante se traduisent par les conditions climatiques défavorables survenues durant cette campagne. En effet, l'avènement des hautes températures, le plus souvent associé au déficit hydrique, accélère le développement de la plante au détriment de la croissance (Bahlouli, 2006). Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par (Abbassenne, (1997). Il faut signaler, que la hauteur de l'ensemble des génotypes sont réduit par l'effet du stress hydrique mais cette réduction est d'autant plus importante que le stress est sévère.

L'effet du stress hydrique peut se produire, selon la stratégie adaptative de chaque espèce ou variété par des modifications morphologiques, Granier et *al.*, 2000 ont rapporté que les feuilles des plantes soumises au déficit hydrique atteignent habituellement des tailles finales apparentes plus petites par rapport aux contrôles.

Les résultats de l'étude de la réponse des plantes des génotypes soumises à un stress hydrique montrent des modifications des paramètres morphologiques tels que la hauteur de la tige, longueur de col de l'épi, longueur de l'épi, nombre de graine par épi, le poids de mille graines.

En effet la réduction de la surface foliaire lorsque le stress hydrique s'installe est une stratégie développée par les plantes pour réduire de leurs besoins et pertes en eau (O'Toole et Cruz, 1980).

La réduction de la surface foliaire suite à la réduction de l'élongation cellulaire est l'une des conséquences du déficit hydrique (Temagout,2009). La diminution de la surface foliaire des feuilles et du nombre de talles est considérée comme une réponse ou adaptation au manque d'eau (Blum,1996) . La durée de vie de la feuille étendard estimé par l'évolution de sa surface verte apparait comme révélateur du niveau de fonctionnement de l'appareil photosynthétique en présence de déficit hydrique (Austin et *al.*,1980 ; Moneuveux,1991).

D'autre part, Cherfia, 2010 trouve une corrélation positive entre le rendement et la surface foliaire de la feuille étendard. Toute fois une diminution de la surface foliaire peut affecter le rendement à cause de la réduction de la capacité photosynthétique (Lefi et *al.*, 2004).une surface de la feuille étendard faible par rapport aux autres variétés étudiées utilisent la stratégie de la réduction de la surface foliaire comme une réponse ou adaptation au stress hydrique (Johnson et *al.*, 1973).

Le manque d'eau combiné avec des températures élevées, entraîne une diminution du poids de mille grains par altération de la vitesse de remplissage des grains et a pour conséquence

une réduction de la taille des grains (échaudage), réduisant ainsi le rendement (Debaeke et al. 1996 ; Slama et al. 2005).

Ces résultats corroborent avec celle de (Calderini, 1999), qui montrent que le nombre de grains par épi est la composante la plus liée aux variations du rendement particulièrement dans les régions caractérisées par des stress (Acevedo et al., 1999). Bouzerzour et Benmahamed (1995) constatent que le nombre de grains par épi varie en fonction des variétés et des dates de semis.

Certains auteurs tels que Bouzerzour et Oudina, (1989), Bouzerzour et al., (1996), (Bouzerzour et al., (2000) et Mekhlouf et Bouzerzour, (2000) affirment qu'il faut assurer une production de biomasse aérienne suffisante pour garantir un rendement en grain considérable.

La longueur du col de l'épi a souvent été proposée comme critère de sélection de génotypes tolérants au déficit hydrique (Fisher et Maurer, 1978). Ce caractère a toutefois un déterminisme génétique plus complexe que celui de la hauteur de la plante (El-Hakimi, 1992).

De nombreux travaux menés dans des zones marquées par les déficits hydriques montrent que les meilleurs rendements sont fournis par les génotypes à col de l'épi plus long (Ortiz Ferrera et al., 1991).

D'après Blum, (1985), l'épi joue un rôle dans la photosynthèse et la production d'assimilats nécessaires au remplissage du grain, quand la dernière feuille devient sénescente, et sa contribution à la photosynthèse de la plante entière serait comprise entre 13% et 76% (Biscoe et al., 1976).

Conclusion

Conclusion :

L'étude de la réponse au stress hydrique chez les variétés testées révèle l'existence d'une grande variabilité pour la plupart des paramètres mesurés. L'effet du stress hydrique est bien marqué entre les variétés témoins et leurs stressés dans les deux expérimentations.

Notre étude vient de mettre en relief certains paramètres d'ordre physiologique, morphologique et agronomiques de 06 variétés de céréales présentées par trois géotypes de blé dur (*Triticum durum* Desf.) Simito, Vitron et Boussalem ; deux variétés de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) Mawna et Hd ; ainsi qu'une variété d'orge (*Hordeum vulgare* L.) souguer, conduit en blocs randomisé, avec quatre répétitions dans la serre en verre semi-contrôlée de la ferme agricole de Mazagran et soumises aux différents traitements de stress hydrique avec trois niveaux d'irrigation, témoin T1 (100 % CR), stress modéré T2 (70 % CR) et un stress sévère T3 (40 % CR), via l'utilisation des paramètres liés à la germination, croissance ainsi que les paramètres morphologique et agronomique.

A travers les résultats obtenus dans cette étude on peut constater que l'application d'une contrainte hydrique se manifeste chez l'ensemble des plantes étudiées par des traits généraux communs, ou la plupart des caractéristiques d'appréciation on connu des variations. Les résultats obtenus dans les paramètres physiologie de germination sont légèrement affectés par le stress, ou le taux de germination était relativement élevé pour la totalité des géotypes ce qui leur confère une bonne tolérance à la condition de stress, en plus l'effet dépressif sur la croissance de la plante, notamment la hauteur de la plante, ainsi que la biomasse aérienne, qui sont aussi observés chez les plantes stressées par rapport aux témoins.

Pour ce qui est des paramètres analysés, la majorité des géotypes stressés (T2 –T3) ont affichés des valeurs inférieures à celles du témoin (T1), et ce pour l'ensemble des paramètres étudiés, à savoir les traits morphologiques (surface de la feuille étendard, hauteur de la plante, longueur de l'épi, longueur de barbe), ainsi que les traits agronomiques (nombre de talle, nombre de graine par épi et poids d'épi). Toutefois, nous pouvons signaler que les géotypes utilisent les mêmes stratégies pour tolérer le stress hydrique mais à des fréquences différentes, et sont d'autant plus importants que l'intensité et la durée du stress sont élevées..

Notre étude peut constituer une valeur scientifique prometteuse. Cependant, l'ouverture de nouvelles perspectives, dans le but d'étudier ces composantes sur plusieurs sites, années pour confirmer la stabilité de la performance des variétés, et pour mieux connaître le comportement des lignées testées à l'égard des maladies et des stress les plus prévalent en Algérie.

RÉFÉRENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

- Abbassenne F., H. Bouzerzour, L. Hachemi. 1998.** Phénologie et production du blé dur (*Triticum durum* Desf.) en zones semi-aride. *Annales Agronomie INA.*, 18: 24-36.
- Acevedo, E., Silva, P. C., Silva, H. R., & Solar, B. R. (1999).** Wheat production in Mediterranean environments. In: Satorre, E. H., Slafer, G. A (Eds.) *Wheat ecology and physiology in yield determination.* Food products press, an imprint of the Hayworth press, Binghamton, N. Y: 141-159
- Albouchi, A., Bejaoui, Z., El Aouni, M.H., 2003.** Influence d'un stress hydrique modéré ou sévère sur la croissance de jeunes plantes de *Casuarina glabra*. *S.B. Revue. Sécheresse.* 14. (3), 37- 42.
- Al-Khatib K., GM. Paulsen. 1984.** Mode of high temperature injury to wheat during grain development. *Physiologia Plantarum.*, 61: 363-368.
- Ali Dib, T., Monneveux, P., Araus, J.L., 1992.** Adaptation à la sécheresse et notion d'édiotype chez le blé dur. II. Caractères Physiologiques d'adaptation. *J. Agronomie.* 12, 381-93.
- Amrouche, I., & Mesbah-El, K.A. (2017).** Effet du stress abiotique sur l'accumulation des protéines totales chez deux variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.). *Mémoire de Master en Biologie et Génomique Végétale.* Université des Frères Mentouri Constantine. 25p.
- Arbouche H.S., Arbouche Y., Arbouche F. & Arbouche R., 2008.** Valeur nutritive de quelques variétés d'orge algériennes pour l'alimentation des ruminants. *Recherche agronomique.* n° 22. PP 67.
- Assem, N., El Hafid, L., Haloui, B., & El Atmani, k. (2006).** Effets du stress hydrique appliqué au stade trois feuilles sur le rendement en grains de dix variétés de blé cultivées au Maroc oriental. *Science et changements planétaires/Sécheresse,* 17 (4) : 499-505.
- Attia, F., Garcia, F., Dedieu, F., Ben mariem, F., Kasraoui M.F., Lamaze T ; (2007).** Effet du stress hydrique sur la photosynthèse et la maturité phénologique du cépage Fer Servadou. 8ème Symposium International d'Œnologie, Bordeaux, 25-27 juin, France.
- Attia F., 2007.** Effet du stress hydrique sur le comportement écophysologique et la maturité phénologique de la vigne (*Vitis vinifera* L.) : Etude de cinq cépages autochtones de Midi-Pyrénées. Thèse INP, Toulouse (France), 194p
- Austin R.B. Bingham J. Blackwell R.D. Evans L.T. Ford M.A. Morgan C.L. & Taylor M., 1980.** Genetic improvements in winter wheat yield since 1900 and associated physiological changes. *The journal of agricultural science, Cambridge* 94: 675-689.
- Ayeneh A., M. van Ginkel, MP. Reynolds, K. Ammar. 2002.** Comparison of leaf, spike, peduncle and canopy temperature depression in wheat under heat stress. *Field Crops Res.*, 79:173–184.
- Balota M., WA. Payne, SR. Evett, MD. Lazar. 2007.** Canopy temperature depression sampling to assess grain yield and genotypic differentiation in winter wheat. *Crop Sci.*, 47:1518–1529.
- Baldy, C. (1986).** Comportement des blés dans les climats méditerranéens *Ecologie méditerranéenne.* Tome XII, Vol. (3 - 4), p.73 - 88.
- BALDY C. 1993a.** Progrès récents concernant l'étude du système racinaire du blé (*Triticum* sp). *Ann. Agron. (Paris).* Pp 241-276.

Bagga A.K., Ruwali K.N., Asana R.D., 1970 : Comparaison of responses of some indian and semi-dwarf Mexican wheat to unirrigated cultivation. *Indian J Agric Sci* 40,421-427.

Bajji M., 1999. Étude des mécanismes de résistance au stress hydrique chez le blé dur : caractérisation de cultivars différant par leurs niveaux de résistance à la sécheresse et de variant soma clonaux sélectionnés In vitro. Thèse de doctorat. Univ. Louvain.

Bakroune Nour-Elhouda, 2021 : L'entomofaune des céréales dans la région de Biskra. Ecologie des populations des principaux bioagresseurs. Thèse de Doctorat d'Etat. UNIVERSITE MOHAMED KHIDER BISKRA. 200 p.

Barnabás, Beáta, Katalin Jäger, et Attila Fehér. 2008. «The effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals.» *Plant, Cell & Environment*.

Belaid D., 1986. Aspect de la céréaliculture algérienne. Collection le cours d'agronomie office des publications universitaires. 207p

Benmahammed, A. (1995). Associations et héritabilités de quelques caractères à variation continue chez l'orge (*Hordeum vulgare* L.). Thèse de Magister. INA - El Harrach, Alger, 80p.

Benmahammed A., 2005. Heterosis, transgressions et efficacité de la sélection précoce et retardée de la biomasse, du nombre d'épis et utilisation des indices chez l'orge (*Hordeum vulgare* L.). Thèse de Doctorat d'Etat. Université Mentouri. Constantine. 125 p.

Besbes H., AZZAZ R. A., 2023 : Contribution à l'étude de la résistance à la salinité de la culture d'Orge vert hydroponique. Mémoire de Master, Faculté des Sciences et de la Technologie Département des Sciences de la Nature et de la Vie, Université de Tissemsilt.

Beck, E., & Ziegler, P. (1989). Biosynthesis and degradation of starch in higher plants. *Annual review of plant biology*, 40(1), 95-117.

Ben Naceur M., Gharbi M.S., Paul R., 1999. L'amélioration variétale et les autres actions contribuant à la sécurité alimentaire en Tunisie en matière de céréales. *Sécheresse*. (10): 27- 33.

Benaceur M., Rahmoun C., Sdiri H., Medahi M., Selmi M., 2001. Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production de grains de blé. *Secheresse*, 12 (3): 167-174.

Bewley J.D. and Black M., 1994. *Seeds - Physiology of development and germination.* ; 2nd Edition. Plenum Press, New York, NY. 445 p.

Biscoe, P. V., Gallagher, J., Littleton, E. J., Monteith, J. L., & Scott, R. K. (1975). Barley and its environment. Sources of assimilates. *J Appi Ecol*, 12: 295-302

Blum, A. (1985). Photosynthesis and transpiration in leaves and ears of wheat and barley varieties. *J. exp. Bot*, 36: 432-440.

Blum A, (1996). *Plant breeding for stress environments.* CRC Press Inc Florida, USA; 223p.

Blum A. ;1989 : Osmotic adjustment and growth of barley genotype under drought stress-Crop. 230-233. *SCI* 29.

Blum, A., Ramaiah, S., Kanemasu, E. T., & Paulsen, G. M. (1990). Recovery of wheat from drought stress at the tillering developmental stage. *Field Crop Res*, 24 : 67-85.

Bray E, Bailey-Serres J, Weretinlyk E. 2000. Responses to abiotic stresses In : *Biochemistry and Molecular Biology of plants* . Buchanan W, Gruissem W, Jones R, Eds . 2000 American Society of plant physiologists. P: 1158-1203.

Bray E. et Ziegler P., 1989. Biosynthesis and degradation of starch in higher plants. *Annual Review of Plant Physiol. And plant mol. Bio.*, 40: 95-117.

Bouakez.D et Hamadouche.I ; (2015). Effet du stress hydrique au stade de germination sur la croissance de quelque génotype du blé dur (*Triticum durum* Desf.).Mémoire. Université Frères Mentouri ,Constantine, p 1-5-15-20-22-25.

Bouati M. - Bougattouche N. e.H. - Saadaoui W.,2020 : Etude de la réponse de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) au stress hydrique.mémoire de Master en Science Agronomique. Université 8 Mai 1945 Guelma.

Bouchabke O., Tardieu F. & Simonneau T., 2006. Leaf growth and turgor in growing cells of maize (*Zea mays* L.) respond to evaporative demand under moderate irrigation but not in watersaturated soil. *Plant Ce/l and Environment*, 29 (6): 1138-1148.

Boulal H., Zaghouane O., EL Mourid M. & Rezgui S., 2007. Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blés et orge) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). Ed. TIGC, INRA, ICARDA, Algérie, 176 p.

Boukerou, L., & Rasmusson, D. C. (1990). Breeding for high biomass yield in spring barley. *Crop Sci*, 30: 31-35.

Bouzerzour H et Monneveux ., 1992.Analyse des facteurs de stabilité du rendement de l'orge dans les conditions des hautes plateaux de l'est Algérien .pp.139-158.In : tolérance à la sécheresse des céréales en zones méditerranéennes. Montpellier-France,(eds) INRA ,Paris. Les colloques64,139-158.

Bouzerzour, H., Djekoune, A., Benmahammed, A., & Hassous, L. (1998a). Contribution de la biomasse aérienne, de l'indice de récolte et de la précocité au rendement de l'orge (*H. vulgare* L.) en zone semi-aride d'altitude, *Méthodes et techniques, Cahiers Agricultures*, 07 : 307 -17.

Bouchelaghem Sabrina, : Contribution à l'étude de l'impact d'un engrais couramment utilisé en Algérie (NPK) sur la croissance, le métabolisme et le développement racinaire d'un modèle végétal : blé dur (*Triticum durum* Desf). Thèse de doctorat , Université Badji Mokhtar Annaba

Bouthiba A. A., Debaeke P., Hamoudi S. A.(2010). Varietal differences in the response of durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum) to irrigation strategies in a semi-arid region of Algeria. *Irrigation Science*. 26: 239-251.

Bouzerzour et Benmahamed, 1995) constatent que le nombre de grains par épi varie en fonction des variétés et des dates de semis.

Bouzerzour H., Djekoun A. & Benmahammed A. (1996). Analyse du déterminisme génétique et de l'indice de récolte dans un croisement diallèle de l'orge (*Hordeum vulgare* L). Annales agronomique INA, 17 (1 et 2), 150-158.

Bouzerzour H., Oudina H. (1989). Association de certains caractères morphologiques au rendement grain chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.) en conditions semi-arides. Ann. Inst. Nat. Agron. El-Harrach, 1983, Vol. 13, N° 1, 57 - 167.

Bouzerzour H., Benmahammed A., Benbelkacem A., Hazmoune T., Mimoun H., Bourmel S. & Mekhlouf A. (2000). Stabilités des performances et caractéristiques phéno – morphologiques de quelque variété de blé dur (*Triticum durum* Desf.) issues d'une sélection multilocale. Proc du Premier Symposium International sur la Filière Blé – Enjeux et stratégies, Alger, 7-9 Février ,2000 . 178-184.

Calderini D. F., Reynolds M. P. & Slafer G. A., (1999). Genetic gains in wheat yield and associated physiological changes during the twentieth century. In: Satorre, E.H., Slafer, G.A. (Eds.), Wheat: Ecology and Physiology of Yield Determination. The Haworth Press Inc., New York, p: 351–377

Casals, M. L. (1996). Introduction des mécanismes de résistance à la sécheresse dans un modèle dynamique de croissance et de développement du blé dur. Thèse de doctorat, Institut national agronomique de Paris-Grignon.

Chahbar S., 2008. Études des paramètres morphologiques et physiologiques de résistance à la sécheresse chez la fève (*Vicia faba* L). Laboratoire de physiologie végétale. Oran. Mémoire de magister : 15-16p.

Chetmi Dalel, 2009 : Etude comparative de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf) et analyse diallèle de leurs hybrides F1. Mémoire de e Magister en Sciences Agronomiques. INSTITUT NATIONAL D'AGRONOMIE –EL HARRACH – ALGER

Cherfia, R. (2010). Etude de la variabilité morfo-physiologique et moléculaire d'une collection de blé dur algérien (*Triticum durum* Desf.). Mémoire de Magister, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Département de Biologie et Ecologie. Université Mentouri, Constantine. 77p.

Clerget B. 2004. Le rôle du photopériodisme dans l'élaboration du rendement de trois variétés de sorgho cultivées en Afrique de l'Ouest. Thèse de Doctorat. Institut National Agronomique Paris Grignon, France. 114p. p 11

Clement-Grandcourt M. & Prats J., 1971. -Les céréales. Baillièrre et fils, Paris-France, 351p.

Clement G. et PRATS J, (1970). Les céréales. Collection d'enseignement agricole. 2ème Ed. 351 p.

Celementj M., 1981. Larousse agricole. Edition : S.P.A.D.E.M. et .A.D.A.G.P. Paris Vol. 177, N° 1032, p.171- 174.

Chehat F. , 2007., Analyse macroéconomique des filières , la filière blés en Algérie . Projet PAMLIM « Perspectives agricoles et agroalimentaires Maghrébines Libéralisation et Mondialisation » Alger : 7-9 avril 2007.

Coutard J.P., 2012. Valeur nutritive des associations céréales—protéagineux cultivées en AB et utilisées pour la complémentation des ruminants. Chambre d'Agriculture de Maine et Loire – Ferme expérimentale de Thorigné d'Anjou.

Couvreur F.1981 : La culture du blé se raisonne, Cultivar, juin 1981, ITCF. Pp,39-41.

Condon A.G., R.A. Richards G.J., Rebetzke., 2004. Breeding for high water-use efficiency. Journal of Experimental Botany ,55: 2447-2460pp.

Davidson, D. J., & Chevalier, P. M. (1990). Pre-anthesis tiller mortality in spring wheat. Crop Sci; 30 : 832-6.

Debaeke, P., Puech, J., & Casals, M. L. (1996). Elaboration du rendement du blé d'hiver en conditions de déficit hydrique. I. Etude en lysimètres. Agronomie, 16 : 3-23.

Debaeke P., Cabelguenne M., Casals M.L., Puech J., 1996. Élaboration du rendement du blé d'hiver en conditions de déficit hydrique. II. Mise au point et test d'un modèle de simulation de la culture de blé d'hiver en conditions d'alimentation hydrique et azotée variées. Epicphase-blé. Agronomie.16: 25 - 46.

Djahra A. B., Benmakhlouf Z., Benkherara S., Benkaddour M., Bordjiba O. (2015). Effet du stress salin sur la teneur en eau et certains osmolytes chez le ble dur (*Triticum durum* var kebir) pulvérisé par une phytohormone synthétisée: Benzyl-amino-purine (BAP). Algerian journal of arid environment .Vol. 5, N° 2, December 2015: 71-81.

Djahra, A., Benmakhlouf, Z., Benkhirara, S., Benkaddour, M., & Bordjiba, O. (2015). Effet de stress salin sur la teneur en eau et certains osmolytes chez le blé dur *Triticum durum* var kebir pulvérisé une phytohormone synthétisée : benzyl-amino-purine (BAP). Algerian journal of arid environment 71, vol 5, N°2 :71-81.

Dib A. T., Monneveux P., Araus J. L. (1992). Adaptation à la sécheresse et notion d'idéotype chez le blé dur. II. Caractères physiologiques d'adaptation. Agronomie, 12: 381-393.

Doucikhalfi,A.,Bachir,A.,Mehenni,A.,Zeltni,A.,Bouchata,k.,Benarbia,N.,Boukhenaf,S.,Douha,A.,Assous ,k., Madani ,M.,Benlakehal,Z.,(2019) : guide des variétés des céréales nouvellement inscrites en Algérie .

Dorion S., S.Lalonde, HS.Saini.1996. Induction of mal sterility in wheat by meiotic stage water deficit is preceded by a decline in invertase activity and change in carbohydrate metabolism in anthers. Plant physiol.,111 :137-145.

Dubief P., 2020. Des chiffres et des céréales. paris.

Dugo M.V.G, 2002. Effet du déficit hydrique sur l'état de nutrition azotée chez les graminées fourragères. Thèse Université de Poitiers (France), 189p.

El Midaoui M., benbella M., Ait Houssa A., Ibriz M. et Talouizte A.,2007 : contribution à l'étude de quelques mécanismes d'adaptation à la salinité chez le tournesol cultivé (*Helianthus annuus* L.), Revue HTE ; 136 :29-34.

El Mourid .M, Karrou .M, EL Gharous .M ; (1996). La recherche en aridoculture respectueuse de l'environnement. Al Awamia, 92, 69-81

ELIARD J.L., 1979. Manuel d'agriculture générale. Ed. J.B. Baillière, Paris, 344 p.

FAO., 2018. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) les données statistiques

FAO, 2022 : <https://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/fr/>

Fellahi Z.2017 :analyse génétique d'un croisement line X tester ; réponse à la sélection et tolérance des stress du blé tendre (*Triticum aestivum* L.) aux condition semi-aride. Thèse de Doctorat,université Ferhat Abbas Sétif 1.260p.

Fischer, R. A., & Maurer, R. (1978). Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. *Aust. J. Agric. Res*, 29: 897-912

El-Haddad E. H. M., O'leary J.W. (1994). Effect of salinity and K+INa+ ratio of irrigation water on growth and solute content of *Atriplex amnicola* and *Sorghum bicolor*. *Irrigation Science*, 14: 127-133.

El hassani T.A., Persoons E.,1994 : Agronomie moderne. Bases physiologiques et agronomiques de la production végétale. (éd). *AUPELF-UREF* :544 p.

Evans L.T. et Rawson H. M. 1975. Photosynthesis and respiration by the flag leaf and components of ear during grain development in wheat. *Australian Journal of Biology*: 223-245.

Feliachi, K., Amroun, R., & Khaldoun, A. (2001). Impact de la sécheresse sur la production des céréales cultivées dans le nord de l'Algérie. *Céréaliculture-ITGC Algérie*, 35, 28-34.

Fischer, R. A., & Maurer, R. (1978). Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. *Aust. J. Agric. Res*, 29: 897-912.

Fischer R A., D. Rees, K D. Sayre, Z M. Lu, A G. Condon, A. Larque Saavedra. 1998. Wheat yield progress associated with higher stomatal conductance and photosynthetic rate, and cooler canopies. *Crop. Sci.*, 38: 1467-1475.

Gate P., Bouthier A., Casabianca H., Deleens E., 1993. Caractères physiologiques décrivant la tolérance à la sécheresse des blés cultivés en France : interprétation des corrélations entre le rendement et la composition isotopique du carbone des grains. *Colloque Diversité génétique et amélioration variétale Montpellier (France). Les colloques*. 64. Inra . Paris.

Gate P., 1995. Ecophysiologie du blé. Ed. ITCF. Technique et Documentation. Lavoisier, Paris, 419 p.

Gautier J, (1991).Notation d'agriculture. Ed. Gautier, Paris, pp575.

Granier, C., Inzé, D., & Tardieu, F., 2000 : Spatial distribution cell division rate can be deduced from that of P34cdc2 kinase activity in maize leaves grown in contrasting conditions of temperature and water status. *Plant Physiol*. 124:1393-1402 p.

Giban M., Minier B., Malvosi R., 2003. Stades du blé ITCF.ARVALIS. Institut du végétale, pp 68.

Guignard, J.L., Dupont F., 2004. Botanique Systématique moléculaire. 13 emeed révisée.Masson, Paris. 116-117p.

Gonzalez A., Martin I., Ayerbe L., 1999. Barley yield in water stress conditions. The influence of precocity, osmotic adjustment and stomatal conductance. *Field Crop Res* .(62): 23 - 34 .

- Houmani M., 2007.** Complémentation des chaumes de blé avec des blocs multinutritionnels : effets sur la valeur alimentaire des chaumes et intérêt pour des brebis gestantes. Rev. Recherche Agronomique, n°19 (juin 2007). Ed. INRA, Alger, 56-64.
- Foudili.D, Gasmi.A; (2017).** stress de la sécheresse chez quatre variétés du blé dur (triticumdurumdesf) un examen sur quelques caractéristiques morphologiques et sur les pigments, Mémoire , université Mohamed Boudiaf, M'sila, Faculté des sciences, Département des sciences de la nature et de la vie, P6.
- Gaufichon, L., Prioul, J. L., & Bachelier, B. (2010).** Quelles sont les perspectives d'amélioration génétique de plantes cultivées tolérantes à la sécheresse? In. Etude de la foundation FARM.
- Granier, C., Inzé, D., & Tardieu, F. (2000).** Spatial distribution cell division rate can be deduced from that of P34cdc2 kinase activity in maize leaves grown in contrasting conditions of temperature and water status. Plant Physiol. 124:1393-1402 p.
- Hazmoune .T; (2000).** Etude comparée de l'appareil racinaire de quelques variétés de blé dur (TriticumdurumDesf.), 1er Symposium International sur la filière blé, Enjeux et Stratégie du 07 au 09 fev, Alger, p181-185.
- Hassani A., Dellal A., Belkhodja M. et Kaid-Harche M., 2008.** Effets de la salinité sur l'eau et certains osmolytes chez l'orge (Hordeum vulgare). European journal of Scientific Research. Vol. 23 (1): 61-69.
- Hegarty, T. W., & Ross, H. A. (1978).** Differential sensitivity to moisture stress of seed germination and seedling radicle growth in calabrese (Brassica oleracea var. italica) and cress (Lepidium sativum). Annals of Botany, 42:1003–1005.
- Hireche Y.,2006 :** Réponse de la luzerne (Medicago sativa L.) au stress hydrique et à la profondeur de semis. Thèse de Magister.Université Al Hady Lakhdar-Batna (Alger),83p.
- Hsissou, D., 1994.** Sélection in vitro et caractérisation de mutant de blé dur tolérant à la sécheresse. Thèse de doctorat, faculté des sciences, Université de Louvain. France .268p.
- Hayek, T., Ben Salem, M., & Zid, E. (2000).** Mécanisme ou stratégie de résistance à la sécheresse: Cas du blé, de l'orge et du triticale. CIHEAM-IAMZ, Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens, 40: 287-290
- Hauchinal .R.R, Tandon .JP, Salimath .PM; (1993).** Variation and adaptation of wheat varieties to heat tolerance in Peninsular India. Saunders, DA. And Hettel GP. Eds, wheat in heat stressed environments, irrigated, dry areas and rice-wheat farming systems, Mexico, D. F; Cimmyt, p175-183.
- Hajlaoui H, Denden M, Bouslama M. (2007)** Étude la variabilité interspécifique de tolérance au stress salin du pois chiche (Cicer arietinum L.) au stade germination. TROPICULTURA, vol 25, N°3 :168-173.
- Hopkins, W. G. (2003).** Physiologie végétale. Bruxelles, Belgique: Editions De Boeck Supérieur.
- Hopkins, W. G. (2003).** Physiologie végétale. 2ème édition. De Boeck, Bruscelles: 61-476
- Hopkins. (2003)** Physiologie végétale. Editions de Boeck. Université rue des minimes, Bruxelles : 451-452-453-459-460-464-466-449-464 p.

Hays D B., J.H. Do, RE. Mason, G. Morgan, SA. Finlayson. 2007. Heat stress induced ethylene production in developing wheat grains induces kernel abortion and increased maturation in a susceptible cultivar. *Plant Sci.*,172: 1113–1123.

Ingram, J., & Bartels, D. (1996). The molecular basis of dehydration tolerance in plants. *Annual review of plant biology*, 47(1), 377-403.

INRA, 2006. Sécheresse et agriculture: réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau. Synthèse du rapport d'expertise scientifique collective, 76p.

ITGC., 1996. Les semences de céréales à paille. Vespa. R et claeey Agri- Nathan. 94p.

ITGC,2022 : caractérisation des ressources naturelles par l'utilisation du SIG, Répartition des variétés de blés homologués et en production par zone agro-écologique, cellule sig.

Jean-Pierre A. Philippe D. Bernard I. Gilles L.BernardS.François T. Alban T,2006 . Sécheresse et agriculture. Réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau. Expertise scientifique collective, synthèse du rapport, INRA.France. 72 p.

Jodoin, N., 2019. L'utilisation des céréales de 1983 à 2028. **J.Prats, 1971.** labour et semis direct ; enjeux agronomique

Jones H.G., Flowers T.J. et Jones M.B. 1989. Plants under stress. Univ. Cambridge.

Johanson D. A., Richards R. A. et Turner N.C. 1973. Yield water relation gas exchange and surface

Kitouni Roumeisa, 2021 : Étude de tolérance du blé en réponse aux stress abiotiques : changements moléculaires.

Kabongo thiabukole ,j. (2018). évaluation de Sensibilité aux Stress hydriques du maïs (*Zea may L.*) cultivé dans la Savane du Sud ouest de la RD congo, cas de mvuazi. Thèse de doctorat, université laurentienne d'ontario ,Kinshasa 1.161p..

Khaldoun A., Bellah F. & Mekliche L., 2006. L'obtention variétale en Algérie, cas des céréales à paille. INRA, Algérie.

Khales A. et Baaziz M., 2006 : Etude des peroxydases d'écotypes d'*Opuntia Ficus indica L* en relation avec le développement dans les conditions de stress Salin. Congrès international de Biochimie, Agadir: pp. 133-136.

Kramer J.P. & Boyer J.S., 1995. Water Relations of Plants and Soils Academie Press, Inc. A. Division of Harcourt Brace & Company 525 B Street, Suite 1900, San Diego, California 92101- 4495: 482p.

Laala, Z. (2010). Analyse en chemin des relations entre le rendement en grains et les composantes chez des populations F3 de blé dur (*Triticum durum Desf.*) sous conditions semi-arides. Mémoire de magister, Faculté des Sciences, Département d'Agronomie. Université Ferhat Abbas, Sétif. 97p

Larcher W. (1995). Physiological plant ecology (3rd edition). Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, p. 528.

Laurent H. Sané P, 2007 .Transfert d'eau et d'énergie. In : Bioclimatologie. Concept et application. Ed. Quae. Paris. 246p.

Lebon E., 2006. Effet du déficit hydrique de la vigne sur le fonctionnement du couvert, l'élaboration du rendement et la qualité. INERA Sup Agro, UMR, Laboratoire d'Ecophysiologie des Plantes sous Stress Environnementaux, 4p.

Lefi, E., Gulias, J., Cifre, J., Ben Yones, M., & Medrano, H. (2004). Drought effects on the dynamics of leaf production and senescence in field-grown *Medicago arborea* and *Medicago citrina*. *Ann. Appl. Biol.*, 144: 176 -196.

Lessani H. (1969). Recherche sur le comportement physiologique de la luzerne en présence de NaCl. Etude de quelques aspects de la nutrition minérale et du métabolisme respiratoire. Thèse Doctorat Science, Paris, 152 p.

Levigneron, A., Lopez, F., Vansuyt, G., Berthomieu, P., Fourcroy, P., & Casse-Delbart, F. (1995). Les plantes face au stress salin. *Cahiers Agricultures*, 4(4), 263-273.

Levitt, J. (1980). Responses of Plants to Environmental Stress, Volume 1: Chilling, Freezing, and High Temperature Stresses. Academic Press. Mémoire de Master, Biotechnologie et Génomique Végétale, Université des Frères Mentouri Constantine 1,p

Levitt J., 1980 : Responses of plants to environmental stress éème éd. Water, radiation, salt and other stresses physiological Ecology series. Acad. Press New York, 205-211.

Loue. 1982. Comparaison entre le blocage de la fumure potassique en tête de rotation et sa répartition sur les cultures. *Revue de potasse*, N5. Berne. 1982.-pp 1 - 5.

Maachi. 2005. Etude de comportement d'une céréale à grains sous centre pivot dans la région d'Ouargla : Evaluation de l'efficacité de l'irrigation et de la fertilisation azotée, thèse, Ing, agro, sah, ITAS, Ouargla, 91p

Masle-Meynard J., 1980. L'élaboration du nombre d'épis chez le blé d'hiver. Influence de différentes caractéristiques de la structure du peuplement sur l'utilisation de l'azote et de la lumière. Thèse de Docteur-Ingénieur. INA-PG, Paris, 274p.

Mario Jodoin, 2019 : L'utilisation des céréales de 1983 à 2028.

<https://jeanneemard.wordpress.com/2019/08/22/lutilisation-des-cereales-de-1983-a-2028/>

Maas E. V et Poss J.A., 1989: Salt sensitivity of wheat at different growth stages. *Irrig. Sci.* pp29-40.

Mefti M., Abdelguerfi A. et Chebouti A. 1998. Etude de la tolérance à la sécheresse chez quelques populations de *Medicago truncatula* (L.) Gaertn. *Science*.5, 173-176.

Merabet B.A, et A. Bouthiba. 2004. Effet de l'irrigation de complément sur quelques variétés de blé dur dans une région semi-aride (Plaine du Cheliff) *Annales INA El Harrach (Alger)*. 25: 89- 107.

Meyer W.S. et Alston A.M., 1978. Resistance to water flow in the seminal roots of wheat. Journ. Exp. Bot. Vol. 29 (113).

Mekhlouf A.H., Bouzerzour, A., Benmahammed A., HadjSahraoui, N., Harkati., 2006. Adaptation des variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) au climat semi-aride. Sécheresse, 17: 507-513pp.

Mekhlouf, A., Bouzerzour H., (2000). Déterminisme génétique et associations entre Le rendement et quelques caractères à variation continue chez le blé dur (*Triticum durum* desf.). Recherche Agronomique (INRAA) ,7 : 37-49.

Mohamed Chabane, Jean-Marc Boussard. La production céréalière en Algérie : Des réalités d'aujourd'hui aux perspectives stratégiques de demain.

Moule C., 1971. Phytotechnie spéciale II céréales. Ed. La maison rustique –Paris, 94 p

Monneveux, P. (1991) Quelles stratégies pour l'amélioration génétique de la tolérance au déficit hydrique des céréales d'hiver. in L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides. éd. AUPELF-UREF. John Libbey Eurotext, Paris, p. 156 - 186.

Monneveux, P., Nemmar, M. (1987). Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L.) et chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.); Etude de l'accumulation de la proline au cours du cycle de développement. Agronomie. N° 6, p. 583 - 590.

Mouellef .A; (2010). caractères physiologiques et biochimiques de tolérances du blé dur (*triticumdurumdesf*) au stress hydrique. Mémoire, université mentouri, constantine Faculté de biologie, Département de Biologie Végétale et Ecologie, p10-11.

Monneveux P. (1991). Quelles stratégies pour l'amélioration génétique de la tolérance au déficit hydrique des céréales d'hiver ? L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides. Ed. AUPELF-UREF. John Libbey Eurotext. Paris 0 1991, pp. 165, 186.

Monneveux, P., & Nemmar, M. (1986). Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L.) et chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.): étude de l'accumulation de la proline au cours du cycle de développement. Agronomie, 6(6), 583-590.

Munns R. et Rawson H.M., 1999: Effect of salinity on salt accumulation and reproductive development in the apical meristem of wheat and barley. Aust. J. Plant Physiol. pp459-464.

Munns, R., James, R. A., & Läuchli, A. (2006). Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. Journal of experimental botany, 57(5), 1025-1043.

Mossab M.,1991 : culture à double fin, avec recours à l'irrigation d'appoint de quatre variétés d'orge (*Hurdeum vulgare* L.) dans les hautes plaines sétifiennes. Thèse ingénieur, INA, Alger, 111 p.

Nemmar M – 1983: Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez les variétés de blé dur et du blé tender – Evolution des teneurs en proline au cours du cycle de développement – Thèse de Doctorat ENSA – Montpellier.

Neffar, Souad, Haroun Chenchouni, Arifa Beddiar, et Nouredine Redjel. 2013. «Rehabilitation of Degraded Rangeland in Drylands by Prickly Pear (*Opuntia ficus-indica* L.) Plantations: Effect on Soil and Spontaneous Vegetation.» *Ecologia Balkanica* 63-76.

Neffar .F ; (2013). Analyse de l'expression des genes impliqués dans la réponse au stress a biotique dans different génotypes de blé dur(*Triticum durum*) et d'orge (*Hordeum vulgare*) soumis à la sécheresse. Thèse de doctorat .Université Farhat Abbas , sétif Faculté P: 21-22.

Olioso A., (2006) .Spatialisation des transferts sol-végétation-atmosphère de l'échelle de la parcelle à celle du paysage agricole en combinant modèles de fonctionnement de la végétation et du sol, modèles de transfert radiatif et systèmes de mesure de télédétection. Mémoire de HDR, spécialité "Physique de l'Environnement (Sciences de l'eau, Télédétection)", Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, Avignon (FRA), 330 pp.

O'toole, J. C., & Cruz, R. C. (1980). response of leaf water potential ,stomatal resistance, and leaf rolling to water stress . *Plant physiology*, 51: 993- 997.

OUAGUINI Amel et KAHI Zahia, 2020 : Étude de la composante variétale des céréales d'hiver cultivées à Ouargla. Mémoire de MASTER Académique. Université Kasdi Merbah , Ouergla.

Oukarroum Abdalla H. , 2007.- Vitalité des plantes d'orge (*Hordeum vulgare* L.) en conditions de stress hydrique et thermique analysée par la fluorescence chlorophyllienne. Thèse doctorat. Genève.

Osakabe, Yuriko, Keishi Osakabe, Kazuo Shinozaki, et Lam-Son P. Tran. 2014. «Response of plants to water stress.» *Front. Plant Sci.*

Passioura, J.B. (2004) Grain Yield, Harvest Index, and Water Use of Wheat. *Journal of the Australian Institute of Agricultural Science*, 43, 117-120.

Pottier E., Michaud A., Farrié J.P., Plantureux S. & Baumont R., 2012. Les prairies permanentes françaises au cœur d'enjeux agricoles et environnementaux. *Innovations agronomiques* 25 (2012), 85-97.

Poorter H., 1989. Interspecific variation in relative growth rate: on ecological consequences. In: *Causes and consequences of variation in growth rate and productivity of higher plants.*

Radhouane, L., Aissa, N., & Romdhane, L. (2014). Effets d'un stress hydrique appliqué à différents stades de développement sur l'aspect quantitatif et qualitatif des semences chez un écotype autochtone de sorgho grain (*Sorghum bicolor*). *Journal of Applied Biosciences*, 74(1), 6149-6156.

Rambi Yasmine ; Sdara Aya Moubarka, 2022:Effet de marc du café sur la germination et la croissance du blé dur (*Triticum durum* Desf). Mémoire de Master, Université Ziane Achour – Djelfa

Rawson .H. M; (1988). High temperature effect on the development and yield of wheat and practices to reduce deteriorous effects. In conf. On wheat production constraints in tropical environment. Edsklatt. UNDP- Cimmyt, p44-62.

Reynolds M., M.Balota, M.Delgado, I. Amani, R. Fischer.1994. Physiological and morphological traits associated with spring wheat yield under hot, irrigated conditions. *Funct Plant Biol.*, 21: 717–730

Reynolds M.P., Pellegrineschi B., Skovmand., 2005. Sink-limitation to yield and biomass: a summary of some investigations in spring wheat. *Ann. Appl. Biol.*, 146:39- 49pp.

Richards R. A., Rebtzke G. J., Van Herwaarden A. F., Dugganb B. L., Condon A. 1997. Improving yield in rainfed environments through physiological plant breeding. *Dryland Agriculture*, 36: 254-66.

Richards Ra, Passioura Jb – 1981: Seminal roat morphology and water use of wheat.II.Genetic variation crop. *Cr.Sci* 21: 253 – 255.

Sakata, Tadashi, et Atsushi Higashitani. 2008. «Male Sterility Accompanied with Abnormal Anther Development in Plants - Genes and Environmental Stresses with Special Reference to High Temperature Injury.» *International Journal of Plant Developmental Biology* 42-51.

Sali Yahia et Ben riche Chérif, 2018 ; Etude comparative de quelques variétés de blé tendre oasisien sous système traditionnel ; mémoire en vue de l'obtention du diplôme de master académique ; sciences agronomiques ; université Ahmed draïa Adrar.

Sami, F., Yusuf, M., Faizan, M., Faraz, A., & Hayat, S. (2016). Role of sugars under abiotic stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, 109, 54-61.

Saini HS., M. Sedgley, D. Spinall. 1983. Effect of heat stress during floral development on pollen tube growth and ovary anatomy in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Aust. J. Plant Physiol.*, 10:137–144.

Sarwar M.H., Sarwar, M. F., Sarwar, M., Qadri, N. A., Moghal, S., 2013. The importance of cereals (Poaceae: Gramineae) nutrition in humanhealth: A review. *Journal of cereals and oilseeds*, 4(3): 32-35.

Schulze E. D. et al., 2005 :Plant ecology. Edition Springer Berlin, Heidelberg,p692.

Sharma, R. C., Smith, E. L., & McNeal, R. W. (1991). Combining ability analysis for harvest index in winter wheat. *Euphytica*, 55: 229- 234.

Siddique, K. H. M., Kerby, E. J. M., & Perry, M. W. (1989). Ear/steam ratio in old and wheat varieties. *Field Crop Research*, 21: 59-78.

Simon H., Codaccioni P.,Lequeur X., 1989 : Produire des céréales à paille. .. Coll.valeur technologique élevée :quantité et qualité des protéines du grain.*Ind.Cereal* N°28.

Slafer G.A., J.L.Araus C., Royo LG., Del Moral., 2005. Promising eco-physiological traits for genetic improvement of cereal yields in Mediterranean environments. *J. AppliedBiology*, 146 : 61-79pp.

Slama, A., Ben Salem, M., Ben Naceur, M., & Zid, E., (2005). Les céréales en Tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance (*Inrat*),16 (3) : 225-229

Snoussi S.A. et Halitim A., 1998 : Valorisation des eaux salines pour la nutrition minérale des plantes cultivées. *Etude et gestion des sols*, pp289- 298.

Stark, J. C., & Longley, T. S. (1986). Changes in spring wheat tillering patterns in response to delayed irrigation. *Agron J*, 78 : 892-6.

- Stewart, G. R., Lee, J. A. (1974).** The role of proline accumulation in halophytes. *Planta journal*, 120: 279-289.
- Soltner D., 1979.** Les grandes productions végétales. les collections sciences et techniques agricoles, 16^{ème} éd, Paris, 464 p.
- Soltner D., (2000)** .Phytotechnie générale : les bases de la production végétales. Tome 1 : le sol et son amélioration. Sciences et techniques agricoles, 22^{ième} édition, 467 p.
- Subbarao, G.V. Johansen, C., Slinkard, A.E., Nageswara, R.C., Saxena, N.P., Chauhan, Y.S. 1995.** Strategies for improving drought resistance in grain legume. *Crit Rev Plant Sci.* 14 : 469-523
- Tardieu F., 2004.** Virtual plants: modelling as a tool for the genomics of tolerance to water deficit. *Trends in Plant Science*, 8 : 9–14p.
- Tsimilli-Michael M. M., Pêcheux R. J. et Strasser. 1998.** Vitality and stress adaptation of the symbionts of coral reef and temperate foraminifers probed in hospite by the fluorescence kinetics OJ-I-P. *Archs. Sci. Genève.* 51: 205 - 240 p
- Triboï E., 1990.** Modèle d'élaboration du poids du grain chez le blé tendre. *Agronomie.* 10 : 191- 200.
- Tardieu F, 1996.** Drought perception by plant .Do cells of droughted plants experience water stress! *Plant growth regulation* 20: 93-104.
- Temagout, M. (2009).** Analyse de la variabilité de la réponse au stress hydrique chez des lignées recombinantes de Tournesol (*Helianthus annuus* L.). Mémoire de magistère. Univ. Mentouri. Constantine. 106p.
- Turner M. G., Gardner R. H., O'Neill R. V. (2001).** *Landscape Ecology in Theory and Practice.* New York: Springer-Verlag. 401 pp.
- Ullah S. M., Soja G., Gerzabek M. H. (1993).** Ion uptake, osmoregulation and plant-water relations in faba beans (*Vicia faba* L.) under salt stress. *Die Bodenkultur*, 44: 291-301.
- Vollenweider, Pierre, et Madeleine Silvia Günthardt-Goerg. 2005.** «Diagnosis of abiotic and biotic stress factors using the visible symptoms in foliage.» *Environmental Pollution* 455-465.
- Wahid, A., S. Gelani, M. Ashraf, et M.R. Foolad. 2007.** «Heat tolerance in plants: An overview.» *Environmental and Experimental Botany* 199-223.
- Wang, W., Vinocur, B., Altma, A. (2003).** Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. *Planta* (2003) 218: 1–14
- Wardlaw.I.F, Dawson .I.A, Munibi.P.M; (1989).** Tolerance of wheat to high temperature during reproductive stage. *Australian Journal research* 46: p15-24.
- Wardlaw IF., JF. Moncor, CW. Wrigley. 1998.** Heat tolerance in temperate cereals: an overview. *Aust J Plant Physiol.*, 21: 695–703.
- Yokota, A., Takahara, K., & Akashi, K. (2006).** Water stress. In *Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants* (pp. 15-39). Springer, Dordrecht.

Wang .W, Vinocur .B, Altman .A; (2003). Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. *Planta*, 218(1), 1- 14.

Zaidi C. A., Abdelkader Benbelkacem , Louhichi Brinis,2018 :*study of soft winter wheat lines in a genetic program for improved yellow rust resistance in Algeria. Rev. Sci. Technol., Synthèse 36: 21-31*

Zhang J., Nguyen H.T. et Blum A. 1999. Genetic analysis of osmotic adjustment in crop plants. *J. Exp. Bot*, 50: 291-302.

Zibouche M., Grimes C., 2016. Contribution à l'étude des flavonoïdes et de l'activité antioxydant de l'orge (*Hordeum vulgare*), Diplôme Master, Spécialité : Biochimie moléculaire et santé, Université des frères Mentouri, Constantine, 51p.

Zerafa Chafia ; Ghenai Awatef et Benlaribi Mostefa,2017 : Comportement Phénologique et MorphoPhysiologique de Quelques Géotypes d'orge et de blé. *European Scientific Journal* February 2017 edition vol.13, No.6 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431

ANNEXE

Tableau n° 07: Variation du taux de germination, des différentes variétés en fonction du temps et niveau de régime hydrique appliqué (T1, T2, T3)

variétés		Traitement	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
B.tendre	Mawna	T1 (100% CR)	48	93	99	99	99	99	99	99	99	99
		T2 (70% CR)	45	92	98	99	99	99	99	99	99	99
		T3 (40% CR)	45	83	97	98	99	99	99	99	99	99
	Hd	T1 (100% CR)	57	88	96	98	98	98	98	98	98	98
		T2 (70% CR)	50	79	94	96	98	98	98	98	98	98
		T3 (40% CR)	43	59	86	89	91	91	91	91	91	91
B.dur	Simeto	T1 (100% CR)	46	81	96	98	100	100	100	100	100	100
		T2 (70% CR)	40	74	84	93	98	98	98	98	98	98
		T3 (40% CR)	38	58	83	93	93	93	93	93	93	93
	Vitron	T1 (100% CR)	35	76	82	90	97	97	97	97	97	97
		T2 (70% CR)	32	64	77	85	94	94	94	94	94	94
		T3 (40% CR)	23	52	66	78	90	90	90	90	90	90
	Boussalem	T1 (100% CR)	40	73	97	99	99	99	99	99	99	99
		T2 (70% CR)	37	65	87	97	97	97	97	97	97	97
		T3 (40% CR)	25	64	80	96	96	96	96	96	96	96
Orge	Sougueur	T1 (100% CR)	50	98	99	99	99	99	99	99	99	99
		T2 (70% CR)	54	96	96	97	98	98	98	98	98	98
		T3 (40% CR)	25	67	90	90	90	90	90	90	90	90

Tableau n° 08: Longueur moyenne de hauteur de plante (cm) chez six géotypes de céréales soumis à différents niveaux de traitement hydrique (1mois- 2mois).

variétés		T1 (100% CR)	T2 (70% CR)	T3 (40% CR)
BT	Mawna	35	31,6	28,1
	HD	33,2	31,4	28,4
BD	SIMETO	31,5	30,4	25,2
	VITRON	30,4	27,1	25,6
	boussalem	31,2	29,2	26,2
Orge	SOUGUER	28,8	26,1	23,6

variétés		T1 (100% CR)	T2 (70% CR)	T3 (40% CR)
BT	Mawna	54,2	51,2	40,6
	HD	61	51,4	42,2
BD	SIMETO	55,6	45,8	39,2
	VITRON	46,6	42	34
	boussalem	55,6	52,4	38,2
Orge	SOUGUER	53,8	46,6	27,5

Tableau n° 09: Longueur moyenne de hauteur de plante (cm) à la maturité chez six génotypes de céréales soumis à différents niveaux de traitement hydrique.

variétés		T1 (100% CR)	T2 (70% CR)	T3 (40% CR)
BT	Mawna	56,2	33,2	26,6
	HD	63,4	59	34,6
BD	SIMETO	54,6	41,8	30,8
	VITRON	39,6	33	30,16
	boussalem	53,6	38,4	32,4
Orge	SOUGUER	57,4	50,6	36,8

Tableau n° 11: Variation de la moyenne de poids biomasse aérienne chez six variétés de céréales en fonction des niveaux de régime hydrique appliqué (T1, T2, T3)

variétés		T1 (100% CR)		T2 (70% CR)		T3 (40% CR)	
		P.frais	P.sec	P.frais	P.sec	P.frais	P.sec
BT	Mawna	7,7	3,49	6,5	3,15	5,2	2,82
	HD	7,4	3,1	5,8	2,64	4,7	2,09
BD	SIMETO	7,4	6,23	5,8	3,82	4,9	2,3
	VITRON	9,1	6,4	6,1	3,25	3,4	2,48
	boussalem	7,1	4,36	6,7	3,6	4,1	2,4
Orge	SOUGUER	8,4	5,23	7	3,9	6,3	3,1

Tableau n° 12: Valeurs moyenne de longueur (long/cm), largeur(larg/cm) et surface de feuille (Surf/cm²) à la maturité chez six génotypes de céréales soumis à différents niveaux de traitement hydrique (T1, T2, T3).

variétés		T1 (100% CR)			T2 (70% CR)			T3 (40% CR)		
		Lon	Lar	Surf	Lon	Lar	Surf	Lon	Lar	Surf
BT	Mawna	15	1,2	10,93	12,6	0,87	6,64	7,15	0,7	3,21
	HD	13,6	1	8,34	10,7	0,81	5,26	8,3	0,7	3,48
BD	SIMETO	10,3	1	6,10	9,6	0,84	4,89	7,2	0,6	2,75
	VITRON	12,1	1,1	7,86	10,6	0,68	4,38	8,6	0,5	2,71
	boussalem	14,8	1	8,62	9,7	0,65	3,83	7,3	0,5	2,35
Orge	SOUGUER	15,6	1,1	10,42	11,9	0,82	5,92	9,1	0,7	3,81

Tableau 13 : Longueur moyenne du col de l'épi à la maturité chez six génotypes de céréales soumis à différents niveaux de traitement hydrique (cm).

	variétés	T1 (100% CR)	T2 (70% CR)	T3 (40% CR)
BT	Mawna	7	5,8	4,8
	HD	6,1	4,7	3,5
BD	SIMETO	5,6	4,5	3,3
	VITRON	5,5	4,8	4,1
	boussalem	4,9	4,1	3,1
Orge	SOUGUER	4,5	3,8	3,1

Tableau 14: Longueur moyenne de l'épi à la maturité chez six génotypes de céréales soumis à différents niveaux de traitement hydrique (cm).

	variétés	T1 (100% CR)	T2 (70% CR)	T3 (40% CR)
BT	Mawna	7	5,8	4,8
	HD	6,1	4,7	3,5
BD	SIMETO	5,6	4,5	3,3
	VITRON	5,5	4,8	4,1
	boussalem	4,9	4,1	3,1
Orge	SOUGUER	4,5	3,8	3,1

Tableau n°15 : valeurs moyenne du nombre de graine par épi à la maturité chez six génotypes de céréales soumis à différents niveaux de traitement hydrique.

	variétés	T1 (100% CR)	T2 (70% CR)	T3 (40% CR)
BT	Mawna	12,5	11,5	6,1
	HD	12,1	11,4	6,5
BD	SIMETO	10,1	5,4	5,6
	VITRON	10,9	8,4	5,2
	boussalem	18,2	13,4	7,9
Orge	SOUGUER	11	10	5,6