

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

UNIVERSITÉ FERHAT ABBAS SÉTIF-1

FACULTÉ DES SCIENCES DE LA
NATURE ET DE LA VIE



جامعة فرحات عباس سطيف 1-
كلية علوم الطبيعة و الحياة

DÉPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES

N°...../SNV/2024

THÈSE

PRÉSENTÉE PAR : **LAOUAR Abdelmalek**

POUR OBTENIR LE DIPLÔME DE

DOCTORAT 3ème cycle (LMD)

FILIÈRE : SCIENCES AGRONOMIQUES

SPECIALITÉ : AMÉLIORATION DE LA PRODUCTION VÉGÉTALE

Thème

**PERFORMANCES DES ORGES ET DES TRITICALES EN CONDITIONS
DE CONTRAINTES THERMIQUE ET HYDRIQUE.**

SOUTENUE PUBLIQUEMENT LE 15/02/2024

DEVANT LE JURY

PRÉSIDENT	MADANI	Toufik	PR. UNIVERSITÉ SÉTIF-1
ENCADREUR	HAFSI	Miloud	PR. UNIVERSITÉ SÉTIF -1
EXAMINATEUR	DJEKOUN	Abdelhamid	PR. Et .DIRECTEUR DU CENTRE DE RECHERCHE EN SCIENCES PHARMACEUTIQUES CONSTANTINE
EXAMINATEUR	MEBARKIA	Amar	PR. UNIVERSITÉ SÉTIF -1
EXAMINATEUR	ROUABHI	Amar	MAITRE DE CONF-A- UNIVERSITÉ SÉTIF -1

LABORATOIRE D'AMÉLIORATION ET DÉVELOPPEMENT DE LA PRODUCTION VÉGÉTALE ET ANIMALE

(LADPVA-)

Sommaire

SOMMAIRE	
Remerciements	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
ملخص	
Résumé	
Abstract	

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

Introduction	1
CHAPITRE 1 : SITUATION DE LA PRODUCTION FOURRAGÈRE	4
1. Introduction	4
2. Situation de la Production Fourragère au Monde	4
3. Situation de la production fourragère en Algérie	5
4. Systèmes d'élevage et systèmes fourragers	6
4.1. Potentialités zootechniques	7
4.2. Bilan fourrager	8
5. Nature des sources fourragères	9
5.1. Pacages et parcours	10
5.2. Prairies naturelles	10
5.3. Chaumes et résidus de récoltes	10
5.4. Jachères fauchées	11
5.5. Fourrages artificiels consommés en sec	11
5.6. Cultures séparées :	12
5.7. Fourrages artificiels consommés en vert	12
5.8. Ensilage	13
5.9. Fourrage des régions sahariennes	13
5.10. Importations	13
6. Superficies et productions :	14
7. Déficit en fourrage	15
8. Contraintes rencontrées pour le développement des cultures fourragères	16
8.1. Contraintes techniques	16
8.2. Contraintes naturelles :	17
8.3. Contraintes socio-économiques :	17
9. Mesures incitatives pour améliorer la production fourragère	17
10. Perspectives et possibilités de développement	18
11. Conclusion	19
CHAPITRE 2 : IMPORTANCE DES CULTURES DE L'ORGE (<i>Hordeum vulgare L.</i>) ET DU TRITICALE (<i>X Triticosecale Wittmack</i>) COMME CULTURES FOURRAGÈRES	
2.1. La culture de l'orge (<i>Hordeum vulgare L.</i>)	20
2.1.1. Origine :	20
2.1.2. Classification des orges :	20
2.1.2.1. D'après sa génétique	
2.1.2.2. D'après la morphologie de l'épi	20
2.1.2.3 D'après la fertilité des épillets latéraux	21
2.1.2.5. D'après saison de culture	21
2.1.3. Répartition de la culture d'orge au monde	21
2.1.4. Répartition de la culture d'orge en Algérie	22
2.1.5. Importance de l'orge	23
2.1.6. Utilisation de l'orge	24

2.1.6.1. Utilisation en alimentation humaine	24
2.1.6.2. Utilisation industrielle :	25
2.1.6.3. Utilisation en alimentation des ruminants	25
2.1.6.4. Utilisation en alimentation avicole	25
2.1.7. Ressources génétiques des orges en Algérie.....	25
2.2. La culture du Triticale (X Triticosecale Wittmack)	26
2.2.1. Introduction.....	26
2.2.2. Histoire, Origine et Génétique du Triticale : Un croisement pionnier entre blé et seigle.....	26
2.2.3. Production, Surface et Aires de culture au monde et en Algérie :	27
2.2.3.1. Le triticale dans le monde.....	27
2.2.3.2. Le triticale en Algérie	27
2.2.4. Importance, utilisations et valeurs du triticale.....	28
2.2.4.1. Importance du triticale.....	28
2.2.4.2. Utilisations du triticale	28
b- Le triticale d'hiver,	29
c- Les types intermédiaires ou facultatifs.....	29
2.2.4.2.1. Utilisations du triticale en nutrition humaine.....	29
Farine et produits à base de triticale.	29
2.2.4.2.2. Utilisation industrielles du triticale	30
2.2.4.2.3. Utilisation du triticale comme pâturage	30
2.2.4.2.4. Utilisation du triticale dans l'alimentation des monogastriques.....	31
2.2.4.2.5. Utilisation du triticale dans l'alimentation des ruminants.....	31
2.2.4.2.6. Utilisation du triticale dans l'alimentation des volailles.....	31
2.2.4.2.7. Utilisation du triticale comme ensilage :	32
2.2.4.2.8. Utilisation du triticale pour la production de paille et de foin.....	32
2.2.4.2.9. Utilisation du triticale pour équilibrer les rations fourragères.....	32
2.2.5. Valeur nutritive du grain du triticale	33
2.2.5.1. Propriétés physico-chimiques du grain triticale.....	35
2.2.6. Potentialités de la culture du triticale.....	35

CHAPITRE 3 : DÉFIS POSÉS PAR LE STRESS HYDRIQUE ET THERMIQUE POUR LES CULTURES D'ORGE ET DE TRITICALE.

3.1. Introduction.....	36
3.2. Contexte biophysique stressant pour les cultures d'orge et du triticale. ...	38
3.3. Caractéristiques de la Zone des Hauts Plateaux de Sétif.....	39
3.3.1. Étude fréquentielle de la sécheresse de la région de Sétif	39
3.4. Stress abiotiques et les cultures d'orge et du triticale.....	41
3.4.1. Stress hydrique.....	41
3.4.1.1. Effets du stress hydrique	42
3.4.1.1.1. Phases du stress hydrique.....	42
3.4.1.1.2. Effets du stress hydrique au stade de croissance végétative	42
3.4.1.1.3. Effets du stress hydrique au stade de reproduction	43
3.4.1.1.4. Effets du stress hydrique sur le développement racinaire.....	43
3.4.1.1.5. Effet du stress hydrique sur la photosynthèse.....	44
3.4.1.2. Mécanismes d'adaptation aux stress hydrique	44
Généralités et Rappels.....	44
3.4.1.2.1. Classifications des réponses au stress :	44
• Échappement ou esquivé.....	44
• Évitement de la déshydratation ou résistance.....	44
• Tolérance à la déshydratation :	45
3.4.1.2.2. Types d'adaptations au stress hydrique.....	45
3.4.1.2.2.1. Adaptations phénologiques.....	45
3.4.1.2.2.2. Adaptations morphologiques.....	45
3.4.1.2.2.3. Adaptation physiologiques et critères indicateurs de tolérance au stress	
a- Régulation stomatique.....	46
b- Teneur relative en eau (TRE)	47
c- Maintien et stabilité de la membrane cellulaire lors du stress	47

d- Efficacité de l'utilisation de l'eau.....	48
3.4.1.2.4. Adaptation biochimique.....	48
a- Ajustement osmotique.....	48
b- Accumulation de solutés ou d'osmolytes.....	48
c- Accumulation de la proline.....	48
d- Accumulation de sucres solubles.....	49
e-Photosynthèse.....	49
f- Sénescence.....	49
g- Réflectance foliaire.....	50
4. Stress thermique et les cultures d'orge et du triticale.....	50
3.4.2. Effets du stress thermique.....	50
3.4.2.1. Effets des hautes températures.....	51
a- Effets au stade végétatif :	51
b- Effets au stade de reproduction (anthèse)	51
c- Effet sur le remplissage des grains.....	51
d- Effet sur la teneur en chlorophylle	51
e- Effet sur la sénescence	52
3.4.2.1.2. Effet des Gelées et basses températures	52
3.4.2.2. Mécanismes d'adaptation au stress thermique.....	53
A-Adaptations morphologiques au stress thermique.....	53
B-Adaptations physiologiques au stress thermique.....	53
3.4.3. Autres types de stress	54
3.4.3.1. Stress salin	54
3.4.3.2. Éclaircissement.....	54
3.4.3.3. Toxicité minérale.....	54
3.4.3.4. Carences en micronutriments	54
3.5. Stress Biotiques : Ravageurs et maladies.....	54
3.6. Association et combinaison des stress.....	55

CHAPITRE 4 : EXPLOITATION À DOUBLE FINS DES CULTURES D'ORGE ET DU TRITICALE

4.1. Introduction.....	57
4.2. Facteurs influençant la double exploitation.....	57
4.2.1- Stade de pâturage ou de coupe.....	57
- Une coupe en phase végétative.....	57
-Une coupe en phase reproductrice	58
4.2.2- Intensité et fréquence de défoliation	58
4.2.3- Choix des espèces et variétés.....	58
4.2.4-Précocité des cultivars	59
4.2.5-Le climat	59
a-Conditions pluviométriques	59
b-Conditions irriguées.....	59
4.2.6-Fertilité du sol et application d'azote.....	59
4.2.7-Date de semis	59
4.2.8- Densité de semis	60
4.3. Impacts de la pratique de la double exploitation.....	60
4.3.1- Impacts économiques	60
4.3.2. Impacts sur la régénération et Morphogenèse.....	60
4.3.2.1.Facteurs influençant la morphogenèse.....	61
4.3.3. Impacts sur la plante.....	62
a- Impacts sur la réduction du rendement et ces composantes.....	62
b- Impacts sur l'indice de récolte.....	62
c- Impacts sur la fertilité épi	62
d- Impacts sur le PMG.....	62
e- Impacts sur la production en biomasse.....	62
f -Impacts sur la production de paille.....	62
g-Impacts sur la qualité du grain et du fourrage.....	63

h- Impacts sur la digestibilité et performance animale.....	63
---	----

CHAPITRE 5 : OBSERVATION AU MICROSCOPE À BALAYAGE ÉLECTRONIQUE (MEB) ET ANALYSE AUX RAYONS X DE LA FEUILLE DRAPEAU DU TRITICALE DURANT PHASES DE SÉNESCENCE

5.1. Introduction.....	64
5.2. Le microscope à Balayage électronique (MEB)	64
5.2.1. Principe et fonctionnement.	64
5.2.2. Domaines d'utilisation.....	65
5.3. Magnésium constituant de la chlorophylle et indicateur du degré de tolérance au stress	
5.4. Effet du stress hydrique sur le taux de chlorophylle.....	66
5.5. Effet du stress thermique sur le taux de chlorophylle	66
5.6. Les stomates.....	66
5.6.1. Densité Stomacale.....	67
5.6.2. Taille des stomates.....	68
5.6.3. Caractéristique stomatique et sélection génétique.....	68
5.6.4. Fonctionnement des stomates.....	69
5.6.5. Système stomatique et adaptations au stress.....	69
5.6.6. Protection des stomates par des poils et trichomes	69

PARTIE EXPÉRIMENTALE

Expérimentation I

Comportement de la culture du triticale dans les conditions méditerranéennes de sécheresse

1.1. INTRODUCTION.....	72
1.2. Matériel et Méthodes.....	72
1.2.1. Protocole expérimental.....	72
1.3. Mesures agronomiques et physiologiques.	73
1.3.1 Indice de récolte.....	73
1.3.2 Teneur relative en eau.....	74
1.3.3. Efficacité de l'utilisation de l'eau (EUE)	74
1.3.4. Thermostabilité de la membrane cellulaire (TSC)	74
1.3.5. Surface foliaire spécifique.....	75
1.3.6. Sénescence.....	75
1.4. Résultats et discussion.....	76
1.4.1. Analyses statistiques.....	76
1.4.2. Conditions climatiques.....	76
1.4.3. Comparaison des moyennes et corrélation entre les caractères	76
1.4.3.1. Traits agronomiques.....	77
1.4.3.2. Traits morphologiques et physiologiques.....	79
1.4.4. Corrélation linéaire.....	82
1.4.5. Clustering et regroupement des caractères agro-physiologiques.....	82
1.4.6. Analyse en composantes principales.....	83
1.5. Conclusion.....	85

Expérimentation 2

Exploitation à double fins des cultures d'orge et du triticale

2.1. Introduction.....	86
2.2. Matériel et méthode.....	86
2.2.1-Description du site expérimental.....	:86
2.2.2. Mode opératoire.....	86
2.2-Résultats	87
2.2-1-Description climatique.....	87
2.2-2-Analyse statistique.....	88
2.2-2-1-Comparaison des moyennes.....	88

2.2-2-2-Analyse en composantes principales.....	89
2.3-Discussion	91
2.3-1-Moyennes de la variable génotype	91
2.3-2-Moyennes de la variable coupe	93
2.3-3-Effets de la coupe et de sa période sur les paramètres agronomiques	94
2.3-3-1-Augmentation de disponibilité de fourrage.....	94
2.3-3-2-Réduction du rendement et ces composantes	94
2.3-4-Effet de la coupe et sa date sur les réponses et sensibilités variétales	95
2.4- Approche économique	98
2.5. Conclusion.....	99

Expérimentation 3

Observation au microscope à balayage électronique et analyse par fluorescence à rayons X de la feuille drapeau du triticale à durant la phase de sénescence

3.1. Introduction.....	101
3.2. Matériel et méthodes.....	101
3.2.1. Métallisation.....	101
3.2.2. Observation au microscope électronique à balayage (MEB) et analyse par Fluorescence à Rayons X (EDX)	101
3.3. Résultats et discussions.....	103
3.3.1. Résultats des observations morphologiques de la feuille du triticale par MEB	103
3.3.2. Manifestation de signes de sénescence	104
3.3.3. Résultats des analyses chimiques par rayons X ou EDX.....	105
3.3.4. Dénombrement des stomates.....	107
3.3.5. Longueurs des pores stomatique.....	107
3.4. Conclusion.....	107
Conclusion Générale.....	108

LISTE DES ABRÉVIATIONS

BA: biomasse à l'anthèse,
C.B. : cellulose brute
CEE : capacité d'échange cationique
Chl : chlorophylle
CIMMYT: International Maize and Wheat Improvement Center,
Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo
Cm: centimètre
Co2: Dioxyde de carbone
Cu: cuivre
Cv : coefficient de variation
°C: Degré Celcius
DA: Dinar Algérien
Dim: dimension
EAC: exploitation agricole collective
EAI: exploitation agricole individuelle
EUE : efficacité de l'utilisation de l'eau
FAO: Food and Agriculture organisation
GPC: grain proteins content,
ha: hectare
HCDS: Haut-commissariat de la steppe
IR: Indice de récolte
ISF: Indice de surface foliaire
ITGC: Institut technique des grandes cultures
ITMA: Institut Technique Agricole Moyen
Kg: Kilogramme
Kv : kilovolt...
l: litre
lég : légumineuse
M : Million
MAT: matière azotée totale
M.A.D.R Ministère de l'agriculture et du développement rurale
M.S : matière sèche
M.V: matière verte et
MEB: Microscope électronique à balayage
Mg: Magnésium
Mt : million de tonne
Nbre: nombre
Né/m2: nombre d'épis par m²,
NGE: Nombre de grains par épi
ns: non significatif,
ns: not significant,
NT: talles/m²,
ONM (Office National de Météorologie)
PCA:
Plnt/m2: plants par mètre carré
PMG: Poids de mille grains
PNDA: Plan National de Développement Agricole
Ppds : Plus petite différence significative
PS II : Photosystème II
q/ha : Quintaux par hectare
q: quintal
RDT paille: rendement paille
RDT: Rendement grain
S50: Somme des température pour 50% de senescence,
SAU surface agricole utile
SFS : surface foliaire spécifique

SPAD: Soil Plant Analysis Developpement

T : tonne

TRE : teneur relative en eau

TRE: Teneur relative en eau

TS: Taux de senescence

TSC : thermo stabilité de la membrane cellulaire

TSM: Thermo stabilité membranaire

TV: Taux de vélocité

UF d'unité Fourragère

UF : Unité fourragère

Um : micro mètre

V: variety

LISTE DES TABLEAUX

- Tableau 1.** Calendrier alimentaire du cheptel ovin et bovin.
- Tableau 2.** Effectifs du cheptel en Algérie pour l'année 2010.
- Tableau 3.** Bilan fourrager année 2006-2007
- Tableau 4.** Estimation de la production en (10^3 d'U.F des différentes ressources fourragères en Algérie)
- Tableau 5.** Estimations des besoins, en 10^3 d'U.F, du cheptel Algériens
- Tableau 6.** Répartition des superficies fourragères et pastorale en Algérie en 2007
- Tableau 7 :** Les principaux pays producteurs d'orge
- Tableau 8 :** Principaux Pays Producteurs De Triticale Au Monde
- Tableau 9.** La composition en acides aminés dans le grain de triticale.
- Tableau 10 :** La composition en minéraux du grain de triticale
- Tableau 11** Composition chimique comparative et valeur énergétique du triticale et d'autres céréales en Europe (g / kg de matière sèche)
- Tableau 12 :** Sécheresse mensuelle enregistrée sur une période de 20 ans (1990-2010)
- Tableau 13 :** Fréquence du nombre annuel de mois secs ($P < 2T$) sur une période de 20 ans (1990-2010)
- Tableau 14 :** Fréquence mensuelle de sécheresse ($P < 2T$) sur une période de 20 ans (1990-2010)
- Tableau 15 :** Écarts entre les besoins en eau et la pluviométrie du cycle de la culture de blé dur de la région de Sétif.
- Tableau 16 :** Principales contraintes biotiques de la production de triticale.
- Tableau 17 :** Pedigree des lignées évaluées
- Tableau 18 :** Moyennes des caractères agronomiques et importance de l'effet génotypique (EG)
- Tableau 19 :** Moyennes des caractères physiologiques, de la teneur en protéines et taux de signification de l'effet génotype
- Tableau 20:** Correlations entre les moyennes des différentes mesures
- Tableau 21 :** Matériel végétal utilisé
- Tableau 22 :** valeurs moyennes des traits agronomiques, et niveau de signification de l'effet variété et coupe.
- Tableau :23:** Corrélation entre moyennes des différents paramètres mesurés
- Tableau 24 :** Résultats des moyennes et des écarts extrêmes pour les différents paramètres :
- Tableau 25 :** Moyennes générales de la variable coupe pour les différents paramètres.
- Tableau 26 :** Pourcentages des effets des coupes sur les paramètres de rendements et ses composantes.
- Tableau 27 :** Résultats d'analyse chimique par EDX de 8 échantillons de feuilles drapeau prise au cours de la période de remplissage grain

LISTE DES FIGURES

- Figure 1.** Évolution des superficies des packages et parcours période (1998-2007)
- Figure 2** Évolution des superficies et productions de l'orge au monde période 1994-2021
- Figure 3 :** Évolution des superficies et productions de l'orge en Algérie 1994-2021
- Figure : 4.** Évolution des rendements de l'orge en Algérie (2000 / 2021) (MADR, 2021).
- Figure 5 :** Pays touchés par le stress hydrique (2009-2007)
- Figure 6.** Niveaux de stress par région du monde
- Figure 7.** Carte des pluies moyennes du nord de l'Algérie source
- Figure 8 :** a température moyenne en Algérie 1959-2005. b Carte pluviométrique de la wilaya de Sétif
- Figure 9 :** Gammes de températures favorables et défavorables (stressantes) pour la culture du blé
- Figure 10 :** Plantes exposées à une combinaison de stress abiotiques.
- Figure 11 :** Précipitations et température moyenne pendant la saison de culture 2018-2019 à Sétif (Algérie) (a) et déficit hydrique mensuel estimé selon la méthode de Doorenbos et al. (1979) (b).
- Figure : 12.** Clustering et regroupement des caractères agro-physiologiques
- Figure : 13.** L'analyse en composantes principales pour le caractère variétal
- Figure : 14.** L'analyse en composantes principales pour les variables
- Figure : 15.** L'analyse en composantes principales pour les caractères variétaux et individuels
- Figure 16 :** Diagramme ombro thermique campagne 2019-2020
- Figure 17 a :** Dendrogramme pour les variétés d'orge. **b** Dendrogramme pour les variétés de triticale.
- Figure 18 :** Analyse en composantes principales (variable : paramètres agronomiques).
- Figure 19 :** Analyse en composantes principales (variable : variété)
- Figure 20 :** Classification variétale de la production de biomasse et de la matière sèche par rapport aux moyennes générales des deux coupes.
- Figure 21 :** Augmentations des taux de production de fourrage par décalage du stade de coupe.
- Figure 22 :** Taux d'affectation et d'effets des coupes sur les paramètres étudiés par rapport au témoin.
- Figure 23 :** Classement des sensibilités variétales vis à vis au stade de la coupe (Taux % de réduction du rendement grain par rapport au témoin T0).
- Figure 24 :** Classement des sensibilités variétales vis à vis au stade de la coupe (Taux % de réduction du rendement paille par rapport au témoin T0).
- Figure 25 :** Classement des sensibilités variétales vis à vis du stade de la coupe (Taux % de réduction des paramètres épi/m², Grain/épi et Hauteur de la paille: **C1/T0**).
- Figure 26 :** Classement des sensibilités variétales vis à vis du stade de la coupe (Taux % de réduction des paramètres épi/m², Grain/épi et hauteur de la paille : **C2/T0**).
- Figure 27 :** Différences variétales des revenus économiques en DA/ha relatives à l'exploitation des cultures.
- Figure 28 :** Différences de revenus entre les différentes pratiques d'exploitation des cultures.
- Figure 29 :** Mode opératoire des différentes étape de préparation des échantillons pour l'observation au

MEB

Figures :29 a-b-c- Feuilles de triticales prises au cours de la phase de remplissage a, Préparation des échantillons 1 cm² pour observation sous MEB b,c.

Figures : 29 a-b-c : Préparation des échantillons pour la métallisation : a,b échantillons avant métallisation, c échantillons après métallisation avec une couche en Or

Figures : 29 a-b-c- métallisation et couverture des échantillon par une couche mince en or a, b, photo MEB c.

Figures : 29 a-b-c- Introduction des échantillon au MEB et observation à différentes agrandissements a, images sur écran ordinateur

Figure 30 : observation de la face supérieur de la feuille du triticales structures et extension rugueuse de surface $x=5000$.

Figure : 31 observations sur la face de la feuille de lignes de stomates parallèles chacune est protégée par deux trichomes agrandissement $x=150$

Figure : 32 a Cellules de gardes des stomates très serrées agrandissement $x=500$, b Trichomes protégeant un stomate avec les cellules de gardes bien fermées agrandissement $x=1000$

Figure : 33 a observation du trichome de la stomate avec la pointe brisée agrandissement $x=3700$, b altération du tissus de la feuille et apparition de fibres sur la paroi agrandissement $x=5000$

Figure : 34 a Début d'altération du tissus de la feuille, b altération totale agrandissement $x=2000$ du tissus de la paroi de la feuille et apparition des fibres du tissu conjonctif de l'intérieur

Figure 35 Micro graphes de résultats d'analyse d'éléments constituant la feuille
Spectre EDX

Remerciements

*Je tiens à exprimer ma gratitude à mon directeur de thèse, le **Professeur HAFSI MILOUD**, pour ses précieux conseils, son encouragement et sa patience. Ces années ont été pour moi très enrichissantes, tant sur le plan scientifique que sur le plan humain. Qu'il trouve ici l'expression de toute ma reconnaissance, de mes vifs remerciements et de ma respectueuse considération.*

*Je remercie également **Professeur Toufik Madani** enseignant chercheur à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie à l'université de Sétif 1, qui m'a fait l'honneur de présider mon jury.*

Je remercie aussi les membres de jury qui m'ont fait l'honneur d'évaluer ce travail :

***Professeur Professeur Djekoune Abdelhamid**, Directeur du centre de Recherche en Sciences Pharmaceutiques, Constantine ;*

*Professeur **Mebarkia Amar**, enseignant chercheur à l'UNIVERSITE de SÉTIF1*

*Docteur **Rouabhi Amar**, Maître de conférences-A- à l'UNIVERSITE de SÉTIF1*

*Je présente ma gratitude au Professeur **Djenane Abdelmadjid** (Ancien Recteur de l'UFASI)*

*Au Professeur **Gharzouli Rachid** (Ancien Doyen de la Faculté SNV de l'UFASI) et à*

*Mr : **Zaghouane Omar** (Ancien Directeur générale de l'ITGC, Alger)*

PARTIE 1

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

ملخص

يعتبر إنتاج الأعلاف المحور و المحرك الرئيسي في نجاح الانتاج الحيواني و الذي يعتبر جزءا لا يتجزأ من أنظمة الإنتاج. تشهد الجزائر في السنوات الأخيرة انعكاس آثار التغير المناخي خاصة في المناطق شبه الجافة والجافة ، هذه الأخيرة تختص بشكل رئيسي في انتاج الحبوب و الاعلاف التي تعتمد أساسا على التساقط . هذه الاعلاف هي عرضة لتأثيرات العوامل المناخية خاصة الإجهاد المائي و الإجهاد الحراري. و الذي هو محل هذه الدراسة و التي تتطرق الى الجوانب المتعلقة بتأثر مزروعات الشعير و التريتيكال بمثل هذه الاجهادات

منطقة السهول المرتفعة بسطيف تحيز على نسبة كبيرة من المساحات المخصصة للحبوب و الاعلاف و هي ليست بمنأى من التأثيرات السلبية لعوامل الاجهاد المائي و الحراري و التي تعد من بين اسباب تدهور انتاج هذه المزروعات على الرغم من كل الجهود المبذولة لتحسينه، إلا أن مردودها لا يزال منخفض ولا يلبى الاحتياجات المتزايدة للقطيع حيوانات الغنم ، الابقار... هذا البحث له أهدافا تتمثل في دراسة تأثيرات الاجهادات المائية و الحرارية على مجموعة من اصناف الشعير و التريتيكال تم الحصول عليها من المعهد التقني للمحاصيل الكبرى و كذا من المركز الدولي لتطوير زراعات الذرة و القمح المتواجد بدولة المكسيك. CIMMYT

عدة مناهج اتبعت في هذه الدراسة من بينها الخصائص الفزيولوجية و المرفولوجية و كذا مدى تفاعل و تاقلم هذه الاصناف تجاه الاجهادات السالفة الذكر.

من بين الجوانب الاخرى التي شغلتها هذه الدراسة طريقة الرعي او القطع المبكر لمزروعات الشعير و التريتيكال (المعروفة باسم الكسيل) و ابراز مدى تحمل مثل هذه الاصناف لعملية القطع واحدة مبكرة و الثانية متأخرة

ما اتاحت لنا فرصة استعمال المجهر الالكتروني و معاينة لورقة العلم لصنف من التريتيكال اثناء فترة تعميم الحبوب و متابعة فترة الشيخوخة لهذه الورقة و متابعة ضمور عنصر المنيزيوم Mg المكون للون الاخضر للنبات اثناء هذه الفترة، اضافة الى ملاحظة خصائص سطح الورقة و الدراسة الدقيقة لعدد و حجم ثغور الورقة التي تلعب ادوار فيسيولوجي اساسية في تعديل عملية النتج، التركيب الضوئي و مقاومة مختلف الاجهادات

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها من خلال تجربة دراسة ملائمة اصناف التريتيكال ان تلك التي تحتوي على عدد أكبر من الاشطاءات، السنابل و الحبوب في كل سنبل و مؤشر مساحة الأوراق و محتوى الأوراق من اليخضور (الكلوروفيل) أنتجت المزيد من الحبوب و استخدام المزيد من الماء بشكل فعال في مواجهة الجفاف و الإجهاد الحراري في فترة ما بعد- مرحلة التحليق. بالإضافة إلى ذلك ، فإن المحتوى العالي من الكلوروفيل و المحتوى المائي النسبي المرتفع و الحفاظ على استقرار غشاء الخلية يؤخر الشيخوخة و مرحلة ملء الحبوب لفترات طويلة. كما ارتبط المحتوى المائي النسبي بارتفاع نسبة البروتين في الحبوب. قيم هذا العمل هذه المجموعة من الخطوط الثلاثية و حدد السمات المرتبطة بشكل إيجابي بإنتاجية الحبوب و كفاءة استخدام المياه في منطقة البحر الأبيض المتوسط.

أظهرت تجربة القطع او الرعي المبكر و المتأخر للاصناف المدروسة بان عملية القطع المبكرة اعطت نتائج جيدة أما تلك المتأخرة فقد اثرت كثيرا على المردود و مكوناته لجميع الاصناف. كما بينت التجربة بان هناك اختلاف في ردة فعل الاصناف من بينها اصناف فوارة، تيشدرت، بربروس و الباهية من جانب الشعير التي اعطت نتائج مقبولة خاصة في القطع المبكر بينما اظهرت اصناف تيسة و رحمة ذات الصفين حساسية كبيرة لعملية القطع اما بالنسبة لاصناف التريتيكال المدروسة اظهرت النتائج تباين في تحمل عملية القطع

الكلمات المفتاحية الجفاف الإجهاد الحراري مزروعات الشعير أصناف التريتيكال، عملية الرعي او القطع ، متابعة عملية شيخوخة ورقة العلم تحت المجهر الالكتروني

ABSTRACT

Feed production is the main axis and the main engine in the success of animal production, which is an integral part of production systems. In recent years, Algeria has been witnessing the reversal of the effects of climate change, especially in semi-arid and arid regions, the latter specializing mainly in the production of cereals and feed, which depends mainly on precipitation. These feeds are susceptible to the effects of climatic factors, especially water stress and thermal stress. Which is the subject of this study, which touches on aspects related to the impact of barley and triticale crops with such stresses

The area of the High Plains in SETIF is characterized by the large areas allocated for cereals and feed, which is affected by the negative effects of water and thermal stress factors. These are among the reasons for the low production of crops, despite all efforts to improve it, but their yield is still low and does not meet the increasing needs of the herd sheep, cows... This research has the objectives of studying the effects of water and thermal stresses on a group of barley and triticale varieties obtained from the Crop Field Institute, as well as from the International Center for the development of corn and wheat crops located in the state of Mexico, CIMMYT.

Several approaches, were followed in this study, including the physiological and agronomical characteristics, as well as the extent of interaction and adaptation of these species to the aforementioned stresses.

Among other aspects, this study focused on the method of dual purpose of barley and triticale crops and highlighting the tolerance of such varieties to the cutting process (cutting early and late).

We had the opportunity to use a MEB microscope for the observation of the senescence process (during the period of grain filling) of the flag leaf of one triticale variety brought from CIMMYT. The follow the aging period and follow the atrophy of Mg element menesium component of the chlorophyll of plant, in addition to observing the characteristics of leaf surface.

The results obtained through the experiment of studying suitable varieties of triticale showed that those with a larger number of spikelets, spikes and grains per spike, leaf area Index and chlorophyll leaf content produced more grains and used more water effectively in face of drought and heat stress in the post anthesis phase. In addition, the high content of chlorophyll, high relative water content and maintaining the stability of the cell membrane delay aging and the phase of prolonged grain filling. The relative water content was also associated with a high protein content in cereals. This work evaluated this set of parameters and identified the characteristics positively related to grain productivity and water efficiency in Mediterranean region.

The experience of cutting or early and late grazing of the studied varieties showed that the early cutting process gave good results, while the late ones greatly affected the yield and its components for all varieties. The experiment also showed that there are differences in the reaction of varieties, including Fouara, Tichdert, Barbaros and Bahia varieties of barley, which gave acceptable results, especially in early cutting, while the two-row TISA and Rahma varieties showed great sensitivity to the cutting process. For the studied triticale varieties, the results showed a difference in the tolerance of the cutting process.

RÉSUMÉ

La production de fourrage est l'axe principal et le moteur de la réussite de la production animale, qui fait partie intégrante des systèmes de production. Depuis quelques années, l'Algérie assiste aux effets du changement climatique, notamment dans les régions semi-arides et arides, ces dernières étant spécialisées principalement dans la production de céréales et d'aliments pour animaux, qui dépendent essentiellement des précipitations. Ces cultures fourragères sont sensibles aux effets des facteurs climatiques, en particulier le stress hydrique et le stress thermique. C'est l'objet de cette étude, qui aborde les aspects liés à l'impact de ces stress sur les cultures d'orge et de triticale.

La zone des Hautes Plaines de Sétif est caractérisée par les grandes superficies allouées aux céréales et aux fourrages, qui est affectée par les effets négatifs des facteurs de stress hydrique et thermique. Ces facteurs sont parmi les raisons de la faible production des cultures, malgré tous les efforts déployés pour l'améliorer, mais leur rendement reste faible et ne répond pas aux besoins croissants du cheptel ovin, bovin... Cette recherche a pour objectifs d'étudier les effets des stress hydriques et thermiques sur un ensemble de variétés d'orge et de triticale reçues de l'Institut des Grandes Cultures, et du CIMMYT (Centre International pour le développement des cultures de maïs et de blé situé au Mexique).

Le suivi de la période de sénescence et de l'atrophie de l'élément Mg_magnésium composant la chlorophylle de la plante, en plus de l'observation des caractéristiques de la surface foliaire ont été objet d'une observation au microscope électronique à balayage ainsi qu'à une analyse au rayons X (EDX).

Les résultats obtenus par l'expérience d'étude des variétés de triticale ont montré que celles qui ont un plus grand nombre d'épillets, d'épis et de grains par épi, un indice de surface foliaire et un contenu foliaire en chlorophylle produisent plus de grains et utilisent plus efficacement l'eau durant la sécheresse et au stress thermique durant la phase de post anthèse. En outre, la teneur élevée en chlorophylle, la teneur élevée en eau relative et le maintien de la stabilité de la membrane cellulaire retardent le vieillissement et la phase de remplissage prolongé des grains. La teneur en eau relative est également associée à une teneur élevée en protéines dans les céréales. Ce travail a évalué un ensemble de paramètres et a identifié des caractéristiques positivement liées à la productivité des grains et à l'efficacité de l'eau dans la région méditerranéenne.

L'expérience de la double exploitation ou du pâturage précoce et tardif soumise aux variétés étudiées a montré que la coupe précoce donnait de bons résultats, tandis que celle effectuée tardivement affectait considérablement le rendement et ses composantes pour l'ensemble des variétés. L'expérience a également montré qu'il existe des différences dans les réponses variétales, les variétés d'orge Fouara, Tichdert, Barbaros et Bahia, qui ont donné des résultats acceptables, en particulier pour la coupe précoce, tandis que les variétés TISA à deux rangs et RAHMA ont montré une grande sensibilité au processus de coupe. Pour les variétés de triticale étudiées, les résultats ont montré des différences dans la tolérance aux coupes.

Introduction Générale

Selon les statistiques et prédictions récentes (Lal R. et al., 1995), il est estimé qu'à l'horizon 2050, la population mondiale atteindra 9 milliards d'individus. Avec les moyens de production agricole actuels, il serait nécessaire de consommer environ 113 000 millions de barils de pétrole par an pour nourrir cette population. Les réserves de pétrole s'épuiseront malheureusement, en moins de 12 ans. Des études des auteurs précités ont révélé que les émissions de CO₂, contribuant à hauteur de 50% à l'effet de serre, sont principalement dues à l'activité agricole, représentant plus de 23% des émissions totales. Les modèles climatiques mondiaux prévoient un réchauffement important de la région méditerranéenne d'ici 2050, avec des augmentations de température estimées entre 2°C et 3°C d'ici 2100 (Christensen et al., 2007). Ces modèles appliqués spécifiquement à l'Algérie (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007) prévoient une augmentation moyenne de la température de 0,8°C à 1,1°C et une réduction des précipitations de 10% (Sahnoune et al., 2013). Ces changements climatiques entraîneront également une augmentation des épisodes de sécheresse. Face à ces défis, l'agriculture mondiale doit opérer une véritable révolution pour s'adapter à la mondialisation, à la demande croissante des consommateurs pour des produits sains et de qualité, et aux préoccupations des scientifiques et de la société civile en matière de préservation de la planète.

L'Algérie, le plus grand pays d'Afrique, est confrontée à des contraintes biophysiques spécifiques. Près de 90% de son territoire est occupé par le Sahara et la steppe. Le pays est caractérisé par trois grands ensembles biophysiques distincts : le Tell bordant la mer Méditerranée, la région des Hauts Plateaux et des Hautes Plaines (représentant seulement 1/5 de la superficie totale) (MADR, 2006).

Sur le plan climatique, l'Algérie présente un gradient marqué du Nord vers le Sud et de l'Est vers l'Ouest, avec une diminution de la pluviométrie et une augmentation des températures. Le climat du pays est semi-aride à aride, caractérisé par des précipitations peu abondantes et irrégulières, des températures élevées en été et des hivers doux. Les régions les plus arides, du Sud, reçoivent moins de 100 mm de précipitations par an, tandis que les régions côtières et les montagnes de l'Atlas bénéficient de précipitations plus abondantes allant jusqu'à 400 mm par an (Baldy, 1974).

En raison de sa position géographique, l'Algérie ressentira davantage les effets des changements climatiques, notamment une diminution des disponibilités en eaux superficielles et souterraines, une modification du calendrier agricole, une diminution de la production agricole moyenne, une réduction de la biodiversité due à la dégradation des espèces végétales, une aggravation de l'érosion et de la salinisation des sols, ainsi qu'une forte contrainte sur la steppe. Une hausse de la température de 1°C entraînerait un déplacement agroclimatique de 100 km vers le Nord (Rouabhi et al., 2018).

L'Algérie, qui était autrefois un pays exportateur de céréales, est désormais parmi les principaux importateurs mondiaux de blé dur, compromettant ainsi sa sécurité alimentaire et sa souveraineté. Les céréales, en particulier le blé dur, occupent une place prépondérante dans les préoccupations des autorités publiques, étant donné qu'elles constituent la base de l'alimentation des Algériens. Des efforts sont

déployés pour augmenter les niveaux de production et de rendements afin de répondre aux besoins de la population, mais les cultures fourragères sont négligées, entraînant une pénurie de produits d'origine animale. La faible production fourragère a un impact négatif sur l'élevage, ce qui se traduit par une augmentation des prix des produits animaux et des viandes, inaccessibles pour la classe moyenne algérienne (MADR, 2006).

À titre indicatif, la consommation annuelle moyenne de viande dans le monde est d'environ 42,9 kg/hab et atteint 80 kg dans les pays développés. En Algérie, la consommation de viande par habitant et par an est bien inférieure, ne dépassant pas 14,4 kg et étant encore plus faible dans certains pays sous-développés, inférieure à 10 kg (Anonyme, 2022).

La dépendance vis-à-vis des importations massives de fourrages pour combler le déficit fourrager est une réalité en Algérie. La production fourragère repose principalement sur des méthodes extensives, utilisant la jachère et les parcours (Zatout et al., 1989). Les cultures fourragères céréalières en Algérie sont limitées aux espèces d'orge et d'avoine, avec une diversité très limitée.

Cette situation de faible production fourragère n'est pas inévitable. En effet, il existe des possibilités de diversité génétique des espèces et des variétés de plantes fourragères, ainsi que des pratiques culturales et techniques de production pouvant remédier à cette situation. Par conséquent, l'objectif de cette étude est de mettre en évidence les performances de l'orge et du triticale, ainsi que les moyens et méthodes innovants pour leur exploitation. Cette étude abordera également les aspects éco-physiologiques et le comportement de ces espèces face aux contraintes telles que le stress hydrique et les variations de température caractérisant la région des hauts plateaux. De plus, la méthode d'exploitation à double fins de ces cultures sera prise en compte.

Les parties qui composent cette thèse sont deux parties la première est bibliographique la seconde est expérimentale la structure est composée ainsi :

Partie Bibliographique :

- Une introduction sur les défis mondiaux de l'agriculture et l'impact des changements climatiques et le contexte agricole en Algérie et ses contraintes spécifiques.
- Chapitre 1 : La situation des cultures fourragères dans le monde et en Algérie.
- Chapitre 2 : Importance des cultures de l'orge et du triticale comme culture fourragère.
- Chapitre 3 : Défis posés par le stress hydrique et thermique pour les cultures d'orge et de triticale.
- Chapitre 4 : Exploitation à double fins des cultures d'orge et du triticale.
- Chapitre 5 : utilisation du MEB pour l'étude des propriétés ultra structurales et chimique de la feuille étendard du triticale

Partie Expérimentale :

Expérience 1 : Les résultats d'un premier essai sur le comportement de vingt lignées de triticale dans les conditions des hautes plaines de Sétif.

Expérience 2 : Essai de la réponse de quelques variétés d'orge et de triticale à la pratique de la double exploitation

Expérience 2: L'importance de l'utilisation du microscope électronique à balayage et de la Spectrométrie

par Dispersion d'Énergie des Rayons X (EDX).

CHAPITRE I

SITUATION DE LA PRODUCTION FOURRAGÈRE

1. Introduction :

La production de cultures fourragères est le principal moteur de l'amélioration de la nutrition des herbivores et, par conséquent, de la productivité des systèmes d'élevage. En outre, elle joue un rôle essentiel dans la durabilité des systèmes agricoles mixtes qui intègrent à la fois la production végétale et animale (Klein et al., 2014).

2. Situation de la Production Fourragère au Monde :

Les cultures fourragères sont cultivées dans diverses régions du monde, avec une part importante en Amérique du Nord, en Amérique du Sud, en Europe, en Asie et en Océanie. Les terres consacrées à l'élevage couvrent près de 4 millions d'hectares dans le monde, soit 80 % des surfaces agricoles et la demande en produits animaux est en hausse constante (Klein et al., 2014).

Les principales cultures fourragères comprennent la luzerne, le trèfle, le ray-grass, et diverses légumineuses et espèces de graminées.

-Les États-Unis sont un important producteur de cultures fourragères, notamment de luzerne, de trèfle et de diverses graminées.

-La Chine est un important producteur de cultures fourragères, en particulier de luzerne et de diverses espèces de graminées.

-Le Brésil est un acteur clé dans la production de cultures fourragères tropicales. Le pays cultive une variété d'espèces fourragères adaptées à son climat.

-Plusieurs pays de l'Union européenne, comme la France, l'Allemagne et l'Espagne, sont d'importants producteurs de cultures fourragères. Il s'agit notamment de graminées, de trèfle et de luzerne.

-L'Australie produit une série de cultures fourragères, notamment des graminées et des légumineuses.

La demande de cultures fourragères continue d'être alimentée par l'industrie mondiale de l'élevage. Cependant, des défis tels que le changement climatique, la pénurie d'eau et la dégradation des sols peuvent avoir un impact sur la production de cultures fourragères. Les pratiques durables et le développement de variétés fourragères résistantes à la sécheresse sont de plus en plus importants pour garantir un approvisionnement stable en fourrage pour le bétail dans le monde entier (Fao, 2021).

3. Situation de la production fourragère en Algérie :

En Algérie, en raison de ses conditions climatiques, de son relief, de ses caractéristiques végétales, ainsi que des habitudes et des pratiques de sa population, l'élevage est une activité prédominante. Cependant, le cheptel ne bénéficie pas d'un apport alimentaire adéquat, la production de fourrage est sévèrement restreinte, et les ressources pastorales continuent de diminuer, ce qui entraîne des répercussions défavorables sur la production animale, tant pour la viande que pour les produits laitiers.

La consommation de viande en Algérie demeure bien en deçà des normes mondiales, principalement en raison de la qualité médiocre de l'alimentation du cheptel et de la faible production de fourrage. La production nationale de lait couvre seulement environ 40 % des besoins, équivalant à près de 3 milliards de litres par an, ce qui représente une consommation moyenne de 100 à 110 litres par habitant par an. La différence est comblée par d'importantes importations, atteignant près de 750 millions de dollars en l'année 2005, (Belhadia et al., 2014).

Depuis l'ère coloniale jusqu'à nos jours, la superficie des pâturages en Algérie n'a cessé de diminuer, et les cultures fourragères n'ont jamais été suffisamment développées. Les cultures fourragères occupent une place mineure dans les productions végétales en Algérie, en raison de la faible superficie qui leur ait consacrée et du nombre limité d'espèces cultivées.

L'élevage est séparé de la culture, on ne cultive pas pour les animaux (Hamrit, 1995).

De plus, le choix, la conduite et l'exploitation des cultures fourragères lorsqu'elles existent sont souvent mal maîtrisés, et il y a peu de diversification dans les cultures et les méthodes de conservation. Les sources prédominantes de fourrage en Algérie proviennent des terres de pâturage, notamment les jachères, les prairies naturelles, les pâturages steppiques et forestiers, entre autres. De plus, les sous-produits issus de la culture des céréales, tels que les chaumes et les pailles, contribuent également de manière significative à l'approvisionnement en fourrage (Abdelguerfi et al., 2008).

Paradoxalement, Abdelguerfi et al., (2008), affirment que les ressources naturelles existantes et le potentiel de production en Algérie est au-dessus des niveaux de production actuelle.

Ils ont confirmé que le bassin méditerranéen abrite une grande variété d'espèces végétales qui revêtent un intérêt majeur dans le domaine de l'alimentation animale et pastorale. En outre, cette région présente une diversité floristique considérable, avec l'Algérie recensant environ 3139 espèces végétales. Cette abondance de ressources génétiques se traduit par une richesse floristique particulièrement remarquable, notamment dans le contexte pastoral. En effet, l'Algérie compte pas moins de 293 espèces de légumineuses fourragères, réparties dans 33 genres distincts, comme l'ont relevé Issolah et Beloued (2005). De plus, les familles Fabaceae et Poaceae se démarquent par leur niveau élevé d'endémisme (Abdelguerfi et Laouar, 2004).

En Algérie, l'essentiel de la production fourragère repose sur des pratiques extensives. En effet, plus de 80% de la production totale provient de jachères, de chaumes céréaliers et de pâturages, tandis que les cultures fourragères ne contribuent que pour un maximum de 8% (Houmani, 1999).

4. Systèmes d'élevage et systèmes fourragers :

L'alimentation des ovins repose essentiellement sur le pâturage, des jachères au printemps et sur les chaumes en été, comme indiqué au tableau 1.

Durant les périodes automnale et hivernale, les ovins sont nourris principalement avec de la paille et du foin provenant des cultures céréalières. Si l'exploitation dispose de prairies, celles-ci sont généralement pâturées au printemps et fauchées en fin de saison printanière. Étant prioritairement réservées aux bovins, le foin récolté à partir de ces prairies est distribué aux bovins pendant l'hiver.

En outre, certaines exploitations cultivent parfois des fourrages verts de printemps tels que le sorgho et le maïs, qui sont utilisés pour l'alimentation en vert des vaches laitières.

Les cultures fourragères, menées en sec ou en irrigué, ne représentent qu'une petite fraction de la surface agricole utile (SAU). Les cultures fourragères irriguées sont plus courantes dans les exploitations axées sur l'élevage bovin laitier.

Tableau 1. Calendrier alimentaire du cheptel ovin et bovin en Algérie.

Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout
Ovins											
Jachère (repousses)		Foin, Paille, Orge				Jachère			Chaumes		
Complément (foin,paille,orge)											
Bovins											
Paturage sur prairie		Fourrage vert, Foin, Paille, Concentré							Paturage prairie		
Complément (fourrage vert, foin, paille, concentré)									Complément (foin,paille,orge)		

Source : Ziad Abdelhadi (2009)

4.1. Potentialités zootechniques :

En Algérie, le cheptel est constitué de différentes espèces animales, notamment des bovins, des ovins, des caprins, des camélins et des équins, comme indiqué dans le tableau 2.

L'élevage bovin est principalement présent dans les zones agro-écologiques favorables, caractérisées par des conditions plus humides, dans la région du Tell, où il représente environ 80% de l'élevage bovin total. On observe également une présence notable de l'élevage bovin dans les zones montagneuses, avec une proportion de 12%, tandis que sa présence est moins significative dans les zones steppiques, avec seulement 8%, et est négligeable dans les régions du Sud (Ziad, 2009).

Quant aux ovins et aux caprins, leur prédominance se trouve principalement dans la steppe, où ils constituent les effectifs les plus importants. L'élevage camélin est seulement présent dans le sud pour un taux de 99.69% (Si Ziani et Boulberhane ,2001).

Tableau 2. Effectifs du cheptel en Algérie pour l'année 2010.

Unité : Tête	Bovins		Ovins	Caprins	Équins
	Total bovin	Vaches laitières			
Année 2010	1 747 700	915 400	22 868 770	4 287 300	43 650

Source : (M.A.D.R 2010).

4.2. Bilan fourrager :

Selon les données fournies par Si Ziani et Boulberhane, (2003), les besoins totaux du cheptel national, composé de 22 956 432 têtes d'ovins et de bovins, sont estimés à 10,5 milliards d'Unités Fourragères. Une analyse du bilan fourrager, comme illustré dans le tableau 3, a révélé la persistance d'un déficit fourrager évalué à environ 22%, comme l'a noté Adem, (2002).

En ce qui concerne l'offre, en 2007, l'Algérie disposait de 8 milliards d'U.F. provenant de l'ensemble des sources fourragères existantes (Tableau 4).

Ceci entraîne un taux de couverture d'environ 78%, comme indiqué par le Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural M.A.D.R, (2007). Cette situation découle en grande partie du fait que la production et la culture de fourrages demeurent largement considérées comme des activités marginales au sein des exploitations agricoles (Tableau 3).

Tableau 3. Bilan fourrager année 2006-2007

Besoins cheptel en milliard d'UF	Disponibilités total (milliard d'UF)				Bilan	Taux de couverture
	zones céréalières	parcours steppiques	chaumes et pailles	Total		
10,5	4,16	3,28	0,56	8	-2,5	78%

Source : (M.A.D.R 2007)

Tableau 4. Estimation de la production en (10^3 d'U.F des différentes ressources fourragères en Algérie)

Ressources fourragères	Fourrages cultivées	Jachère	Prairies naturelles	Pacages et parcours	Chaumes et pailles	Total
Production 10^3 UF	61 254	872 113	50 472	3 385 888	3 074 038	7 999 767

Source : (Si Ziani et Boulberhane, 2003)

Tableau 5. Estimations des besoins, en 10^3 d'U.F, du cheptel Algériens

Composition du cheptel	Besoins en UF/jour	Besoins du cheptel (10^3 UF)
Ovin	0.7	3.959.153
Bovin	5.3	3.998.730
Caprin	0.55	734.911
Camelin	2.5	524.484
Équidés	2.5	461.874
TOTAL		9.529.545

Source : Si Ziani et Boulberhane, (2003).

5. Nature des sources fourragères :

Les sources fourragères se déclinent principalement sous différentes formes, parmi lesquelles on peut citer Les pacages et parcours.

- Les prairies naturelles.
- Les jachères fauchées.
- Les fourrages artificiels en mode sec, comprenant la vesce-avoine, luzerne, céréales reconverties.
- Les fourrages verts ou ensilés englobent diverses cultures telles que le maïs-sorgho, l'orge, l'avoine et le seigle récoltés à un stade précoce de leur croissance, ainsi que du trèfle et de la luzerne, parmi d'autres.
- Les graminées, notamment l'orge, l'avoine, et parfois le triticale, revêtent une grande importance dans ces systèmes. Elles sont utilisées soit sous forme de fourrages verts (pour le pâturage ou la fauche).

Ces graminées, associées parfois à des légumineuses telles que la vesce, le pois et la gesse, sont parmi les cultures fourragères les plus couramment cultivées.

L'orge occupe une place prépondérante dans les systèmes fourragers.et présente une polyvalence

d'utilisation de diverses manières, que ce soit en pâturage en vert, en fauche, ou sous forme de grain (Lelièvre, 1981; Abdelguerfi,1992 ; Pluvinage,1996 ; Abdelguerfi et Laouar,1999).

En hiver et au printemps les légumineuses sont également une ressource importante, avec le trèfle comme source de fourrage vert pour le cheptel.

En été, la luzerne pérenne, le sorgho et maïs fourrager sont utilisés dans les zones où l'eau n'est pas un facteur limitant. Le sorgho est la culture estivale la plus courante en raison de sa résistance à la sécheresse (Abdelguerfi et Laouar, 1999).

Le potentiel fourrager en Algérie se divise en cinq grandes catégories, qui englobent les prairies naturelles, les jachères, les fourrages cultivés, les chaumes et les pailles, ainsi que les pacages et les parcours.

5.1. Pacages et parcours :

Les superficies réservées aux pacages et parcours sont les plus importantes : elles ont augmenté de 31.652.000 ha en 1998 à 32.837.225 ha en 2007(HCDS, 2010).

Les zones steppiques sont les parcours les plus étendues se situant entre les isohyètes 100 et 400 mm de pluviométrie irrégulière et qui bordent le Sahara. Les zones de parcours montagneuses et forestières se situent au Nord, sont plus humides mais beaucoup moins grandes. Cette zone a connu une surexploitation des ces ressources naturelles ; ce qui l'a grièvement dégradé ; en effet environ 80% des parcours sont déclarés dégradés (HCDS, 2010). En Algérie, l'utilisation des parcours forestiers, également connue sous le nom de pacage en forêt, est soumise à l'autorisation de l'administration des Forêts, particulièrement en périodes de forte sécheresse. La productivité des maquis et des parcours forestiers varie considérablement en fonction des régions, des conditions environnementales, de la densité du cheptel, ainsi que de la composition botanique des formations végétales présentes dans ces zones (HCDS, 2010).

5.2. Prairies naturelles :

Les prairies naturelles en Algérie se présentent sous différentes formes, de petits espaces verts couvrant parfois des dizaines d'hectares. Bien que leur superficie totale soit relativement limitée, elles affichent un potentiel fourrager élevé, comme l'ont noté Abbas et al., (2005).

Cependant, depuis 2007, les prairies naturelles se sont raréfiées en Algérie, ne représentant plus qu'environ 11,2% de la surface totale des ressources fourragères. Leur superficie a chuté de manière significative, passant de 42 060 ha en 1998 à 25 462 ha en 2007. Cette tendance à la régression des prairies naturelles a persisté de manière constante depuis l'indépendance jusqu'à nos jours, en raison de plusieurs facteurs tels que le défrichement, la pollution due aux déversements d'eaux usées, la compétition pour les ressources en eau, la reconversion des terres, et d'autres causes similaires, comme l'ont relevé (Abdelguerfi et Hakimi , 1990), ainsi qu'Abbas et al., (2005).

5.3. Chaumes et résidus de récolte :

Les chaumes des céréales et les résidus de récoltes jouent un rôle significatif dans l'alimentation du bétail en Algérie. Cette utilisation prédominante de ces sources fourragères s'explique principalement par la

faiblesse de la production fourragère dans la région. Les chaumes des céréales, sont une ressource importante pour le cheptel pendant la saison estivale, période où les autres ressources fourragères et pastorales se font rares, comme illustré au tableau 1

La paille des céréales, collectée après la moisson, mise en bottes, conservée, puis distribuée pendant l'automne et l'hiver, présente une valeur nutritive relativement médiocre. Elle se caractérise par des concentrations énergétiques et azotées faibles (Mossab,1991).

5.4. Jachères fauchées :

En 2007, les superficies consacrées aux jachères fauchées ont atteint 227 761 ha, avec une production de 4 992 330 q (Abbas et al., 2011). Les jachères occupent une place prépondérante au sein des systèmes de production combinant la culture de céréales et l'élevage ovin (Abbas et Abdelguerfi, 2005). Abbas et al.,(2002), rapportent que la taille du troupeau ovin est directement liée à la surface de la jachère. La jachère enherbée, composée d'herbes spontanées, offre à l'éleveur des unités fourragères gratuites et représente une source de revenus lui permettant de maximiser ses profits (Boutonnet et al.,1990 ; Hamadache, 2001). La pratique de la jachère pâturée s'étend sur une superficie estimée à plus d'un million d'ha. Pendant cette période, le cheptel se nourrit essentiellement de végétaux spontanés, subissant des périodes de sous-alimentation marquées au milieu de l'hiver et à la fin de l'été, conformément aux constatations faites par Abbas et Abdelguerfi, (2005).

La production de cette jachère est relativement modeste, estimée à environ 360 unités fourragères par ha, contribuant ainsi avec 1 444 millions d'Unités Fourragères (UF), soit environ 9,3% de l'ensemble de l'offre fourragère nationale (Houmani,1999). Le cheptel ovin passe une grande partie de l'année dans ces pâturages, comme illustré dans le tableau 1 correspondant. Cependant, en raison de la faible production, cette période se traduit par une perte de poids significative chez les brebis (10 à 15 kg entre octobre et mai) et une mortalité élevée des agneaux pendant la période de mise-bas, en raison des conditions climatiques rigoureuses et du manque de nourriture, comme l'ont observé Abdelguerfi et Bedrani, (1997).

5.5. Fourrages artificiels consommés en sec :

Les fourrages cultivés sont principalement constitués de diverses associations de légumineuses telles que la vesce et le pois fourrager, combinées à des céréales comme l'avoine, l'orge et le triticale. Au fil des années, ces cultures ont subi une régression de leurs superficies et de leurs productions en raison des multiples processus de restructuration du secteur agricole, comme l'a noté Hamadache, (2001).

Le foin, avec une teneur en matière sèche d'environ 85%, est obtenu en fanant le fourrage vert, puis en le conservant pour être utilisé tout au long de l'année, selon Bouabdallah, (2023). Au cours des dix dernières années, les superficies et les productions de ces associations de fourrages cultivés ont également connu une baisse significative, passant de 364 000 ha à 120 000 ha entre 1986 et 1996, avec des productions respectives de 7 500 000 q et 3 500 000 q, comme l'a relevé Hamadache, (2001).

Parmi les céréales, l'orge, l'avoine et le triticale sont les plus couramment utilisées, généralement en

association avec la vesce ou le pois fourrager. Ces associations sont cultivées dans le but de constituer des stocks de foin. Selon Hachmi, (1999), l'association vesce / triticales est la plus productive, avec une production de 10 tonnes de matière sèche par ha.

Cependant, un défi majeur auquel ce type de culture est confronté est que les agriculteurs ne respectent pas toujours le stade optimal de coupe, souvent par crainte des intempéries et dans le désir de récolter une plus grande quantité de foin au détriment de la qualité. Dans ces conditions, le foin obtenu a une valeur équivalente à celle de la paille, et s'il est distribué seul, il ne peut couvrir que les besoins d'entretien, comme l'a noté Mezali, (1978). En outre, selon Hamadache, (2001), lors de certaines campagnes agricoles sinistrées, des tensions sont observées sur le marché du foin, avec le prix du quintal de vesce avoine parfois supérieur à celui du grain de blé.

5.6. Cultures séparées :

La méthode de semis séparé des cultures présente plusieurs objectifs importants, notamment la possibilité pour l'exploitant de produire sa propre semence et l'amélioration à la fois de la quantité totale de biomasse produite et de la qualité du foin obtenu.

5.7. Fourrages artificiels consommés en vert :

Un fourrage vert désigne un fourrage frais qui contient généralement entre 10% et 30% de matière sèche, comme le décrit Bouabdallah, (2023). Parmi les cultures couramment utilisées pour produire des fourrages verts, on retrouve le maïs, le sorgho, l'orge, l'avoine, le triticales, le seigle, le trèfle, et la luzerne, ainsi que diverses associations de ces plantes. Les fourrages verts peuvent être exploités de différentes manières pour répondre aux besoins des animaux, que ce soit par le pâturage direct, la récolte pour une alimentation en vert au fur et à mesure, l'ensilage, ou encore le fanage suivi du stockage.

Cependant, il convient de noter que la réalisation de stocks fourragers reste généralement insuffisants, tant en termes de quantité que de qualité. En effet, la majorité des réserves fourragères sont constituées principalement de paille de céréales, comme l'ont souligné Ouknider et Jacqard, (1986).

En ce qui concerne les luzernes annuelles (*Medicago ssp L.*), leur culture est pratiquée en Algérie, notamment dans les régions où les conditions de croissance sont propices.

La culture et la production de luzerne, dans ses diverses utilisations, jouent un rôle essentiel dans le soutien de la production animale en fournissant une source de fourrage riche en protéines et en nutriments.

5.8. Ensilage :

L'ensilage des fourrages est une méthode efficace pour constituer des réserves alimentaires. Cette technique permet d'obtenir un fourrage qui présente un excellent rapport qualité-prix, en particulier pour l'alimentation des vaches laitières et des taurillons d'engraissement, comme l'ont souligné Le Gall et al., (1998) ainsi que Lasseret, (2000). Les rendements en biomasse destinés à l'ensilage sont généralement les plus élevés en hiver et au printemps. En fait, environ un mois avant la récolte des grains, la production de

biomasse d'ensilage peut atteindre jusqu'à 170% du rendement en grain, selon les observations de Lasseret, (2000). Il est important de noter que l'ensilage n'est pas uniquement une solution d'urgence pour faire face à un déficit de fourrage, mais plutôt une ressource régulière et complémentaire qui est intégrée dans les rations alimentaires pour pallier le manque d'herbe verte, comme l'a souligné Kardasz, (2005).

En Algérie, actuellement, on observe l'émergence et le développement de la technique de conservation en balles rondes, notamment appliquée à la culture du maïs fourrager irrigué. Ce maïs est ensilé et stocké par enrubannage, en particulier dans les régions du sud. Cependant, il est important de noter que la question du coût de revient de ce produit reste un sujet d'importance, car les coûts d'irrigation sont déjà élevés, et ceux liés au transport viennent s'y ajouter, comme mentionné par Bouabdallah, (2023).

5.9. Fourrage des régions sahariennes :

L'agriculture oasisienne au sud algérien basée sur la culture du palmier dattier utilisant un système d'irrigation traditionnelle contribue à l'intégration de petit élevage de subsistance familiale. Par ailleurs des cultures fourragères intensives utilisant l'irrigation par pivot se sont développées dans ces régions sahariennes, c'est la luzerne et le maïs qui sont les principales cultures fourragères.

5.10. Importations :

L'Algérie est classée parmi les plus grands importateurs d'aliments pour animaux en Afrique du Nord et de l'Ouest. Selon les données de la Banque mondiale, ces importations ont connu une progression régulière au cours des dernières années, passant de 600 millions de dollars en 2015 à près de 1,2 milliard de dollars en 2019 (FAO, 2021). Cette dépendance aux importations souligne l'importance cruciale de la sécurité alimentaire animale et des politiques visant à renforcer la production nationale de fourrage en Algérie.

6. Superficies et productions en Algérie :

L'évolution de la production de fourrage en Algérie a connu plusieurs périodes distinctes :

- 1.Période (1930-1970):** caractérisée par la prédominance d'un système bisannuel de rotation jachère-céréales. Les principales sources de fourrage comprenaient les jachères pâturées, les prairies naturelles, les pâturages de steppe, les fourrages cultivés (associations vesce-avoine), orge vert et les pâturages forestiers.
- 2.Période (1971-1987):** Une politique d'intensification a été adoptée et a entraîné une réduction des jachères et une augmentation des cultures fourragères, les superficies fourragères cultivées dépassaient 400 000 ha en 1980, soit près de 6% des terres agricoles.
- 3.Période (1988-2000):** Les superficies réservées aux cultures fourragères variaient d'une année à l'autre, allant de 430 450 ha à 918 000 ha.
- 4.Période (2000-2005):** Le développement de la filière fourragère a été pris en charge notamment dans le cadre du programme (PNDA), à travers l'extension des superficies à 200 000 ha et la diversification des espèces fourragères de haute qualité telles que la luzerne, le bersim, la vesce, le pois, le sorgho

fourrager, le ray-grass et la fétuque. Les terres totales ont atteint 39 millions d'ha, répartis entre les prairies naturelles (0,1 %), les cultures fourragères (1,6 %), les chaumes et pailles (9%), la jachère (7,8 %) et les pacages et parcours (82 %) (Abdelguerfi et Laouar, 2002).

5. Les statistiques de l'année 2007, indiquaient que les fourrages naturels et artificiels représentaient 8,57% (soit 721 554 ha) du total des terres agricoles (8 414 670 ha). Le bétail dépendait toujours principalement des pâturages, qui constituaient la plus grande superficie 32 837 225 ha, soit 97,8% de la superficie consacrée au fourrage Tableau 6. Les prairies naturelles représentaient 0,67% du fourrage, tandis que le fourrage cultivé ne représentait que 1,46%. La figure 1 illustre l'évolution des superficies des pacages et parcours jusqu'à cette période. Les espèces fourragères cultivées restaient limitées à la vesce avoine, représentant 70% des surfaces cultivées, les autres céréales telles que l'orge, l'avoine et le seigle ont occupé environ 20% de ces surfaces. Les superficies de la luzerne et de sorgho restaient aussi très peu représentatives, ne couvrant que 1% à 5% de cette surface.

Tableau 6. Répartition des superficies fourragères et pastorale en Algérie en 2007

Catégories	Superficies (ha)	Pourcentage (%)
Pacages et parcours	32 837 225	97,8
Fourrages artificiels (sec)	401 340	1,19
Fourrages artificiels (vert)	92 453	0,27
Fourrages naturels (prairies)	25 462	0,07
Fourrages naturels (jachères fauchées)	202 299	0,6
Total	33 558 779	100

(Source : MADAR 1998-2007)

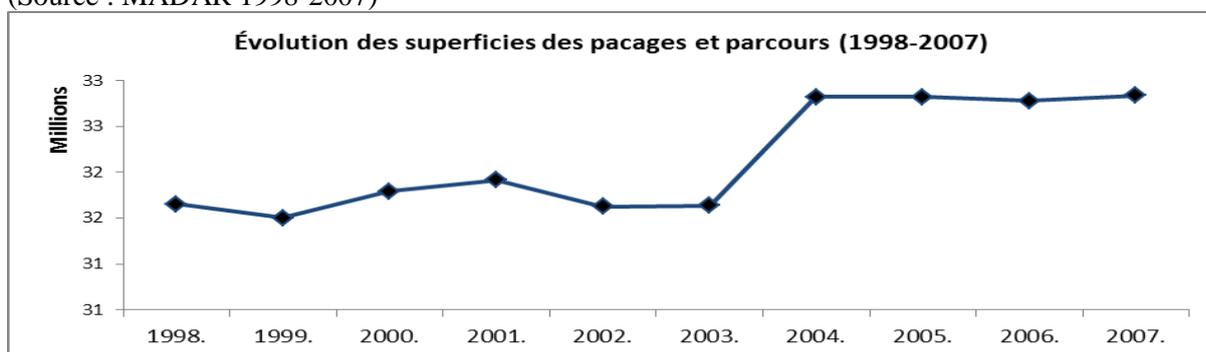


Figure 1. Évolution des superficies des pacages et parcours période (1998-2007) Sources: MADR, (2007).

6. En 2013, les superficies cultivées pour le fourrage sont passées à 693 989 ha, soit environ 8,2% de la (SAU), alors qu'une superficie considérable restaient encore en jachère chaque année (MADR, 2013).

7. Situation actuelle : La production de fourrage demeure largement limitée en Algérie et occupe une position marginale dans le panorama des productions végétales du pays. Cette situation entraîne une insuffisance alimentaire pour le cheptel, tandis que les ressources pastorales continuent de diminuer chaque année. Les conséquences de cette situation se font sentir de manière significative sur les productions animales, notamment dans les secteurs de la production d'œufs, de viande et de produits laitiers, qui sont sérieusement entravées.

7. Déficit en fourrage :

Le déficit en fourrage est un problème majeur en Algérie. Selon les observations de Ziad Abdelhadi, (2009), le pays fait face à un déficit alimentaire considérable. L'analyse de la situation des fourrages en Algérie, à travers les bilans fourragers, met en lumière de nombreuses défaillances qui contribuent à la baisse de la production animale. À titre d'exemple, il est important de noter que la production laitière des vaches locales et des génisses importées ne dépasse généralement pas 5 à 6 litres par jour, alors que ces mêmes animaux peuvent atteindre des performances bien supérieures, produisant plus de 26 litres par jour dans leur pays d'origine. Ces animaux sont soumis à des rations alimentaires déficientes, composées principalement de fourrage grossier, de paille, auxquels on ajoute du son et des compléments à base de sous-produits de céréales (Ziad Abdelhadi ,2009).

Ces insuffisances dans la production et les performances du cheptel trouvent leur origine dans une gestion inadéquate des ratios alimentaires. Ces ratios sont souvent revus à la baisse en raison de divers problèmes tels que le manque de capacités de stockage, le déficit de financement, et un déséquilibre entre les ressources fourragères, notamment une surabondance de chaume par rapport à la luzerne, comme le soulignait Ziad Abdelhadi (2009). Cette situation souligne l'impératif de développer et de moderniser la production de fourrage en Algérie, à la fois pour soutenir l'industrie animale et améliorer la sécurité alimentaire.

Ce déficit alimentaire en fourrage a des répercussions directes sur la production agricole et, par conséquent, sur la consommation de produits animaux. La consommation moyenne de viande rouge par habitant en Algérie est estimée à seulement 14,4 kg par an à peine au-dessus du niveau des pays sous-développés qui est de 10 kg. En comparaison, la moyenne mondiale est de 34 kg par personne et peut atteindre jusqu'à 80 kg par habitant et par an dans les pays développés (Belhouadjeb et Chehat, 2013).

Cette situation souligne l'importance cruciale de résoudre les problèmes liés à la production de fourrage pour répondre aux besoins alimentaires et améliorer la qualité de vie des citoyens algériens.

8. Contraintes rencontrées pour le développement des cultures fourragères :

La filière fourragère en Algérie est confrontée à des contraintes institutionnelles, foncières, organisationnelles, techniques et économiques.

8.1. Contraintes techniques :

Les contraintes techniques se résument en:

- Les fourrages cultivés sont très peu diversifiés, reposant sur l'utilisation des céréales et association dominée par la vesce/avoine ;
- Utilisation d'un matériel végétal de faible performance.
- Récoltes tardives entraînant la détérioration de la qualité des fourrages secs ;
- Méthodes et moyens de conservation limités,

- Faible production de semences (les besoins sont couverts par les importations) ;
- Abandonnement, ou inexistence de la technique d'ensilage ;
- Mécanisation et niveaux d'équipement faible et l'utilisation d'outils non adapté pour la récolte ;
- Non respects des itinéraires et méconnaissance des techniques culturales des espèces fourragères notamment à petites graines ;
- Ressources d'irrigation limitées, (Abdelguerfi et Laouar, 2000; Nouad, 2001).

8.2. Contraintes naturelles :

La production de fourrage en Algérie est confrontée à un ensemble de contraintes biotiques et physiques qui la rendent très aléatoire (Abdelguerfi et al., 2000). Parmi ces contraintes, on peut citer :

1. Le stress hydrique et thermique : Les conditions hydriques et thermiques ne correspondent souvent pas aux besoins optimaux des prairies et des pâturages. Les précipitations sont généralement concentrées entre novembre et mars, ce qui limite la possibilité d'un élevage intensif. De plus, cette répartition saisonnière des précipitations expose le cheptel à des carences chroniques en quantité et en qualité de fourrage, notamment en matières azotées digestibles (Mebarkia et Abdelguerfi, 2007).

2. Les extrêmes de température : Les variations de température ont également un impact significatif sur la production fourragère. Les hivers froids ne sont pas propices à la croissance des fourrages, tandis que les températures élevées au printemps peuvent limiter la production de semences fourragères.

Ces contraintes climatiques et environnementales rendent la gestion des ressources fourragères en Algérie particulièrement complexe et incertaine. Les éleveurs sont constamment confrontés à des défis pour garantir une alimentation suffisante à leur cheptel tout au long de l'année, ce qui a un impact direct sur la productivité et la rentabilité de l'industrie agricole.

8.3. Contraintes socio-économiques :

En outre, des contraintes socio-économiques viennent également compliquer la situation. L'absence d'une approche globale du développement agricole et la priorité accordée à l'intensification de certaines cultures, en particulier le blé, de la part des pouvoirs publics, ont conduit à une destruction continue des espaces pastoraux, comme l'ont souligné Abbas et al., (2005). Cette orientation a eu un impact négatif sur la disponibilité des terres pour le pâturage et la production de fourrage, ce qui a aggravé les défis alimentaires pour le cheptel.

-La majorité des agro éleveurs se sont habitués, au recours aux unités fourragères gratuites des parcours et des jachères et n'accordent souvent pas d'importance et la nécessité de cultiver l'herbe pour leur cheptel (Abdelguerfi, 1987).

-L'absence de l'investissement dans la production des semences.

-Insuffisance des fonds alloués à la réhabilitation des parcours, à la production des semences fourragères et pastorales ainsi qu'à leurs améliorations (Khaldoun et al., 2001).

9. Mesures incitatives pour améliorer la production fourragère :

Ces dernières années, l'Algérie a adopté une politique visant à intensifier la production de fourrage. L'État a mis en place plusieurs mesures positives pour soutenir et encourager les acteurs de la filière, notamment les agriculteurs, les éleveurs et les collecteurs, à différents niveaux de production. Les efforts consentis sont considérables :

1. Prix rémunérateurs de la production laitière : L'État a établi des prix attractifs pour la production laitière, ce qui incite les éleveurs à intensifier la production de fourrage pour nourrir leurs troupeaux.
2. Subventions sur la production laitière : Une subvention est accordée par l'État sur chaque litre de lait cru produit, avec une aide plafonnée à 21 DA/litre de lait produit.
3. Collecte de toute la production de lait : L'État prend en charge la collecte de l'ensemble de la production laitière, garantissant ainsi un marché pour les producteurs.
4. Aide aux collecteurs de lait cru : Les collecteurs de lait reçoivent une aide de 4 DA par litre de lait collecté.
5. Primes pour les collecteurs de lait de grande quantité : Des primes sont octroyées aux collecteurs de lait qui gèrent plus de 15 000 litres par jour, avec des taux allant de 2 à 4 DA/litre.
6. Renforcement du cheptel bovin : Il y a eu une dynamique de renforcement du peuplement du cheptel bovin grâce à un programme d'importation de 300 000 vaches depuis 2005.
7. Importation de races bovines performantes : L'importation de races bovines performantes, telles que les Holstein pie rouge, vise à améliorer la productivité de l'élevage bovin en Algérie.

Ces mesures démontrent l'engagement du pays à soutenir la production de fourrage et à promouvoir le développement de l'industrie laitière et de l'élevage en général. Elles contribuent à renforcer la sécurité alimentaire et la rentabilité de ce secteur important de l'agriculture algérienne.

-Facilitation de l'accès aux crédits leasing pour l'acquisition de matériel de collecte (véhicule tout-terrain plus le kit nécessaire),

- Règlement des factures dans de brefs délais et allégement de toutes les procédures y afférentes. Ces mesures sont aussi valables pour le l'élevage ovin :

-Accordement d'une subvention annuelle à l'alimentation des ovins par la vente de l'orge en grain à un prix subventionné à tout éleveur à raison de 30 à 45 kg d'orge/tête/an.

-Octroi et augmentation d'une ration d'orge en grain aux femelles ovines passant de 300g à 600g/jour/brebis.

- La prise en charge de la santé du cheptel ovin inclut la vaccination du troupeau contre la clavelée, une mesure recommandée par Hadbaoui et Senoussi, (2016) et mise en œuvre par le Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (MADR) en 2022. Cette vaccination vise à prévenir la propagation de la clavelée, une maladie infectieuse qui peut affecter les ovins. Elle contribue à maintenir la santé du cheptel ovin en Algérie et à garantir sa productivité, ce qui est essentiel pour le secteur de l'élevage dans le pays.

10. Perspectives et possibilités de développement :

Malgré les efforts considérables déployés jusqu'à présent, la production fourragère en Algérie demeure relativement limitée, et le déficit persiste. Cette production conserve son statut marginal et continue d'adopter une approche extensive, (Dalila, 2007).

Cependant, certains experts, tels que Lefort-Buson et al., (1988), ainsi qu'Abdelguerfi et Laouar, (2001), estiment que la situation n'est pas aussi désespérée qu'il y paraît. Ils soulignent que des solutions agronomiques existent pour améliorer la production fourragère en Algérie. La première étape consiste à mettre en place une stratégie claire visant à valoriser le travail déjà réalisé pour relancer ce secteur.

Parmi les solutions envisageables, il convient de se pencher sur des aspects tels que la production de semences, une gestion plus raisonnée de l'exploitation des parcours, la régénération des prairies existantes, l'amélioration des pratiques culturales, ainsi que la sélection de plantes spécifiques adaptées aux conditions locales. Cette approche intégrée pourrait contribuer à augmenter la production fourragère en Algérie et à réduire le déficit actuel.

11. Conclusion :

Afin de remédier à cette situation de déficit fourrager en Algérie, Abdelguerfi et al, (2008) ont formulé des recommandations et des conseils pertinents. Ces mesures visent à orienter les efforts vers des solutions concrètes, et elles se résument de la manière suivante :

1. Adoption de méthodologies appropriées et adaptées pour la production fourragère,
2. Amélioration des pratiques culturales liées à la production de fourrages,
3. Encouragement de la production de semences pour les espèces fourragères,
4. Évaluation et valorisation des nombreuses espèces spontanées présentes, tout en maintenant les processus d'évolution et d'adaptation de ces espèces à leur environnement local.

En effet, la connaissance des adaptations de ces espèces revêt une importance cruciale pour exploiter pleinement ces ressources phytogénétiques. Il serait également bénéfique de promouvoir l'introduction d'écotypes adaptés aux jachères et aux terres marginales, en prenant en compte leurs capacités d'adaptation. Cette approche pourrait contribuer à réduire les risques d'échec dans la production fourragère et à renforcer la sécurité alimentaire du cheptel en Algérie.

CHAPITRE 2 :

IMPORTANCE DES CULTURES DE L'ORGE (*Hordeum vulgare L.*) ET DU TRITICALE (*X Triticosecale Wittmack*) COMME CULTURES FOURRAGÈRES

2.1. La culture de l'orge (*Hordeum vulgare L.*) :

2.1.1. Origine :

L'orge (*Hordeum vulgare L.*) est l'une des céréales les plus anciennement cultivées au monde. Elle est considérée comme l'une des cultures fondatrices de l'agriculture du Vieux Monde et l'une des premières cultures domestiquées au Proche-Orient. Les traces de sa culture ont été trouvées dans le Croissant fertile, mais des études récentes suggèrent qu'elle serait originaire des régions montagneuses d'Éthiopie et d'Asie du Sud-Est. L'orge est une des rares espèces cultivées avec succès dans les zones semi-arides, où les précipitations varient considérablement d'une année à l'autre. Elle possède un potentiel de croissance dans des conditions de sécheresse et de salinité.

L'orge cultivée (*Hordeum vulgare L.*) est issue des formes sauvages de *Hordeum spontaneum L.* que l'on trouve encore aujourd'hui au Proche-Orient. Selon des études, elle aurait été cultivée dans cette région depuis au moins 8000 ans. Elle est considérée comme la céréale dont la distribution géographique est la plus vaste et la plus diversifiée, grâce à sa précocité, sa productivité en zones arides, tropicales, salées ou d'altitude, et sa rusticité. L'orge est également une des premières céréales domestiquées, dont les traces ont été trouvées dans les vestiges des habitants de la haute Égypte.

Le centre d'origine de l'orge se trouve au Proche-Orient, où elle a été cultivée depuis des millénaires. Elle est parfaitement inter-fertile avec sa forme sauvage, *H. spontaneum*, qui est répandue depuis la Grèce et la Lybie jusqu'au Nord-Est de l'Inde. Les types d'orges à 6 rangs à rachis fragile, autrefois considérés comme des descendants ou spontanés d'hybrides entre types cultivés à 6 rangs et *H. spontaneum*, sont maintenant considérés comme des hybrides entre *H. vulgare* et *H. spontaneum*.

2.1.2. Classification des orges :

2.1.2.1. D'après sa génétique : L'*Hordeum vulgare* se divise en 2 sous espèces : *H. vulgare* sub sp. *vulgare*, qui rassemble toutes les orges cultivées et *H. vulgare* sub sp. *spontaneum* (Doré et Varoquaux, 2006). Le parent sauvage de l'orge est *Hordeum spontaneum* ($2n = 14$). Il pousse à l'état spontané dans la région de la Méditerranée orientale, Turkménie et Afghanistan (Srivastava et Gopal, 2008).

2.1.2.2. D'après la morphologie de l'épi : Des épillets latéraux (3+3 alternés) normalement développés confèrent la morphologie « orge à 6 rangs », ce sont les escourgeons, orges carrées, orges hexastiques. Lorsque les épillets latéraux sont réduits à des vestiges (glumes, glumelles, sans le grain), on a la morphologie classique de l'orge à 2 rangs, ou « paumelle » (Jestin, 1992).

2.1.2.3 D'après la fertilité des épillets latéraux :

-Linné (1975) classe les orges d'après la fertilité ou non des épillets latéraux ainsi que la compacité des épis, qui se résume ainsi :

*Épillets médians et latéraux fertiles : **Épi compact** : *Hordeum hexastichum* L., **Épi lâche** : *Hordeum tetrastichum* L., **Épi lâche à grain nu** : *Hordeum vulgare* var. *coelisti*. L.

*Épillets médians seuls fertiles : **Épi compact** : *Hordeum Zeocrithon* L., **Épi lâche** : *Hordeum distichum* L., **Épi lâche à grain nu** : *Hordeum distichum* L. var. *nudum*.

2.1.2.4. D'après le degré de fertilité des épillets -Grillot (1959), classe les orges selon le degré de fertilité des épillets et la compacité de l'épi en deux groupes :

-Orges à six rangs : Dont les épillets médians et latéraux sont fertiles et qui se subdivise selon le degré de compacité de l'épi.

-Orges à deux rangs : Les épillets latéraux sont très rudimentaires et stériles, seul l'épillet central va se développer en grain.

2.1.2.5. D'après saison de culture -Soltner (2005) classe les orges selon leur milieu de culture en trois groupes qui sont :

-Orges d'hiver : leur cycle de développement varie entre 240 à 265 jours, implantions en automne. Ces orges ont besoin pour assurer leur montaison, de température vernalisante qui manifeste un degré plus au moins élevé de résistance au froid hivernal.

- Orges de printemps : cycle de développement très court (environ 120 à 150 jours), s'implantent au printemps. Ces orges n'ont les mêmes exigences que les premiers et ils n'ont pas le besoin de vernalisation pour assurer leur montaison.

- Orges alternatives : Sont intermédiaires entre les orges d'hiver et celles de printemps

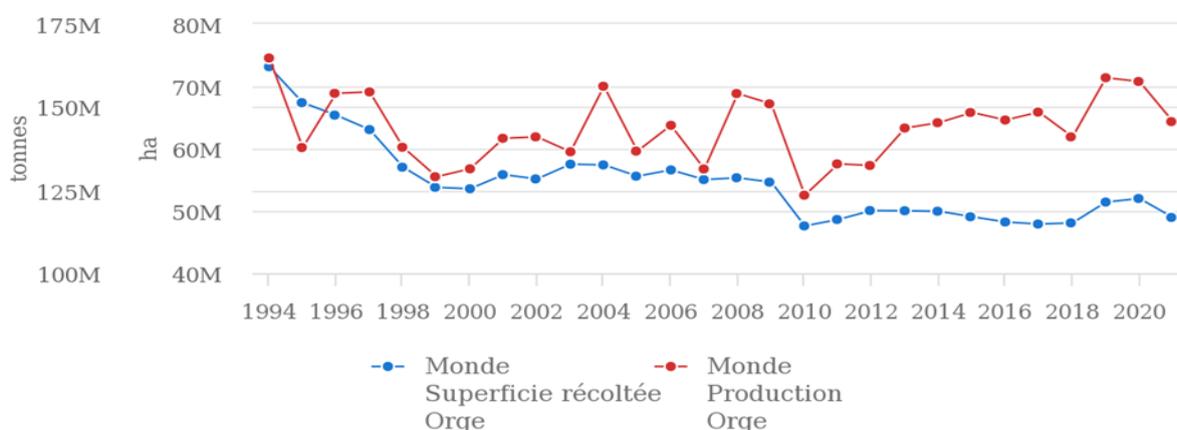
2.1.3. Répartition de la culture d'orge dans le monde :

L'orge occupe une place importante parmi les cultures céréalières à l'échelle mondiale, avec une production estimée à 150 millions de tonnes (Figure 2), (FAOSTAT, 2011). Elle représente 15% de la consommation mondiale de céréales, se classant juste derrière le blé, le riz et le maïs. Les principaux producteurs mondiaux d'orge incluent la Russie, l'Espagne, la France, le Canada, l'Angleterre et l'Allemagne (Tableau 7), (Mossab, 2007).

Tableau 7: Les principaux pays producteurs d'orge

Pays	Superficie récoltée (millions d'ha)	Rendement (tonnes / ha)	Production (mt)	Production (% du monde)	Exportations (mt)
Russie	7.848	2.625	20.599	13.975	2.863
Australie	4.834	2.794	13.506	9.163	5.809
Allemagne	1.566	6.930	10.853	7.363	2.898
France	1.671	6.312	10.545	7.154	5.868
Ukraine	2.502	3.312	8.285	5.621	1.571
Canada	2.198	3.591	7.891	5.354	1.207
Royaume-Uni	1.177	6.091	7.169	4.864	1.757
Turquie	2.418	2.936	7.100	4.817	0.006
Espagne	2.598	2.228	5.786	3.925	0.048
Danemark	0.665	6.000	0.399	0.271	0.694

Source: FAOSTAT (2018)



Source: FAOSTAT (avr. 09, 2023)

Figure 2 Évolution des superficies et productions de l'orge au monde période 1994-2021 (Source: FAOSTAT ,2023).

2.1.4. Répartition de la culture d'orge en Algérie :

La culture de l'orge est la culture prédominante, à cause de son adaptabilité aux zones sèches, L'orge représente l'aliment essentiel des ovins en Algérie (Benmahammed,2004). Elle s'étend sur les zones marginales des plaines intérieures et des hauts plateaux (Bouzerzour et al., 1997). L'orge couvre avec le blé dur plus de 80 % des superficies en céréales (Kabouche et al., 2001).

Cette culture s'insère bien dans les milieux caractérisés par une grande variabilité climatique. Suivant son mode d'exploitation, la culture de l'orge s'étend sur plusieurs régions bioclimatiques : de la région du sub-humides, la région semi-aride, la région aride à la région du Sahara supérieur (Hakimi, 1993).

Les régions agro-pastorales de la steppe représentent actuellement les principales zones de production d'orge (Malki et Hamadache, 2002).

C'est la deuxième céréale la plus importante en Algérie après le blé dur. Sa superficie cultivée varie d'année en année, allant de 0.3 à 1,6 million hectares, soit environ 35 à 40% de la superficie réservée aux grandes cultures (Figure : 3).

La culture de l'orge est surtout plus présente entre les isohyètes 250 et 450 mm, caractérisées par de fortes variations inter saisonnières et intra-saisonnières en termes de quantité et de répartition des précipitations (Menad, 2008).

L'évolution des superficies et productions durant la période 1994-2021 est présentée dans la figure 2

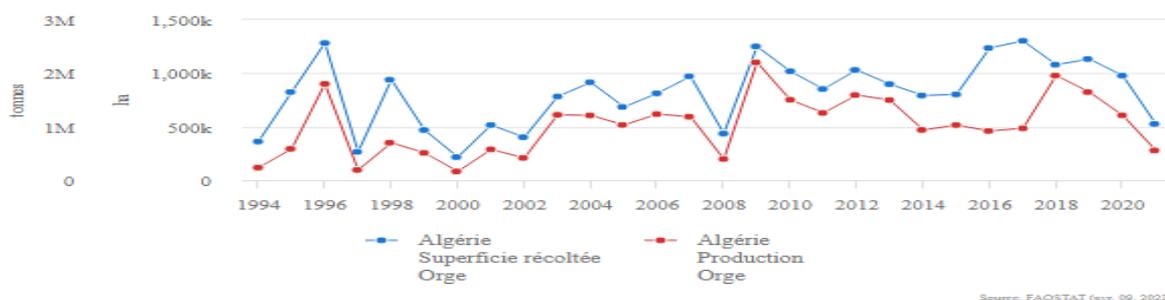


Figure 3 : Évolution des superficies et productions de l'orge en Algérie 1994-2021 (Source: FAOSTAT, 2023)

La culture de l'orge est affectée par les contraintes environnementales, tout le long de son cycle de développement, sa production et son rendement sont fortement variable. Les rendements restent faibles et variables, allant de 5 à 14 quintaux par hectare, ce qui est l'un des plus bas dans la région méditerranéenne (Figure :4) (Mekni et Kouraih, 1986).



Figure : 4. Évolution des rendements de l'orge en Algérie (2000 / 2021) (Source : MADR, 2021).

2.1.5. Importance de l'orge :

L'orge est le fourrage de référence pour le cheptel ovin, étant donné que 1 kg de grain équivaut à 01 UF et 75 g de matières azotées, ce qui en fait un aliment apprécié, facile à conserver et à transporter sur de longues distances. (Oudina et Bouzerzour, 1993).

Les besoins nationaux en orge ne sont pas bien définis en raison de sa double exploitation, sous forme de pâturage et de grain (Mossab, 1991). Ces besoins varient entre 15 et 20 millions, q/an (q/ha) mais il y a souvent une différence de plus de 500 000 ha entre la superficie semée et la superficie récoltée en grain à cause de sa double exploitation sous forme de pâturage et de grain (Hakimi, 1989).

Elle représente l'alternative là où les fourrages de substitution sont très peu représentés (Oudina et Bouzerzour, 1993). L'orge participe d'une façon importante à l'alimentation d'un cheptel assez mobile sous ces différentes formes : grain, chaume, paille fourrage vert (Mossab, 1991).

Sur plan économique, la culture s'inscrit dans les systèmes extensifs céréaliculture-élevage ovin où elle joue un rôle important dans l'équilibre de l'économie des petites exploitations (Bouzerzour et al., 1997).

Compte tenu du prix élevé de la viande et le prix relativement faible d'orge le rapport du prix de la viande

d'agneau vif sur le prix de 01kg d'orge est supérieur à 25, En fait pour produire 01kg de viande il faut 10kg d'orge. Le comportement des éleveurs devient alors économiquement logique lorsqu'ils préfèrent le complément d'orge aux autres concentrés.

2.1.6. Utilisations de l'orge :

2.1.6.1. Utilisation en alimentation humaine :

L'orge a plusieurs usages alimentaires, notamment dans les brasseries, les sirops de malt, les boissons, les gâteaux, ainsi que dans la production de levure ménagère, boulangère et médicinale (Geddes, 1944).

Dans certaines régions d'Extrême-Orient, comme la Chine et le Japon, l'orge est couramment consommée par la population, environ 80% de l'orge est utilisée en alimentation humaine (Srivastava, 1977).

L'orge est utilisée pour la préparation de soupes aux États-Unis, au Canada et en Chine. La farine d'orge est parfois utilisée en petites quantités dans les aliments pour nourrissons. Une variété d'orge favorable à la croissance humaine a été mise en avant en 1977 pour la préparation d'aliments pour bébés après allaitement.

L'orge a également été mélangée au blé pour la fabrication de pain au Royaume-Uni dans les années 40, avec des pourcentages allant jusqu'à 30%, bien que cela puisse affecter la cohésion de la pâte en raison de l'absence d'extraction du gluten (Geddes W.F., 1944).

En Algérie, 10 % de la production annuelle d'orge est destinée à l'alimentation humaine, l'orge est principalement utilisée pour la fabrication de galette, de couscous et de soupe, selon Ait-Rachid, (1991).

La tendance de l'utilisation de l'orge pour l'alimentation humaine a augmenté et occupe ces dernières années la deuxième place après le blé dur notamment chez les agriculteurs (Benmahammed, 2004).

2.1.6.2. Utilisation industrielle :

Les usages industriels, principalement pour la fabrication de malt destiné à la brasserie, (Gallais, 2011), les sirops de malt, les boissons, les gâteaux, ainsi que dans la production de levure ménagère boulangère et médicinale (Geddes, 1944).

2.1.6.3. Utilisation en alimentation des ruminants :

Pour l'alimentation des animaux l'orge est utilisée sous forme de grain, de paille, vert à pâturer en hiver et chaume en été (Hakimi, 1989).

Au niveau mondial, l'alimentation animale est le principal débouché pour l'orge. Dans l'Union européenne, environ deux tiers de la production totale, soit entre 30 et 35 millions de tonnes, sont destinés à l'alimentation animale (Gallais, 2011)..

En Algérie elle constitue avec l'élevage ovin l'essentiel de l'activité agricole (Makhlouf et al., 2003). Cette culture s'inscrit dans les systèmes extensifs céréaliculture-élevage ovin où elle joue un rôle important dans l'équilibre de l'économie des petites exploitations (Bouzerzour et al.,1997).

L'orge est également utilisée en alimentation bovine, où elle contribue à augmenter la concentration énergétique des rations alimentaires. Au Royaume-Uni, le système de production de viande bovine repose sur une ration riche en orge grain, représentant 90% de la ration totale (Mossab, 2007).

2.1.6.4. Utilisation en alimentation avicole :

En alimentation avicole, en Espagne, l'orge a remplacé le maïs dans la préparation des régimes alimentaires pour les volailles (Belyavin, 1987). L'incorporation de l'orge dans l'alimentation des poules pondeuses a amélioré l'indice de consommation et le poids des œufs, avec une ration contenant 64% d'orge et 14% de graines de soja optimisant la ponte (Brufau, 1990).

2.1.7. Ressources génétiques des orges en Algérie :

La culture de l'orge est connue en Algérie depuis longtemps sous forme de mélanges des populations locales. Le nombre de variétés d'orge cultivées en Algérie est réduit par rapport à celui des blés (Hakimi, 1993).

Les variétés Tichedrett et Saïda, qui sont encore largement cultivées sur les hauts plateaux. Après l'indépendance des introductions importantes de matériels semi-finis et finis en provenance des centres internationaux CIMMYT et de l'ICARDA ainsi que de nouvelles variétés ont été sélectionnées, cependant ces variétés restent peu demandées comme : Jaidor (Dahbia), Barberousse (Hamra), Ascad 176, (Nailia) et El-Fouara (Boufenar et al., 2006).

2.2. La culture du Triticale (X Triticosecale Wittmack) :

2.2.1. Introduction :

La culture de Triticale (*Triticale willamsonii* W.), est une céréale de la famille des Poacées, d'une grande importance en raison de sa grande consommation dans différents pays à travers le monde. Le triticale constitue une alternative dans l'alimentation humaine, il a une excellente valeur protéique (17 à 22%) ; comme fourrage il peut être consommé en vert, comme ensilage, foin, ou grain entre autres. Cette culture réagit bien dans les sols pauvres, résiste aux températures défavorables et aux agents bio-agresseurs.

2.2.2. Histoire, Origine et Génétique du Triticale : Un croisement pionnier entre blé et seigle

Le triticale, fruit d'un croisement réussi entre le blé (*Triticum* sp.) et le seigle (*Secale cereale*), deux céréales distinctes, est le tout premier grain obtenu par l'homme. La nouvelle espèce, initialement nommée "triticale hexaploïde" (X *Triticosecale* Wittmack), est une culture artificielle, hybride issue d'un croisement entre le blé et le seigle, crée en 1875 en Scotland par le botaniste écossais Alexander Stephen Wilson (1827-1893) (Stace, 1987).

Selon la vision des premiers sélectionneurs, le triticale devait combiner les meilleures caractéristiques de ses deux parents : la qualité de cuisson du blé et l'extraordinaire adaptabilité du seigle à diverses conditions agro écologiques et types de sols, ainsi qu'une résistance accrue aux parasites et aux pathogènes. Le but était de créer un nouveau type de grain demandant moins d'investissements technologiques, afin d'accroître la production alimentaire de base pour la population.

Le premier triticale produit en Écosse était stérile, car les espèces parentes ne partageaient pas le même nombre de chromosomes.

En 1888, un hybride viable a été créé en Allemagne en croisant du blé hexaploïde et du seigle par

doublement chromosomique spontané (Mergoum et al., 2009).

Les travaux effectués au centre international pour l'amélioration du maïs et du blé (CIMMYT) établi au Mexique, en utilisant des méthodes génétiques avancées ont permis de résoudre le problème de la faible fertilité des hybrides.

Le triticales est produit en doublant les chromosomes de l'hybride stérile obtenu à l'aide des techniques d'hybridation des plantes. Les hybrides de triticales sont tous amphidiploïdes, c'est-à-dire que la plante est diploïde pour deux génomes issus d'espèces différentes, autrement dit le triticales est un allotétraploïde.

Le triticales a ainsi révolutionné le monde de l'agriculture et de l'alimentation, en offrant de nouvelles opportunités pour l'alimentation humaine et animale grâce à ses caractéristiques uniques.

En outre, la qualité des grains destinés à la consommation humaine (notamment les propriétés de cuisson du pain) et à la consommation animale (augmentation de la teneur en protéines digestibles) a été améliorée. La création de variétés hivernales à tiges hautes et robustes avec une meilleure ramification productive a transformé le triticales en une plante fourragère essentielle, dont la biomasse est utilisée pour l'alimentation des ruminants sous forme de fourrage frais ou pour la production de foin ou d'ensilage. Certaines variétés sont adaptées à la pâture et à la fauche.

2.2.3. Production, Surface et Aires de culture dans le monde et en Algérie :

2.2.3.1. Le triticales dans le monde :

Selon l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), la production mondiale de triticales en 2020 était d'environ 18,7 millions de tonnes, avec un rendement moyen de 3,2 tonnes par hectare. La superficie récoltée pour le triticales était d'environ 5,9 millions d'hectares dans le monde en 2020. Les principaux producteurs de triticales en 2020 étaient la Pologne, l'Allemagne, la Russie, la Biélorussie la France et l'Ukraine (Tableau 8). La majorité de la superficie mondiale de triticales est ensemencée en hiver ou en types plus ou moins facultatifs. L'expansion de triticales d'hiver est concentrée principalement en Europe du Nord et en Amérique du Nord. Les tendances de la production montrent une croissance régulière au cours des 20 dernières années avec une croissance de 50% de la production au cours de la dernière décennie.

Tableau 8 : Principaux Pays Producteurs De Triticales Au Monde

Position	Pays	Production de Triticales (Million tons, 2014)	Superficies de Triticales (Million ha, 2014)	Rendement du Triticales (tons/ ha, 2014)
1	Poland	5,25	1,31	4,02
2	Germany	2,97	0,52	3,97
3	Belarus	2,08	0,42	7,11
4	France	2,02	0,39	5,22
5	Russia	0,65	0,25	2,64
6	China	0,36	0,21	1,82
7	Hungary	0,49	0,12	2,3
8	Spain	0,45	0,20	1,82
9	Lithuania	0,40	0,12	3,95
10	Australia	0,13	0,08	3,29

Source : FAOSTAT (2014)

2.2.3.2. Le triticale en Algérie :

Le triticale a été introduit pour la première fois en Algérie en 1971 avec les lignées Armadillo du CIMMYT. De nombreuses sélections ont été faites dans les stations ITGC avec du matériel introduit du CIMMYT et de l'ICARDA (Centre International de Recherches Agricoles dans les Zones Arides). Les lignées les plus performantes étaient principalement de type hiver et printemps, telles que Doc7, Juanillo 159, IFTT314, Assert, Fahd et Clercal.

Actuellement, En Algérie, le triticale est cultivé sur une moyenne d'environ 20500 hectares. Il est principalement utilisé comme fourrage. C'est l'Institut Technique des Grandes Cultures ITGC seul qui continue à produire de la semence. Malgré ses performances et sa parfaite adaptation aux différentes zones agro-écologiques du pays, la culture du triticale arrive à peine à se développer faute d'une promotion soutenue, d'un programme de multiplication des semences certifiées, et de l'absence d'une politique claire de développement et l'utilisation de cette culture. (Zaghouane et Boufenar, 2002).

2.2.4. Importance, utilisations et valeurs du triticale :

2.2.4.1. Importance du triticale :

Le triticale est une culture robuste et adaptable qui combine les meilleures caractéristiques du blé et du seigle (Furman et al., 1997; Dennett et al., 2013). Elle a un rendement en grain élevé, une bonne qualité de grain, une efficacité d'utilisation des nutriments similaire à celle du blé, ainsi que la robustesse et la tolérance environnementale du seigle. (Mergoum et al., 2009). Certains cultivars de triticale produisent une biomasse et un rendement en grain supérieurs à ceux du blé (Mergoum et Macpherson, 2004), ce qui en fait une culture alternative viable, en particulier dans les environnements pauvres en nutriments et sujets au stress.

L'adaptabilité du triticale aux sols difficiles, sa tolérance à la sécheresse, sa résistance au froid et sa résistance aux maladies le rendent adapté aux environnements marginaux. (Jessop, 1996; Blum, 2014; Randhawa et al., 2015; Liu et al., 2017). Dans les types de sols problématiques, les cultivars de triticale donnent des rendements meilleurs que les cultivars du blé. Le triticale présente également un intérêt particulier pour ses utilisations diversifiées et peut jouer un rôle important dans la réduction de la pauvreté de nombreuses familles nécessiteuses dans les pays en développement (Mergoum, et Gomez-Macpherson , 2004).

2.2.4.2. Utilisations du triticale :

Les bénéfices du triticale dans les systèmes d'élevage ont été principalement observés en alimentation animale. À l'heure actuelle, la majorité de la production de triticale est utilisée pour l'alimentation animale soit en grain, soit comme fourrage ou soit comme combinaison des deux (Belaid, 1994 ; Saade, 1995).

-Types de triticales :

Le triticale peut être classé en trois types de base : printemps, hiver et intermédiaire (facultatif).

a- Le triticale de printemps peut être cultivé dans des zones suffisamment humides. Ces types produisent une quantité importante de fourrage dans leurs premiers stades de développement. Ils ne sont généralement pas affectés par les changements de photopériode et ont une capacité de tallage limitée.

b- Le triticale d'hiver, en revanche, nécessite un certain nombre d'heures de froid pour répondre aux besoins de vernalisation pour initier l'épiaison, généralement 4 à 8 semaines de basse température au-dessus du zéro végétatif (9 °C). Les types d'hiver sont généralement plantés à l'automne, si les types d'hiver sont plantés au printemps sans vernalisation adéquate, ils resteront végétatifs et pourront être utilisés seulement comme fourrage.

c- Les types intermédiaires ou facultatifs sont des hybrides issus des types de printemps et d'hiver. Certains cultivars de triticale sont insensibles aux changements de lumière du jour et peuvent être cultivés dans une gamme de conditions d'ensoleillement, alors que d'autres nécessitent au moins 12 heures de lumière pour déclencher le stade de reproduction à partir du stade végétatif. (Mergoum et al., 2004 ; Salmon et al., 2004).

2.2.4.2.1. Utilisations du triticale en nutrition humaine :

La richesse nutritionnelle du triticale en fait un produit d'un grand intérêt pour la nutrition humaine dans les pays en voie de développement. Les nouvelles générations variétales de triticale présentent des améliorations significatives en termes de propriétés biologiques et de qualité des grains, grâce à une teneur accrue en protéines, notamment en lysine. Ces espèces offrent des opportunités élargies pour l'alimentation humaine, en tant que composant dans la fabrication de pains mélangés à de la farine de blé, et pour l'alimentation animale grâce à la préparation d'aliments concentrés à haute valeur nutritionnelle (Baier et Gustafson, 1996 ; Aguirre et al., 2002).

Farine et produits à base de triticale :

L'utilisation du triticale pour la consommation humaine est encore limitée. Les efforts de sélection se sont concentrés sur l'amélioration des caractéristiques agronomiques et résistance aux maladies, avec moins d'attention accordée aux caractères associés à la couleur du grain et à la qualité panifiable (Peña, 2004). Cependant, le triticale peut se substituer au blé panifiable pour fabriquer divers produits de type blé panifiable, tels que des benêts et des biscuits. Pour faire du pain avec de la farine de triticale, les procédures d'absorption, de fermentation et de pétrissage doivent être modifiées par rapport à celles du blé.

Des lignées avancées de triticale à grain blanc ont été sélectionnées au CIMMYT en fonction de leur couleur blanche et sont déjà incluses dans des essais de rendement pour la première fois en 1997/98 (Mergoum et Gómez-Macpherson, 2004).

Les stratégies d'amélioration de la qualité boulangère se concentrent actuellement sur l'accumulation de protéines d'endosperme non enzymatiques favorables.

2.2.4.2.2. Utilisation industrielles du triticale :

Le triticale a diverses utilisations dans l'industrie alimentaire, telles que la fabrication de pain, de nouilles, de produits de type blé tendre et de maltage, la production de bioéthanol à partir de ses glucides. La

résistance de la paille de la plante en fait également un matériau utile pour les matériaux de construction, les emballages et les panneaux en paille (Keith et al., 2001).

2.2.4.2.3. Utilisation du triticale comme pâturage :

En raison de l'augmentation du coût de l'ensilage de maïs, les agriculteurs font la transition vers la culture de petites céréales pour répondre aux besoins en fourrage pendant les saisons d'automne et d'hiver (Marsalis et al., 2008; Blount et al., 2017).

La biomasse aérienne du triticale est utilisée comme aliment volumineux pour les ruminants. Dans ce cas, le triticale est cultivé seul ou mélangé à des légumineuses (Poysa, 1985 ; Blade et al., 2002 ; Schwarte et al., 2005). La biomasse produite est utilisée sous forme fraîche, pour la production d'ensilage ou de foin, et même pour le pâturage dans certains cas.

Le triticale, une culture qui offre une durabilité hivernale et une haute qualité protéique pour l'alimentation animale (Furman et al., 1997; Dennett et al., 2013). Les rendements, tant en vert qu'en ensilage, peuvent dépasser ceux du blé, du seigle, de l'avoine ou de l'orge (Kim et al., 2017).

2.2.4.2.4. Utilisation du triticale dans l'alimentation des monogastriques :

Pour la croissance et la production d'animaux monogastriques, l'équilibre des acides aminés disponibles du grain de triticale est plus important que la teneur en protéines elle-même. Cela leur permet d'être utilisés pour remplacer totalement ou partiellement le supplément protéique (par exemple, le tourteau de soja) nécessaire pour équilibrer l'alimentation des monogastriques (lapins, volaille...) à différents stades de production.

2.2.4.2.5. Utilisation du triticale dans l'alimentation des ruminants :

Pour les ruminants le fourrage du triticale est un aliment plus apprécié que d'autres céréales en raison de sa plus grande digestibilité de l'amidon, ce qui en fait une culture précieuse qui combine les avantages du blé et du seigle pour le fourrage d'hiver (Habtamu et al. ;2018).

En général, les ruminants utilisent efficacement le triticale, mais il convient mieux aux jeunes veaux, aux jeunes vaches laitières ou comme complément protéique partiel dans l'engraissement pour profiter de l'excellente qualité des protéines des grains (Fox et al., 2001).

2.2.4.2.6. Utilisation du triticale dans l'alimentation des volailles :

Le triticale peut d'être utilisé de la même manière que le blé pour l'alimentation des volailles, pouvant constituer la totalité de la partie de la ration. Le grain du triticale produit des taux de croissance aux volailles similaires aux taux des formules classiques à base de maïs en utilisant une source d'énergie complémentaire (lipides) et un supplément de soja (Saade, 1995). L'utilisation du triticale dans la nutrition des volailles est remarquable et mérite d'être considérée. Le triticale a un profil nutritionnel similaire à celui du maïs et du tourteau de soja, mais il est moins cher. Il convient d'encourager à la fois les producteurs et les utilisateurs alimentaires à remplacer progressivement le maïs par le triticale.

2.2.4.2.7. Utilisation du triticale comme ensilage :

Le triticale a été étudié comme substitut possible de l'ensilage d'orge et de maïs chez les bouvillons d'engraissement, avec un certain succès (Rojas et Catrileo, 1998). Le moment idéal pour couper le triticale pour produire un ensilage de qualité pour les bouvillons d'engraissement s'est avéré être pendant la phase d'anthèse (Z65), soit après 210 jours de croissance. A ce stade, la culture peut contenir une teneur en matière sèche de 29,5 %, une digestibilité de 70,6 %, des protéines brutes de 7,6 %, une énergie métabolisable de 2,46 Mcal/kg et un rendement de 21,5 tonnes de matière sèche par hectare (Claudio, et al., 2004).

2.2.4.2.8. Utilisation du triticale pour la production de paille et de foin :

Des études ont établi que le triticale produit généralement plus de paille que le blé et l'orge, en particulier dans les régions arides et semi-arides (Mergoum, et al., 1992). La paille est une source importante d'alimentation animale, en particulier pendant les périodes sèches. (Benbelkacem, 1991; Mergoum et al., 1992; Ouattar et Ameziane, 1989).

2.2.4.2.9. Utilisation du triticale pour équilibrer les rations fourragères :

Selon le rapport de Broicher (1999), Les agriculteurs utilisent le triticale en combinaison avec d'autres aliments pour créer une variété de systèmes d'alimentation, ce qui met en évidence la flexibilité du triticale en tant que source d'alimentation. Le rapport a également montré que le grain du triticale est très appétissant et acceptable pour les animaux, et qu'aucun problème de santé n'a été signalé chez les bovins nourris avec du grain de triticale ou de l'ensilage.

Broicher décrit cinq formules d'utilisations spécifiques du triticale à la ferme :

- 1- Un mélange de grains à 50-70 % avec de l'orge ou 50 % de triticale + 50 % de luzerne ;
- 2- Jusqu'à 10 à 15 % de l'alimentation des bovins laitiers sous forme de pâturage et de 70 à 100 % de l'alimentation des bovins d'engraissement pendant la saison de pâturage ;
- 3- Un taux de 80 % d'ensilage (mélange d'orge, de triticale et de luzerne) avec 20 % de grains (50/50 d'orge et de triticale), la composante de grains étant augmentée pour la finition ;
- 4- Une ration de grains (50/50 avoine et triticale) avec 66 % de paille et de foin (luzerne plus brome) et 34 % de triticale pour le fourrage grossier ; et
- 5- Un taux de 80 % de grains (50/50 d'orge et de triticale) avec 16 % d'ensilage (seigle, rarement de triticale) et 4 % de complément alimentaire.

2.2.5. Valeur nutritive du grain du triticale :

Le triticale grain présente des avantages évidents en tant qu'aliment pour les animaux, sa composition en acides aminés répond bien aux besoins nutritionnels des animaux monogastriques et de la volaille (Belaid, 1994 ; Pfeiffer, 1994 ; Saade, 1995 ; Varughese, et al., 1996). L'intérêt pour les grains de triticale a augmenté en raison de leur teneur élevée en protéines et de leur meilleure composition en acides aminés par rapport aux autres céréales utilisées dans l'alimentation animale (Tableau :9) (Boros, 2002).

Des études menées en Algérie et en Tunisie ont montré que le triticale peut remplacer le maïs dans

l'alimentation de la volaille (Belaid, 1994 ; Saade, 1995).

Le grain de triticale est principalement utilisé pour l'alimentation animale, notamment sous forme de concentrés qui rivalisent avec en termes du rapport qualité/prix avec le maïs et l'orge (Rojas et al., 1991 ; Claudio et al., 2004).

Tableau 9. La composition en acides aminés dans le grain de triticale (g d'acide aminé pour 100g d'azote total).

Acides aminés	Farine de blé entier	Triticale
Lysine	17,9	19,6
Valine	27,6	24,2
Leucine	45	41,7
Isoleucine	20,4	18,7
Méthionine	9,4	6
Thréonine	18,3	19,6
Tryptophane	6,8	6,3
Phénylalanine	28,2	28,6
Cystine	15,9	7,9
Tyrosine	18,7	19,5
Arginine	28,8	38,2
Histidine	14,3	13,3
Alanine	22,6	25,8
Acide Aspartique	30,8	41,6
Acide Glutamine	186,6	152,8
Glycine	25,4	26,5
Proline	62,1	52,1
Serin	28,7	25

Source : Mukhametov et al., (1996).

Les grains de triticale, en termes de présence d'acides aminés essentiels, de certains minéraux et de vitamines (Tableau 9), peuvent satisfaire une part significative des besoins des animaux (Morey, 1983 ; Macrae et al., 1993 ; Lorenz et al., 1974 ; Michela et Lorenz, 1974 ; Lebedzinska et Szefer, 2006 ; Kowieska et al., 2011).

L'analyse chimique des grains de triticale (tableau 10) est utilisée au centre CIMMYT comme méthode de sélection pour identifier les génotypes présentant un profil nutritionnel préféré pour une espèce animale particulière.

La composition chimique moyenne des grains de triticale en différents éléments est présentée dans le Tableau 10, tandis que la composition chimique comparative et la valeur énergétique de certains grains de céréales en Europe sont présentées dans le Tableau 11 (De Boer et Bichel, 1988).

Tableau 10 : La composition en minéraux du grain de triticale

Minéraux	Brut	Sec	Unité
Calcium	0.6	0.7	g/kg
Phosphore	3.3	3.8	g/kg
Phosphore phytique	2.5	2.9	g/kg
Magnésium	1.1	1.2	g/kg
Potassium	4.9	5.7	g/kg
Sodium	0.06	0.07	g/kg
Chlore	0.6	0.7	g/kg
Soufre	1.4	1.7	g/kg
Bilan cations-anions	23	27	mEq/kg
Bilan électrolytique	113	131	mEq/kg
Manganèse	20	24	mg/kg
Zinc	24	28	mg/kg
Cuivre	5	6	mg/kg
Fer	40	46	mg/kg
Cobalt	0.09	0.1	mg/kg
Molybdène	0.5	0.6	mg/kg
Iode	0.09	0.1	mg/kg

Les grains de triticale, sont extrêmement adaptés et hautement digestibles pour les animaux en raison de leur teneur en amidon et de leur relative faible teneur en fibres brutes (Tableau 11).

Tableau 11 Composition chimique comparative et valeur énergétique du triticale et d'autres céréales en Europe (g / kg de matière sèche)

Indicateur	Maïs	Blé	Triticale	Seigle	Avoine
Protéines Totales	106	130	140	116	120
Huiles	47	23	22	22	55
Cellulose	24	27	27	27	112
BEM	808	802	791	813	680
Amidon	700	680	620	640	440
Sucres	20	31	55	50	18
Sels minéraux	15	18	20	22	33
Calcium	0,4	0,8	0,9	0,9	1,2
Phosphore	3,1	4,0	3,6	3,2	3,8
Contenu énergétique (MJ/kg) de matière sèche					
ME, ruminants	14,2	14	14	13,9	11,5
AME, volaille	15,9	14,8	14,5	12	12,3

BEM : Matière extractive non essentielle ; **ME**: Énergie métabolisable; **DE**: Énergie digestible ; **AME** : Énergie métabolisable apparente pour la volaille

Source : Đekić et al., (2009).

2.2.5.1. Propriétés physico-chimiques du grain triticale :

En termes de teneur en lysine qui l'acide aminé indicateur de qualité protéique, le triticale est nettement supérieur aux blés. Le grain de triticale a des propriétés physico-chimiques similaires à celles du blé et du seigle (Tableau 9 et 11).

1-Teneur en protéines : Le grain de triticale a une teneur élevée en protéines entre 10 % et 16 %.

2-Teneur en amidon : La teneur en amidon, est comprise entre 50 % et 70 %.

3-Teneur en fibres : Le grain de triticale contient des fibres solubles et insolubles, qui facilitent la digestion et réduit le taux de cholestérol.

4-Teneur en minéraux : Tels que le K, P, Mg et Ca, qui sont importants.

5-Teneur en lipides : Une faible teneur en lipides, comprise entre 1 % et 3 %.

6-Absorption d'eau : Le grain de triticales a de bonnes propriétés d'absorption d'eau, ce qui le rend approprié dans divers produits alimentaires.

7-Propriétés de gélification : L'amidon de triticales a de bonnes propriétés de gélification, ce qui le rend approprié pour le pain et les pâtes (Đekić et al.,2009).

2.2.6. Potentialités de la culture du triticales :

Le rendement en grains du triticales est relativement élevé par rapport aux autres cultures céréalières. Lorsqu'il est cultivé dans des zones plus humides, le triticales donne des productions supérieures de 137 % que le blé tendre, 130 % que le blé dur et 104 % que l'orge. Dans des conditions normales, le triticales dépasse la productivité du blé tendre, du blé dur et de l'orge de 6 %, 16 % et 19 %, respectivement (Christopher Kirchev M,2019). Selon Blum, (2014), le triticales a un rendement potentiel moyen à excellent dans des conditions limitées en eau, mais il se comporte bien dans les sols fertiles avec une irrigation adéquate. Bona, (2004), a montré que le triticales avait une performance aussi bonne que celle du blé tendre et supérieur à celle du blé dur et de l'orge notamment en termes de biomasse. Ceci est dû à la plus grande efficacité d'utilisation des radiations (RUE) par le triticales comparativement au blé (Estrada-Campuzano et al.2012).

Blum (2014) ; Mergoum et al., (2004), ont montré que le triticales a une bonne à excellente adaptation aux conditions d'approvisionnement en eau limité et aux sols problématiques, comme la salinité, le pH acide, les toxicités et les carences en minéraux.

CHAPITRE 3 :

DÉFIS POSÉS PAR LE STRESS HYDRIQUE ET THERMIQUE POUR LES CULTURES D'ORGE ET DE TRITICALE.

3.1. Introduction :

En 2020, la FAO a établi une définition géopolitique du stress hydrique, la décrivant comme la proportion d'eau douce prélevée dans les ressources en eau douce disponibles et non renouvelables. Chaque année, une partie de ces ressources en eau non renouvelables est exploitée, mais malheureusement, elles diminuent rapidement. Les pays les plus gravement touchés par ce problème se trouvent principalement en Asie occidentale, en Asie centrale et en Afrique du Nord, comme illustré dans la figure 6. L'Algérie, faisant partie de ces régions, enregistre un taux de stress hydrique d'environ 150 % figure 5.

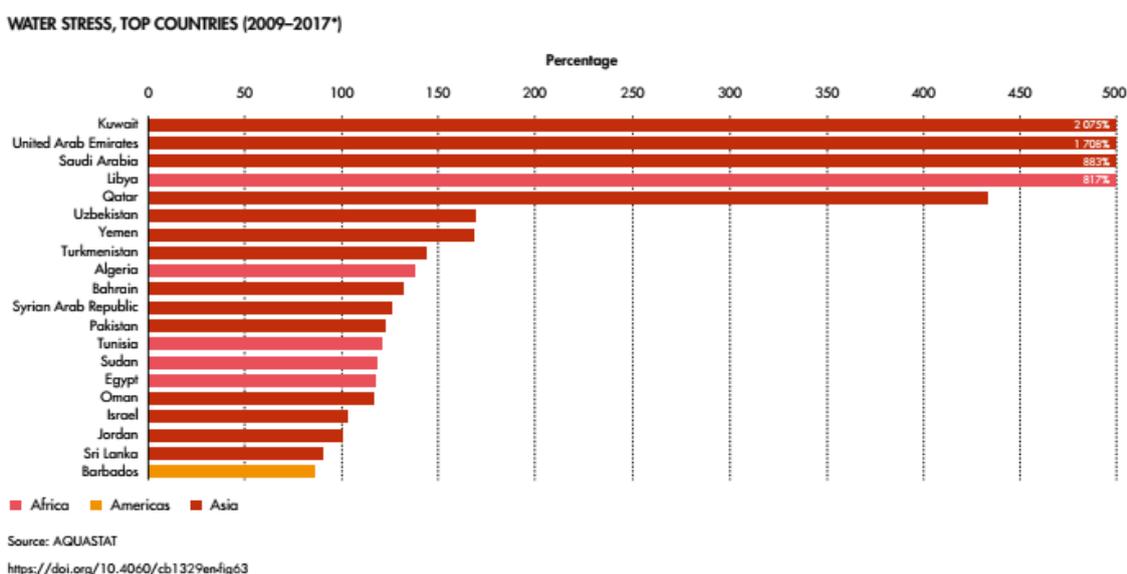


Figure 5 : Pays touchés par le stress hydrique (2009-2007)

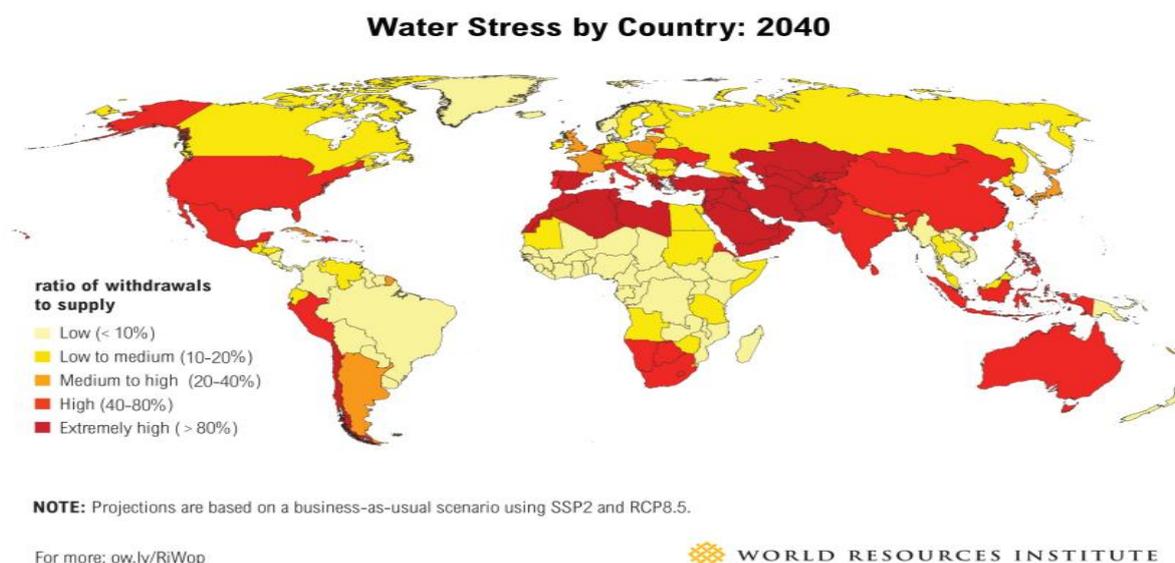


Figure 6. Niveaux de stress par région du monde

Un rapport coordonné par l'Organisation météorologique mondiale (OMM) met en évidence que, à mi-chemin de l'Agenda 2030, la planète est loin d'atteindre ses objectifs climatiques, ce qui compromet les efforts mondiaux pour lutter contre la faim, la pauvreté, l'amélioration de l'accès à l'eau propre et à l'énergie, ainsi que d'autres aspects du développement durable.

Le rapport révèle que seuls 15 % des Objectifs de Développement Durable (ODD) sont en bonne voie, principalement en raison de l'impact des changements climatiques et des phénomènes météorologiques extrêmes sur ces objectifs.

Le rapport met en évidence la nécessité d'investir d'avantage dans les sciences et les services liés au climat, car entre 1970 et 2021, près de 12 000 catastrophes liées au climat et à l'eau ont causé plus de 2 millions de décès et 4,3 billions de dollars de pertes économiques, laissant une grande partie des pays en développement vulnérables.

Le réchauffement climatique et les émissions de gaz à effet de serre continuent d'augmenter (**Figure 6**), ce qui rend essentielle une action immédiate et des transformations majeures pour atteindre les objectifs de l'Accord de Paris.

Les défis climatiques éprouvants inhérents au climat algérien limitent la manifestation des caractéristiques génétiques des variétés de cultures pluviales, en particulier des cultures céréalières. Cela explique la stagnation des rendements agricoles, qui n'a montré aucune amélioration depuis plus de cinquante ans (Chehat et al., 1993; Bouzerzour et al., 1998).

Les caractéristiques climatiques stressantes en Algérie se divisent en 03 principales régions (Figure 7):

1. Le Sahara, une région désertique extrêmement aride, où la pluviométrie annuelle moyenne est inférieure à 100 mm. Cette zone est marquée par un climat chaud et sec, avec des températures estivales atteignant des niveaux extrêmes, des précipitations limitées, des tempêtes de sable et des vents saisonniers, notamment le Sirocco et le Chergui.
2. Les zones côtières et les massifs montagneux présentent un climat méditerranéen, caractérisé par des précipitations hivernales et des étés secs. Les précipitations sont inégalement réparties et peuvent atteindre jusqu'à 1600 mm par an dans les régions montagneuses.
3. Les hauts plateaux, couvrant environ 9 % de la superficie totale de l'Algérie, comprennent 5 millions d'hectares de terres agricoles. Ils bénéficient d'un climat semi-aride avec des précipitations annuelles allant de 100 à 400 mm (FAO, 2005). Les hauts plateaux concentrent plus de 80 % de la production céréalière algérienne (Baldy, 1993).

3.2. Contexte biophysique stressant pour les cultures d'orge et du triticale :

Les régions semi-arides, en particulier, sont sujettes à des caractéristiques climatiques stressantes. La sécheresse a des impacts significatifs sur l'agriculture, la disponibilité en eau et l'économie en général. Baldy (1974) identifie les principales contraintes climatiques affectant les rendements céréaliers en Algérie, notamment des pluies d'automne imprévisibles, le risque de sécheresse nuisant la germination et la levée des cultures, le risque d'orages violents perturbant les semis. Marqué aussi par des températures hivernales basses en altitude, des déficits hydriques post-floraison préjudiciables à la formation des grains, une

diminution de la fréquence des précipitations à partir d'avril avec des températures de plus en plus élevées, des gelées printanières endommageant les cultures, et des crues soudaines causées par des précipitations entraînant des inondations dévastatrices.

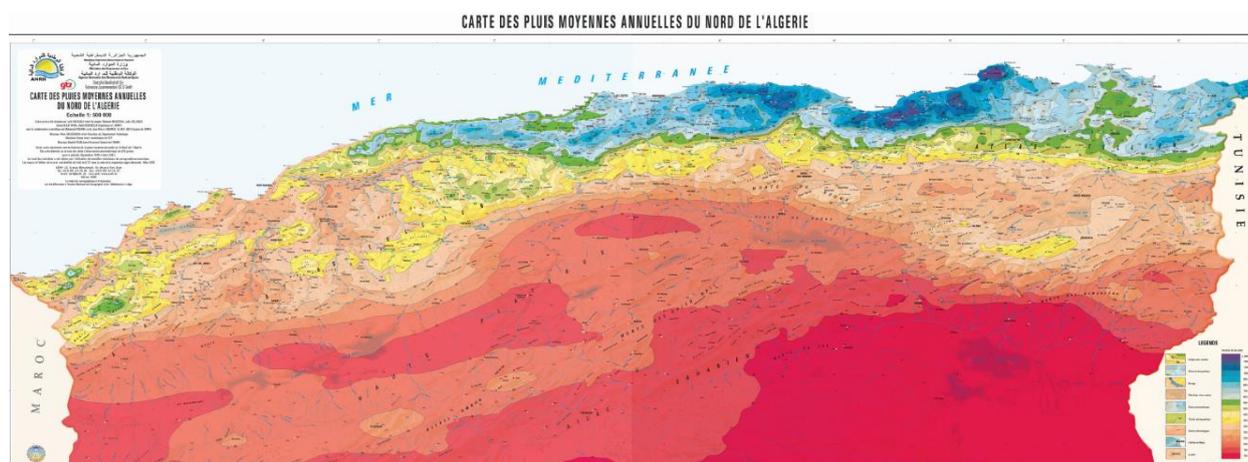


Figure 7. Carte des pluies moyennes du nord de l'Algérie source (INSID, 2012).

3.3. Caractéristiques de la Zone des Hauts Plateaux de Sétif :

Bien que située à moins de 100 km de la mer, la région de Sétif est dominée par un climat continental avec d'importantes fluctuations de température annuelles et journalières.

Deux phénomènes climatiques majeurs sont souvent un impact néfaste sur les rendements céréalier :

- Le sirocco, qui survient à partir des premières semaines de Mai, affecte le remplissage des grains et le poids de 1000 grains (Bouzerzour, 1992).

- Les gelées tardives, représentent un risque considérable depuis Octobre jusqu'à la première décade de Mai, affectent la fertilité des épis (Bouzerzour, 1990).

La Région de Sétif est divisée en trois différentes zones Agro-climatiques

- La zone Nord Les sols sont argileux et profonds. Ces sols sont propices à la production céréalière.
- Zone centre est de plus petite taille, c'est une région intermédiaire avec un terrain plat et un vaste plateau. Le climat est très variable, des précipitations réduites (350 mm/an).
- Zone Sud a une superficie plus étendue mais aussi plus sèche (250 mm/an). Les sols sont légers, rocheux et sablonneux, avec quelques zones salines (Figure 8 a et b).

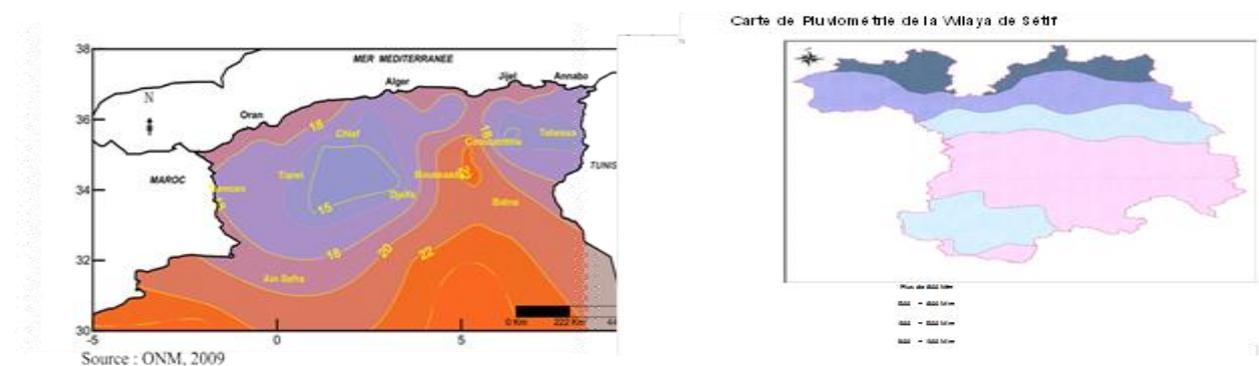


Figure 8. a température moyenne en Algérie 1959-2005. b Carte pluviométrique de la wilaya de Sétif source ONM, 2009

3.3.1. Étude fréquentielle de la sécheresse de la région de Sétif (quantification basée sur l'indice de Gaussen) :

Les résultats des fréquences d'une étude effectuée sur 20 ans (1990-2010) ont révélé la gravité et les risques de sécheresse ($P < 2T$) qui peuvent surgir au cours du cycle de développement des céréales d'hiver, en effet la succession de mois secs peut aller de 2 à 4 mois secs consécutifs Tableau 12.

* Supérieur ou égale à 2 mois secs successifs fréquence 17 fois,

* Supérieur ou égale à 3 mois secs successifs fréquence 5 fois,

* 4 mois secs successifs fréquence 2 fois (2000 et 2007).

Tableau 12 : Sécheresse mensuelle enregistrée sur une période de 20 ans (1990-2010)(source ONM)

	sept	oct.	nov.	dec.	janu.	feb.	mars	avril	mai	juin
1990	sec				sec					sec
1991	sec									sec
1992		sec						sec		sec
1993	sec	sec					sec		sec	sec
1994			sec							
1995										sec
1996	sec	sec	sec			sec	sec		sec	sec
1997							sec			sec
1998		sec						sec	sec	sec
1999					sec	sec				sec
2000	sec		sec				sec	sec	sec	sec
2001		sec		sec				sec	sec	sec
2002	sec	sec								
2003	sec		sec							sec
2004	sec	sec					sec		sec	sec
2005	sec	sec					sec			sec
2006		sec	sec		sec				sec	sec
2007		sec	sec	sec	sec					sec
2008									sec	sec
2009		sec								sec

Le tableau (13) présente la fréquence de mois secs qui s'est produite durant la période de 20 ans (1990-2010) (indice de Gaussen $P < 2T$) :

*La fréquence de ne pas avoir de mois sec était nulle 0%, il n'y a pas eu d'année sans sécheresse, les années mois sèches étaient 1994 et 1995 avec 1 mois sec au cours du cycle de développement du blé avec une fréquence de 10%.

*La fréquence d'avoir plus de 3 mois secs par cycle est 75% ;

*La fréquence d'avoir plus de 4 mois secs par cycle est 50% ;

*Les plus dangereuses périodes sont celles qui ont connues 5, 6 et 7 mois de sécheresse au cours du cycle 35% l'année 1996 était exceptionnelle en enregistrant 7/10 de mois de sécheresse.

Tableau 13 : Fréquence du nombre annuel de mois secs ($P < 2T$) sur une période de 20 ans (1990-2010) (source ONM)

Nombre de mois secs/année	Nombre d'années	Pourcentage (%)
0	0	0%
1	2	10
2	4	20
3	5	25
4	3	15
5	5	25
6	1	5
7 /10 mois(1996)	1	5

Le tableau 14 indique la répartition des fréquences mensuelles de sécheresse sur le cycle de développement et de croissance des céréales, toutes les périodes de l'année sont susceptibles d'avoir de sécheresse, les fréquences se produisent beaucoup plus au début et à la fin du cycle des céréales c'est à dire à la levée et au stade remplissage grain/maturité ; les mois d'hiver les plus arrosés Déc, Janv et Fév peuvent aussi même avoir de sécheresse.

Tableau 14 : Fréquence mensuelle de sécheresse ($P < 2T$) sur une période de 20 ans (1990-2010) (source ONM)

	Sep	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin
Nombre de fois de sécheresse mensuelle /20 ans	9	11	6	2	5	2	6	4	8	18
Fréquence (%)	45	55	30	10	25	10	30	20	40	90

À côté de ces fréquences, Oudina et al., (1988) ont fait une comparaison entre les besoins en eau de la culture du blé dur avec la pluviométrie mensuelle moyenne de la région de Sétif et ont déduit ainsi les écarts au cours du cycle de développement qui présente souvent des déficits (Tableau 15).

Tableau 15 : Écarts entre les besoins en eau et la pluviométrie du cycle de la culture de blé dur de la région de Sétif (Oudina et al.,1988).

	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Total
Précipitation mm	53	52	60	45	43	36	289
Besoins Cultures mm	90	60	60	90	120	150	570
Écarts mm	-37	-8	0	-45	-77	-114	-281

3.4. Stress abiotiques et les cultures d'orge et du triticale :

Les stress abiotiques : hydrique, thermique, la salinité, l'inondation, la toxicité et la carence en minéraux, les métaux lourds, les rayons UV sont des contraintes environnementales majeures les plus répandues limitant la productivité des cultures et causant des impacts économiques et sociologiques dévastateurs. On estime que les stress abiotiques réduisent le rendement des cultures d'environ 50 % (Rodziewicz et al., 2014). En tant qu'organismes sessiles incapables de se déplacer et fuir le stress, les plantes doivent réguler leur croissance et leur développement pour survivre aux environnements défavorables. Pour faire face à ces conditions, les plantes ont développé divers mécanismes d'évasion, d'évitement ou de tolérance au niveau moléculaire, cellulaire et de la plante entière. Les réactions des plantes et les processus d'acclimatation variaient en fonction de la durée et de la gravité du stress, ainsi que de l'âge et du stade de développement de la plante (Peleg et Smith, 2022).

3.4.1. Stress hydrique : Les plantes dépendent de l'eau comme environnement interne, qui sert de matrice vitale pour la fonction cellulaire. Les organes végétaux contiennent entre 80% et 90% d'eau appelée d'imbibition, qui est essentielle à leur fonctionnement. Cette eau s'évapore par transpiration et est continuellement remplacée par l'eau absorbée par les racines. Le taux d'absorption dépend de l'humidité relative du sol et du développement du système racinaire (Baldy et al.,1993).

Le stress hydrique des plantes survient lorsque la plante ne reçoit pas suffisamment d'eau pour répondre à ses besoins physiologiques normaux. Cela peut se produire en raison d'un manque d'eau disponible dans le sol ou d'une incapacité de la plante à absorber l'eau.

Selon Kiani, (2007), l'installation d'une sécheresse se manifeste par la combinaison d'une part de la restriction de la disponibilité en eau du sol et d'autre part de l'augmentation de la demande évaporatoire. Le déficit hydrique est une contrainte permanente dans les sols semi-arides à faible réserve hydrique, qui affecte la production agricole dans de nombreux pays au climat méditerranéen.

3.4.1.1. Effets du stress hydrique:

Le stress hydrique a des effets négatifs sur la croissance, la reproduction et la survie des plantes, l'eau est nécessaire à la photosynthèse, la régulation de la température et l'absorption des nutriments. Les symptômes du stress hydrique chez les plantes peuvent inclure le flétrissement des feuilles, la réduction de la taille des fruits ou une mortalité accrue des plantes.

Lorsque le taux de transpiration dépasse l'absorption d'eau par les plantes il entraîne une déshydratation des plantes et une baisse de la productivité des cultures. C'est la durée, le stade de développement de la plante, le génotype et son interaction avec l'environnement qui définissent le degré de l'effet du stress hydrique (Yokota et al., 2006).

3.4.1.1.1. Phases du stress hydrique :

En présence d'un stress le statut hydrique de la plante passe, par 03 principales phases, selon développement du stress hydrique :

-Phase initiale, la transpiration et l'assimilation se déroulent comme si la plante dispose de l'eau à volonté. Cette phase se poursuit jusqu'au moment où le niveau de réserve utile du sol est épuisée à 50 %.

-Deuxième phase : Si l'épuisement de la réserve utile dépasse 50 %, la plante entre dans une phase où la transpiration et l'assimilation sont réduites relativement au niveau potentiel; La plante réagit de façon dynamique, pour ajuster l'équilibre entre la demande climatique et l'offre du sol, faisant intervenir des mécanismes qui sont la régulation stomatique, l'ajustement osmotique et le développement du système racinaire,

-Troisième phase : Quand le déficit hydrique devient plus intense, la plante ferme ses stomates complètement, annule toutes activités photosynthétiques. Les pertes hydriques qui puissent exister, se produisent à travers la cuticule. La respiration consomme les hydrates de carbone stockés et la plante passe au stade de survie,

d-Période de survie dépend du rythme de la transpiration résiduelle et de la tolérance à la dessiccation des tissus vivants restants (Tardieu, 2005).

L'effet du stress hydrique sur les plantes céréalières en générale peut se produire à n'importe quel stade de la plante il varie en fonction de la phase de croissance et de son cycle de développement:

3.4.1.1.2. Effets du stress hydrique au stade de croissance végétative :

-Au début du cycle végétatif le stress hydrique affecte la germination des graines, le taux mortalité à la levée augmentent dans un lit de semence sec (Johnson et Assay, 1993), Ce taux varie entre 32.5% et 67.5%

(Blum et al.,1980). Généralement l'embryon de la graine est plus ou moins tolérant au stress mais après germination il perd cette faculté (Blum et al.,1980).

- Au stade tallage, le stress hydrique réduit le nombre de talles fertiles et par conséquent réduit plus tard le nombre de grains par mètre carré (Attia, 2007).

- Selon Shepherd et Griffiths, (2006), au stade de croissance végétative l'inflorescence des céréales est relativement protégée de l'évaporation par des surfaces protectrices qui les entourent en plus d'une cuticule épaisse qui fait que le statut hydrique des inflorescences est meilleur que celui des feuilles.

-Au cours du stade épi 1 cm jusqu'à la floraison, la taille et la qualité de l'appareil photosynthétique qui alimente la plante sont conditionnées, de même que les composantes de rendement. Un déficit hydrique lors de cette phase est pénalisant (Anonyme, 2013).

3.4.1.1.3. Effets du stress hydrique au stade de reproduction :

Au stade inflorescence des céréales le déficit hydrique affecte significativement les composantes du rendement, il provoque la réduction du nombre de grains par épi, du nombre d'épis par plant, le poids moyen du grain, l'indice de récolte et le rendement grain (Chenafi et al., 2006). Il provoque au moment de la floraison la destruction des organes floraux. Pour Labdelli, (2011), une sécheresse se produisant au milieu de cycle végétatif va affecter la fertilité des organes reproducteurs de la plante, survenant en fin de cycle végétatif c'est la formation et le remplissage du grain qui sont affectés.

Debaeke et al. (1996), notent que durant le remplissage des grains, s'il y a une diminution du niveau et de la durée de disponibilité en eau, ça conduit à une réduction du poids moyen des grains, donc la période sensible majeure au déficit hydrique se situe entre la dernière feuille et l'étape grain pâteux-durci.

Pour Oweiss *et al.* (1998), la phase critique débute avec le stade gonflement et se termine 20 jours après l'épiaison.

3.4.1.1.4. Effets du stress hydrique sur le développement racinaire :

Les racines sont les premiers organes de détection de stress hydrique en particulier, leur extrémité qui est le site principal pour une cette perception (Shimazaki et al., 2005). En cas de stress hydrique, la croissance racinaire peut être réduite ou stoppée, car les racines ont besoin d'eau pour se développer et absorber les nutriments. Les plantes peuvent également réduire le nombre de racines latérales et la densité racinaire en réponse à un stress hydrique. La profondeur racinaire n'est pas le seul critère d'adaptation à la sécheresse, car la densité racinaire peut être aussi importante, même si elle est superficielle (Mouhouche, 2001). Le rapport poids des racines/ poids des tiges augmente chez les plantes exposées au déficit hydrique, à cause de la croissance racinaire au détriment de la partie aérienne (Benmahammed et al., 2008). Les plantes peuvent également produire des racines plus profondes pour atteindre des sources d'eau plus profondes dans le sol, les racines peuvent devenir plus fines et plus ramifiées, pour explorer une plus grande surface du sol pour trouver de l'eau.

3.4.1.1.5. Effet du stress hydrique sur la photosynthèse :

La photosynthèse est très sensible à la sécheresse, elle influence la capacité photosynthétique des plantes. La réduction de la photosynthèse par le stress hydrique est l'une des causes majeures de la réduction de la

croissance et de la productivité végétale (Farissi et al, 2014). La quantité de la chlorophylle est influencée par l'âge des feuilles, leurs positions, les facteurs environnementaux et la disponibilité en eau.

Le déficit hydrique limite l'activité photosynthétique à travers un abaissement des teneurs en pigments chlorophylliens. La réduction de la teneur en chlorophylles est due soit à une dégradation des protéines soit à une inhibition de leur synthèse. (Hikosaka et al., 2006).

3.4.1.2. Mécanismes d'adaptation aux stress hydrique :

Généralités et Rappels :

La réponse des plantes à la sécheresse dépend du génotype, de la durée et de la gravité du déficit hydrique et du stade de développement (Nezhadahmadi et al., 2013). Elle induit une série de modifications morphologiques, physiologiques, biochimiques et moléculaires chez les plantes (Osakabe et al., 2014).

Selon Huber, (2007) les plantes ont développé différentes stratégies d'adaptation pour faire face aux contraintes environnementales liées au climat, comme la sécheresse. Pour cela, elles disposent de mécanismes complexes de perception et de signalisation leur permettant de répondre aux stimuli.

3.4.1.2.1. Classifications des réponses au stress : Les adaptations au stress hydrique **se classent** en trois grands types : (Levitt, 1972 ; Deraissac, 1992 ; Belhassen et al.,1995).

- **Échappement ou esquivé** qui consiste à réaliser le cycle pendant la période favorable, permet à la plante de ne pas subir directement de contraintes hydriques en réalisant son cycle en dehors des périodes sèches.

La précocité est l'une des caractéristiques les plus cruciales dans l'adaptation des plantes au stress hydrique (BenSalem et al.,1997). La floraison et la maturité précoces chez les céréales, sont des mécanismes d'adaptation qui sont utilisées par les agriculteurs et intéressent les sélectionneurs (Rekika, 1997).

- **Évitement de la déshydratation ou résistance** C'est la capacité de la plante à survivre et à s'accroître en présence d'une contrainte hydrique. Elle correspond à un retard dans la déshydratation, résultant de l'augmentation de la vitesse d'absorption d'eau, de la régulation stomatique ou de la diminution de la transpiration (Blum 1988 ; Gay et Bloc, 1992 ; Belhassen et al., 1995).

- **Tolérance à la déshydratation :** Une plante adaptée est celle qui tolère et résiste à un stress donné et réussit à produire à un niveau satisfaisant malgré une dégradation de son état hydrique (Papadakis, 1932 ; Blum et al., 1981 ; Gay et Bloc, 1992 ; Passioura, 1996 ; Fella et al., 2002 ; Tardieu, 2004).

3.4.1.2.2. Types d'adaptations au stress hydrique:

Le stress hydrique se traduit chez la plante par une série de modifications qui touchent les caractères morphologiques, physiologiques et biochimiques, à partir du moment où les besoins en eau de la plante sont supérieurs aux quantités disponibles (Mefti et al., 2000).

3.4.1.2.2.1. Adaptations phénologiques :

C'est est un phénomène relatif à la périodicité des événements de la plante et leur interaction avec la variabilité climatique du milieu de production (Kirby et al., 1985). La phénologie rythme le développement de la plante et ajuste le cycle végétatif de manière à l'assortir aux conditions optimales de croissance de l'environnement de production (Bouzerzour et al. 1998). La précocité à l'épiaison et à maturité est un mécanisme important d'esquive de la sécheresse tardive. Chaque jour gagné en précocité génère un gain de rendement variant entre 30 et 85 kg/ha chez les céréales (Fischer et Maurer, 1978).

3.4.1.2.2.2. Adaptations morphologiques :

En milieu variable, les caractères morphologiques jouent des rôles importants qui réduisent la variabilité des rendements en grains (Harrath, 2003). L'effet de la sécheresse peut se traduire, selon la stratégie adaptative de chaque espèce ou variété, par des modifications morphologiques pour augmenter l'absorption d'eau et diminuer la transpiration. Ces modifications peuvent affecter la partie aérienne ou souterraine :

a- Partie aérienne Parmi les mécanismes développés par les plantes pour répondre ou de s'adapter au manque d'eau : La réduction de la surface foliaire, du nombre de talles et enroulement des feuilles (Blum, 1996; Slama et al., 2005).

- **Réduction de la surface foliaire** : Bien que la surface foliaire, détermine à la fois les quantités d'eau utilisées par la plante et les quantités de carbone fixées par voie photosynthétique (Cooper et al., 1983; Benmahammed et al., 2008), sa réduction quand le stress hydrique est très important constitue un mécanisme d'adaptation (Mouellef, 2010). Les plantes laissent tomber des feuilles pour réduire la perte d'eau (Cooper et al., 1983 ; Benmahammed et al., 2008; Belkherchouche et al., 2009). Seules les dernières feuilles sont retenues pour réaliser la photosynthèse (Saghir et al., 1968 ; Jebbouj et Elyousfi, 2006).

- **Port et hauteur de la plante** : Chez l'orge, le port verticale et les feuilles étroites seraient plus favorables à une adaptation au stress hydrique que les feuilles larges et flasques (Acevedo et Ceccarelli, 1987 ; Mekliche, 1983; Meziani et al. 1992; Benmahammed, 2005). Les variétés à paille haute ont souvent un système racinaire profond qui confère à la plante plus de capacité à extraction de l'eau (Bagga et al., 1970), et plus apte à stocker plus de réserves, qui seront transférées vers le grain (Ben Abdellah et Ben Salem, 1993).

- **Enroulement des feuilles** : C'est un caractère d'évitement de la déshydratation assez fréquent chez les plantes cultivées (orge, blé, sorgho, triticale...) (Monneveux et This, 1997). L'enroulement des feuilles peut entraîner une diminution de 40 à 60 % de la transpiration chez certaines variétés de blé (Amokrane et al., 1970).

- **Glaucescence des feuilles** : La couleur claire des feuilles et la présence de cire induisent une augmentation de la réflectance qui réduit les pertes en eau (Clarke et al., 1992). La cire épicuticulaire diminue la perméabilité de la cuticule et augmente l'albédo de la culture. Les feuilles glauques réfléchissent une grande partie de la lumière reçue (Clarke et al., 1992). Un albédo élevé réduit la charge d'énergie des rayons sur la plante, le seigle et le triticale ont un albédo plus élevé que celui du blé (Saulescu et al. 2011).

- **Barbes** : Selon Hadjichristodoulou, (1985), la longueur des barbes semble être un paramètre

morphologique étroitement lié à la tolérance au déficit hydrique terminal pour la culture du blé dur.

b- Partie racinaire : Un système racinaire capable d'extraire l'eau du sol est un caractère essentiel pour l'adaptation à la sécheresse (El Fakhri et al., 2011). La relation positive entre la rapport de la matière sèche aérienne /matière sèche racinaire et la sensibilité de la plante à la sécheresse a bien été mise en évidence par Baldy (1974) ; Benlaribi et al.(1990) et Ali Dib et al.(1992).

3.4.1.2.2.3. Adaptation physiologiques et critères indicateurs de tolérance au stress:

Le rendement et les composantes du rendement sont toujours utilisés comme critères de sélection les plus efficaces pour le blé soumis à un stress (Ozkan et al.,1998; Mohammadi et al., 2004). Cependant, ces dernières années, les chercheurs ont montré que certains critères physiologiques tels que la conductance stomatique (Bahar et al., 2009), le taux de photosynthèse de la feuille drapeau (Koc et al., 2003), la stabilité thermique de la membrane (Yildirim et al., 2009), la température de la canopée (Bahar et al., 2008) , la teneur en chlorophylle et la teneur relative en eau (Yildirim et al., 2011) étaient les critères de sélection complémentaires pour la tolérance au stress hydrique et thermique dans des conditions méditerranéennes (Koc et al., 2008).

a- Régulation stomatique : Le contrôle stomatique équilibre le bilan hydrique de la plante, restaure la turgescence et la croissance, et protège les organelles des feuilles sensibles vis-à-vis du déficit hydrique (De Raissac, 1992). La réduction des pertes d'eau par régulation stomatique de la transpiration est un des moyens pour refroidir la plante et retarder le déficit hydrique intense (Bois et Couchat, 1985 ; Thomas et al., 2001). La fermeture des stomates est déclenchée par un signal chimique racinaire : l'acide abscissique (ABA), phytohormone qui est véhiculée jusqu'aux feuilles par la sève brute. La réduction de la perte d'eau par la fermeture des stomates est un moyen d'adaptation précoce des plantes au stress hydrique (Djekoun et Planchon, 1992 ; Yekhlef, 2001).

b- Teneur relative en eau (TRE) :

La teneur relative en eau est un paramètre physiologique indicateur de la résistance des espèces au stress hydrique (Collinson et al., 1997). Elle reflète l'équilibre et la balance entre l'eau disponible dans la feuille et le taux de transpiration, le potentiel osmotique et de turgescence (Farquhar et Richard, 1984; Nouri, 2002). La teneur relative en eau ou turgescence foliaire est une caractéristique génotypique liée à la capacité de la plante à maintenir un niveau d'eau dans la feuille capable de garantir la continuité de l'activité métabolique. Selon les scientifiques El Hakimi et al., (1995), cette caractéristique a un coefficient d'hérédité élevé, et les variétés tolérantes au stress hydrique sont celles qui sont capables de perdre le moins d'eau par unité de temps et unité de surface, sous stress. Le maintien d'une bonne teneur relative en eau au moment du stress hydrique pourrait être l'une des bases de la tolérance à la sécheresse (Clarke et Mc Craig, 1982). Plus le taux de teneur en eau relatif est élevé, plus la plante est tolérante à la sécheresse (Nautiyal et al., 2002, in Jongrunklang et al., 2013).

c- Maintien et stabilité de la membrane cellulaire lors du stress:

L'intégrité des membranes en condition de stress constitue une approche pour l'évaluation de la capacité de

tolérance à la sécheresse. Selon Bajji et al.,(2000), le maintien de l'intégrité membranaire est le mécanisme de tolérance à la sécheresse le plus évident et probablement le plus efficace. La stabilité de la membrane cellulaire dépend de la capacité des cellules à résister à un dommage mécanique et à la dénaturation des protéines au niveau membranaire ou cytoplasmique sous stress (Gaff, 1980).

Les espèces qui peuvent endurer de longues périodes de déficit hydrique peuvent s'appuyer sur une gamme de mécanismes physiologiques, y compris l'accumulation de solutés osmotiquement actifs (Anjum et al., 2008). L'accumulation de solutés ou d'osmolytes compatibles en réponse au stress osmotique est un phénomène bien connu chez de nombreuses espèces. Ces osmolytes sont produits en réponse à un stress osmotique et n'entravent pas les réactions biochimiques cellulaires normales. En conséquence, ils aident à maintenir l'équilibre osmotique en réponse à la sécheresse (Du Jinyou et al., 2004).

d- Efficacité de l'utilisation de l'eau:

L'efficacité d'utilisation de l'eau (EUE) est une mesure cruciale dans l'agriculture, exprimant le rapport entre la quantité totale de matière sèche produite et l'évapotranspiration pendant une période donnée (Richards et al., 2002). D'un point de vue économique, l'efficacité de l'eau est définie comme le rapport du rendement économique à la quantité d'eau utilisée. L'EUE s'est avéré être un trait hautement héréditaire, et la possibilité de son utilisation dans la sélection pour la résistance à la sécheresse, ce qui pourrait contribuer à une productivité améliorée dans des conditions de sécheresse, car l'objectif principal de l'agriculture moderne est d'utiliser moins d'eau pour obtenir un rendement élevé.

3.4.1.2.2.4. Adaptation biochimique : Cette adaptation se traduit par une succession de modifications aux niveaux cellulaire, subcellulaire et moléculaire dépendantes des potentialités génétiques de l'espèce :

a- Ajustement osmotique permet aux plantes de maintenir les fonctions physiologiques, (Photosynthèse, transpiration, croissance...) (Grennan.,2006 ; Martinez et al., 2007) et la protection des membranes et des systèmes enzymatiques des jeunes organes (Morgan et al., 1986). C'est l'un des principaux caractères physiologiques de tolérance aux stress. Il intervient à tous les stades de développement (El Midaoui et al., 2007). Il s'exprime par le maintien de la turgescence des cellules à travers la baisse du potentiel hydrique, il est réalisé grâce à une accumulation de ces solutés dans les cellules, conduisant à un maintien du potentiel de turgescence (Morgan, 1984). Le potentiel hydrique permet aux plantes de garder leurs stomates ouverts et de prélever du CO₂ pour la photosynthèse dans des conditions de stress hydriques (Hopkins, 2003 ; Araus et al. 1999).

b- Accumulation de solutés ou d'osmolytes : Les espèces qui peuvent endurer de longues périodes de déficit hydrique peuvent s'appuyer sur une gamme de mécanismes physiologiques, tel que l'accumulation de solutés osmotiquement actifs (Anjum et al., 2008). Ces osmolytes aident à maintenir l'équilibre osmotique en réponse à la sécheresse (Du Jinyou et al., 2004). La fonction principale de ces solutés est d'empêcher la perte d'eau pour maintenir la turgescence cellulaire et à maintenir le gradient de reprise en eau dans la cellule et d'éviter la déshydratation (Morgan et al. 1986). Les solutés sont des acides organiques, des acides aminés (proline, glycine-bétaine), des sucres solubles (Richards et al., 1997), et

certaines constituants inorganiques tel que le potassium, les nitrates, et l'acide malique et des sels minéraux (K⁺,Na⁺,Cl⁻)(Lamaze et al.,1994).

c- Accumulation de la proline est une des stratégie adaptative pour limiter les effets du stress hydrique (Yancey et al., 1982). Elle joue un rôle important dans la tolérance des plantes aux différents stress (Ben Rejeb et al., 2012). Elle est liée à l'osmo-régulation cytoplasmique (Acevedo et al., 1989). C'est l'une des solutés compatibles, accumulée en réponse à des contraintes environnementales variées, elle peut s'accumule à des fortes concentrations dans le cytoplasme sans interférer avec les activités métaboliques cellulaires (Samaras et al., 1995). Singh et al., (1973) proposent d'utiliser la proline comme critère de sélection pour la tolérance au stress chez l'orge.

d- Accumulation de sucres solubles sont des composés solubles compatibles pour l'ajustement osmotique (Dubos, 2001). Sous stress, ils permettent la préservation de l'intégrité membranaire (Darbyshire,1974).

e-Photosynthèse:

La photosynthèse est un processus très sensible à la sécheresse, car la sécheresse influence directement la capacité photosynthétique des cultures (Lawlor,1987 ; Barlow, 1988; Yamance et al., 2003). Des recherches physiologiques ont montré que le taux de photosynthèse de la feuille drapeau était le critère de sélection complémentaire de la tolérance au stress thermique dans des conditions méditerranéennes.

La photosynthèse des feuilles de drapeaux contribue à environ 30 à 50% des assimilats pour le remplissage des grains du blé (Sylvester-Bradley et al., 1990), et le début du remplissage des grains coïncide avec le début de la sénescence, par conséquent, la photosynthèse de la feuille drapeau est la base la plus importante de la formation du rendement en grains (Zhang et al., 2006). Selon Slayter, (1974), dans une situation de stress, l'économie de l'eau se traduit par une turgescence relative moins affectée par le stress conduisant à la dilution de la chlorophylle et par conséquent à la réduction de son taux. Cette réduction de l'activité photosynthétique est aussi lié d'une part au degré de fermeture des stomates et d'autre part à celui de la réduction de l'activité du photosystème II (PSII) (Farquhar et Sharkey, 1982 ; El-jaafari et Paul, 1993).

f- Sénescence

La sénescence est définie comme étant la détérioration progressive de fonctions de la plante avec l'âge, les feuilles changent de couleur, la chlorophylle est décomposée, la teneur en eau est réduite et les membranes se décomposent (Hafsi, 2000; Hafsi et Guendouz, 2012). Il s'agit d'un processus génétiquement programmé qui implique la remobilisation des nutriments des tissus végétatifs vers les grains (Buchanan-Wollaston, 1997; Gan et Amasino, 1997; Nooden et al., 1997; Ori et al., 1999).

La durée et le taux de sénescence sont influencé par la sécheresse et la chaleur (Susheng Gan, 2018). Chez les céréales, les processus impliqués dans la sénescence sont importants car ils se produisent pendant le remplissage du grain, et par conséquent, la sénescence précoce limite le rendement (Patterson et Moss,

1979). La feuille étendard de céréales est la dernière à présenter des symptômes de sénescence. Le stress hydrique hâte la sénescence, la plante remobilise des nutriments des anciennes feuilles aux feuilles plus jeunes ou vers le remplissage des grains (Wardlaw, 1990 ; Hoffmann et al., 2012; Mickelson, 2003; Schmalenbach et Pillen, 2009; Uauy et al., 2006). Au stade floraison, la maturité physiologique est accélérée par la sécheresse et devient critique car elle peut augmenter la stérilité du pollen (McMaster et Wilhelm, 2003). Une sénescence accélérée de la feuille drapeau au stade remplissage du grain affecte directement le poids du grain qui est réduit, (Hochman, 1982 ; Bendada et al.,2020).

g- Réflectance foliaire : Selon Guendouz, (2014) en zones semi-arides, la lumière intense associée au stress hydrique sont considérés comme les principaux facteurs affectant le taux de photosynthèse. Une partie de l'énergie lumineuse captée par les chlorophylles est dissipée sous forme de chaleur et de fluorescence (Krause et Weis, 1984). La lumière à travers sa qualité spectrale ; son intensité ou sa durée affecte la croissance des plantes. Certains scientifiques (Marutani et al., 2014; Çulha Erdal et Çakirlar, 2014) suggèrent l'utilisation de la réflectance dans les programmes de sélection pour la résistance des cultures aux stress hydrique et thermique.

4. Stress thermique et les cultures d'orge et du triticale :

Les plantes reçoivent beaucoup d'énergie du soleil, mais n'en utilisent qu'environ 1% (Prasil et al., 2007). La température joue un rôle vital dans la régulation de la croissance et du développement des plantes tout au long de leur cycle de vie. Elle affecte l'absorption des nutriments, l'activité photosynthétique, l'accumulation de matière sèche et la transition entre les différentes étapes de croissance. Selon Van Oosterom et al., (1993) ; Mekhlouf et al., (2006), chaque plante a une plage optimale de température au-delà de laquelle elle souffre, et sa croissance est progressivement pénalisée à mesure que la température s'éloigne davantage de cette plage (figure 5). Les effets des températures extrêmes sont une contrainte majeure, tout aussi importante que le stress hydrique.

3.4.2. Effets du stress thermique :

Le stress thermique peut avoir des effets négatifs sur la croissance et la survie des plantes. Les effets de stress thermique varient est fonction de l'ampleur et de la vitesse de l'augmentation de la température, ainsi que de la durée d'exposition à la température élevée (Wahid et al., 2007). Une température supérieure ou inférieure au seuil optimal perturbe l'homéostasie cellulaire des plantes, ce qui ralentit la croissance, le développement et le métabolisme des plantes. Les températures élevées peuvent entraîner une demande accrue en eau provoquant un stress hydrique aggravant ainsi les conditions de sécheresse préexistantes (Abbassenne et al.,1997 ; Mathur et al., 2014).

Le stress thermique peut causer :

1. La perturbation du métabolisme de la plante, dégradation de la membrane cellulaire et la fuite les molécules d'électrolytes. Le stress thermique affecte les enzymes et les rend trop lent s'il fait froid, et les

dénature s'il fait trop chaud.

2. La perturbation et l'inhibition du cycle de développement et de croissance par la réduction de la photosynthèse et de la respiration.

3- Limitation de la capacité de la plante à absorber et à utiliser les nutriments et l'eau (Ibrahim et Quick, 2001),

4. Des dommages directs aux tissus, entraînant leur nécrose et leur mort,

5. La réduction de la fertilité des fleurs, et la baisse de la production,

6. La réduction de la qualité nutritionnelle et la valeur marchande des récoltes en réduisant les taux en protéines, minéraux et vitamines.

3.4.2.1. Effets des hautes températures :

Le stress des hautes T° sur les plantes céréalières se manifeste par des :

a- Effets au stade végétatif : Les températures élevées survenant après semis affectent la germination, réduisent le nombre de plantes levées, réduisent la longueur des coléoptiles, la hauteur de la plante, la surface foliaire et le nombre de talles rendant la plante plus vulnérable au stress (Araus et al., 2003).

b- Effets au stade de reproduction (anthèse) : Le stress thermique lorsqu'il se produit pendant les phases de reproduction entraîne la stérilité du pollen, la déshydratation des tissus et les lésions de l'appareil photosynthétique. La méiose est sensible aux températures élevées. Les T° élevées réduisent la taille et le poids des organes, diminuant ainsi la taille des épis, le nombre de grains par épi sera aussi affecté. (Harding et al., 1990, Wardlaw et Moncur, 1995; Zahedi et Jenner, 2003).

c- Effet sur le remplissage des grains : Sofield et al., (1977); Slafer et Rawson, (1994); Wheeler et al., (1996) s'accordent sur le fait que la durée de remplissage des grains chez les céréales est déterminée principalement par les effets des températures. Si un stress thermique survient pendant la période post-anthèse il a une influence négative sur le mouvement des produits photosynthétiques vers les grains, il entraîne une diminution du poids des grains et altère leur qualité (Bhullar et Jenner, 1985 ; Chaker et Brinis, 2005).

Acevedo et al. (1991) ont signalé qu'à chaque augmentation de T° de 1°C au-delà de 17 à 24°C de la température pendant le remplissage du grain entraîne une réduction de 4% du rendement. Pour Wardlaw et Willimbrik, (1994) cette marge se situe entre 12 C° à 15 °C, et qu'à chaque augmentation d'un degré Celsius au-dessus de 15 °C entraîne une réduction de 3 à 5 % du poids des grains.

Selon Abbassenne al.,(1997), retarder le semis des céréales d'hiver permet d'éviter la phase d'anthèse des gelées printanières tardive, mais par contre déplace et expose la période de remplissage du grain aux hautes températures du fin de cycle, ce qui entraîne son raccourcissement.

d- Effet sur la teneur en chlorophylle :

Le taux de photosynthèse de la feuille drapeau est un critère de sélection pour la tolérance au stress thermique dans des conditions méditerranéennes (Koc et al., 2008). Il est connu que pour les plantes le caractère de se maintenir et demeurer vert est lié à la tolérance à la chaleur (Blum et Nguyen, 1997). Le

rôle des pigments photosynthétiques chlorophylle a et b, les caroténoïdes et les xanthophylles est vital dans la fixation du carbone, ils sont impliqués dans la capture du rayonnement solaire pour piloter le mécanisme photosynthétique.

Le stress thermique réduit la capacité photosynthétique des plantes par des limitations métaboliques et des dommages oxydatifs aux chloroplastes et affecte les activités de la membrane thylakoïde, entraînant une diminution du nombre de chloroplastes par cellule, diminué les teneurs en chl a et chl.b (Asrar et El Hindi, 2011). Il réduit généralement l'efficacité photochimique du photosystème II (Reynolds et al., 1994; Al-Khatib et Paulsen, 1999). Il réduit également la surface foliaire (taille et nombre) et conduit à la fermeture des stomates, à l'altération des activités des enzymes de carboxylation et de la synthèse de l'ATP qui sont parmi les facteurs clés réduisant la fixation du carbone en période de sécheresse (Barlow, 1988) et finalement conduit à une réduction du rendement en grains (Farooq et al., 2011).

e- Effet sur la sénescence : Les températures élevées surgissant après le stade de l'anthèse augmentent et accélèrent la probabilité de sénescence prématurée et arrêtent de la croissance des grains et entraînent finalement une réduction des rendements. Selon Baldy (1974) l'avènement cette contrainte si elle est accompagnée de masses d'air chaud en provenance du sud (Sirocco), augmente la transpiration, la respiration, la sénescence des feuilles et celle de toute la plante, si ce phénomène persiste au-delà de 03 jours.

3.4.2.1.2. Effet des Gelées et basses températures :

La sensibilité des cultures céréalières au froid varie fortement dans le temps et selon les stades de croissance. Les températures chutant brutalement provoquent la formation de cristaux de glace dans les espaces intercellulaires et provoque une déshydratation et arrêt du fonctionnement cellulaire.:

- Selon Dvorak et Fowler, (1978) la plupart des variétés de triticales ont un bon niveau de résistance au froid. Certaines variétés de triticales présentent une résistance au froid hivernal supérieure à celle des blés tendres. Cependant sa tolérance au gel n'est pas aussi élevée, que celle du parent seigle. Les niveaux moyens de résistance au froid hivernal acquis après durcissement varient fortement entre les espèces (Figure 9). Les valeurs de résistance maximales au froid du triticales (-25°C) sont proches de celles du seigle. Bouzerzour et Benmahammed, (1994) ; Annichiarico et al., (2005), notent que les variétés d'orge sont sensibles aux basses températures en hiver et au gel printanier.

- **Aux phases végétatives** le gel est particulièrement nocif lors des trois phases : implantation, levée et élévation des feuilles et des tiges. Les basses températures, limitent la croissance et détruisent les jeunes feuilles et les tiges. (Gate, 1995 ; Bouzerzour et al., 1995).

Au début du cycle les températures basses de l'ordre de 0 à 3°C freinent la croissance et provoquent des dommages importants à la germination.

- Au stades végétatifs épi de 1 cm et stade 2 nœuds, les températures inférieures à -4°C affectent le nombre final de grains par épi (Gate, 1995). De même pendant la phase de gonflement les basses températures affectent aussi la fertilité des épis (Abbassenne et al., 1997).

-A la phase de reproduction :

-Les gelées tardives provoquent l'avortement des fleurs et peuvent réduire les rendements jusqu'à zéro, lorsqu'elles coïncident avec le stade de la méiose, elles détruisent les grains de pollen et les ovaires. La viabilité du pollen est affectée à des températures entre 4°C. +6°C (Abbassenne et al., 1997 ; Bouzerzour et Benmahammed, 1994).

- Les gelées printanières affectent les variétés précoces, détruisant l'épi de la tige principale,

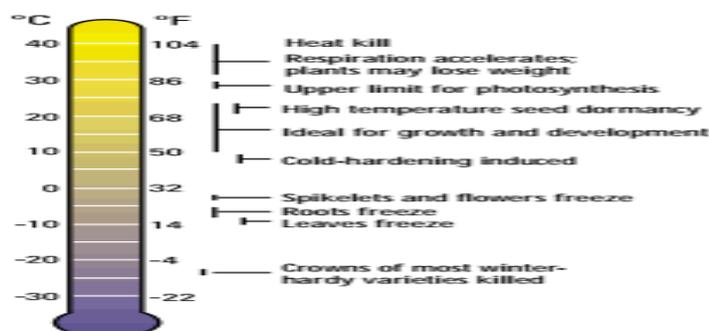


Figure 9: Gammes de températures favorables et défavorables (stressantes) pour la culture du blé **Source:** Reynolds et al., (2001).

3.4.2.2. Mécanismes d'adaptation au stress thermique :

Les plantes maintiennent généralement une température interne constante et la régulent grâce à :

A-Adaptations morphologiques au stress thermique :

- Réduction de la surface foliaire pour minimiser l'exposition à une chaleur intense,
- Rayonnement et convection,
- Changement d'orientation des feuilles pour réduire l'exposition directe au soleil,
- Changements de couleur des feuilles pour réduire l'échauffement,
- Développement de feuilles plus épaisses pour protéger les tissus internes de la chaleur,
- Production de poils foliaires et de surfaces cireuses qui réfléchissent la lumière (Paulsen et Heyne, 1983).

B-Adaptations physiologiques au stress thermique :

- Augmentation de la transpiration pour réduire leur T°,
- Réduction de la croissance en réponse au stress thermique, pour conserver de l'énergie aux processus métaboliques essentiels,
- Production de protéines de choc thermique et d'autres métabolites protecteurs, produits à environ 40° pour protéger les enzymes de la dénaturation (Gate et Crimand, 1998),
- Stabilité de la membrane cellulaire pour les stress thermiques : Les pertes d'électrolytes à travers les membranes cellulaires suite à un stress thermique donnent une indication sur les dommages causés et sur la tolérance variétale à ce stress (Bai et al., 2013). La stabilité de la membrane cellulaire est utilisée comme technique de dépistage physiologique pour étudier la génétique de la tolérance au stress thermique (Reynolds et al., 1994; Ibrahim et Quick, 2001; Blum et al., 2001; Dhanda et Munjal, 2012 ; Fokar et al., 1998 ; Bahar et al., 2011) ainsi que pour évaluer la tolérance à divers autres types de stress (Blum, 1988).

3.4.3. Autres types de stress :

3.4.3.1. Stress salin :

Le stress salin peut avoir des effets négatifs sur les cultures céréalières. Il crée un stress osmotique qui réduit l'absorption d'eau par les racines, une toxicité ionique, un stress hydrique, conduisant à une croissance réduite et des rendements réduits. (Francois et al.1988). Le seigle est considéré comme le plus tolérant au sel, parmi les cultures céréalières. Le triticale, peut avoir des niveaux intermédiaires de tolérance au sel selon le cultivar. Selon Blum, (2014) la tolérance du triticale à la salinité est meilleure que celle du blé et peut même se rapprocher de celle de l'orge.

3.4.3.2. Éclairement :

La lumière peut être une source de stress par son intensité, (trop faible ou trop élevé), conduisant à des phénomènes de photosensibilisation pour la plante (Leclerc, 1988 ; Ykhlef, 2001 ; Diehl,1975).

3.4.3.3. Toxicité minérale :

Les triticales hexaploïdes ont une tolérance comparable au seigle pour la toxicité minérale. Les cultivars de triticale sont connus pour avoir aussi une meilleure tolérance aux sols acides Blum, (2014). Le seigle est le plus résistant à la toxicité de l'aluminium que le blé et l'orge. Le triticale est modérément sensible à la toxicité du manganèse et ferreuse (Zhang et al.,1999).

3.4.3.4. Carences en micronutriments :

Le triticale est relativement résistant à la carence en zinc par rapport aux autres céréales selon l'ordre : Seigle > Triticale > Blé tendre > Blé dur (Cakmak et al.,1999).

L'efficacité relative du zinc en termes de production végétale diminue dans l'ordre : Seigle > Triticale > Orge > Blé tendre > Avoine > Blé dur (Cakmak et al.,1999).

L'orge s'avère avoir une efficacité en manganèse plus élevée que le blé et le triticale.(Schlegel et al., 1999).

3.5. Stress Biotiques : Ravageurs et maladies :

Le triticale semble avoir une bonne résistance à plusieurs maladies et ravageurs touchants le blé. Une liste de maladies et de ravageurs spécifiques aux parents du triticale a été établie et qui peuvent affecter et entraîner des pertes économiques importantes Tableau 16 (Arseniuk et Goral,2015 ; Randhawa et al.,2015 ; Sapkota et al.,2018 et Wen et al.,2018).

Tableau 16 : principales contraintes biotiques de la production de triticale.

Ravageurs	Maladies bactériennes	Maladies fongiques	Maladies virales
Vers fil de fer, vers blancs (Elateridae, <i>Melolontha</i> spp.)	Pourriture bactérienne de la gaine	Tache bronzée	Virus du nanisme jaune de l'orge
Nématodes cécidogènes (<i>Meloidogyne</i> spp.)	Brûlure bactérienne des feuilles	Pourriture des racines, piétin	Virus de la mosaïque du brome
Chrysomèle des céréales (<i>Oulema melanopus</i>)	Strie bactérienne (paillettes noires)	Oïdium	Virus de la mosaïque striée du blé
Carabe des céréales (<i>Zabrus tenebrioides</i>)	Mosaïque bactérienne	Charbon nu	Virus de la mosaïque jaune du blé
Mouche de Hesse (<i>Mayetiola destructor</i>) :		Brûlure de l'épi (gale)	
Punaises puantes (Hétéroptères)		Rouilles (rayures, feuille, tige)	
Pucerons (<i>Aphis</i> spp.) :		Ergot	
Acarie (<i>Tetranychus urticae</i>)			
Charançon des grains			

3.6. Association et combinaison des stress :

Les contraintes abiotiques ont été largement étudiées séparément en tant que contraintes uniques. Cependant, dans la nature et en agriculture, les plantes sont constamment exposées à différentes combinaisons de contraintes, qui dépassent les dommages causés par les contraintes individuelles. On prévoit avec les changements climatiques que les combinaisons de stress environnementaux s'aggraveront dans un proche avenir et dépasseront les effets néfastes des stress individuels sur les performances des plantes (Shaar-Moshe et al., 2017). La figure 10, met en expression les différents effets des stress appliqués seul ou en combinaisons. L'exposition à une combinaison de deux stress entraîne une réponse physiologique, moléculaire et métabolique qui n'est pas déduite par un stress individuel, de sorte que la sélection devrait fixer des objectifs de développer des cultivars tolérants les deux types de stress (Tester et Bacic, 2005). Selon Lawlor, (1994) l'association du stress lumineux au déficit hydrique et à l'augmentation de la température survenant au cours de la période de remplissage du grain, ont un effet synergique et cumulatif sur la photo-inhibition (Boyer, 1987).

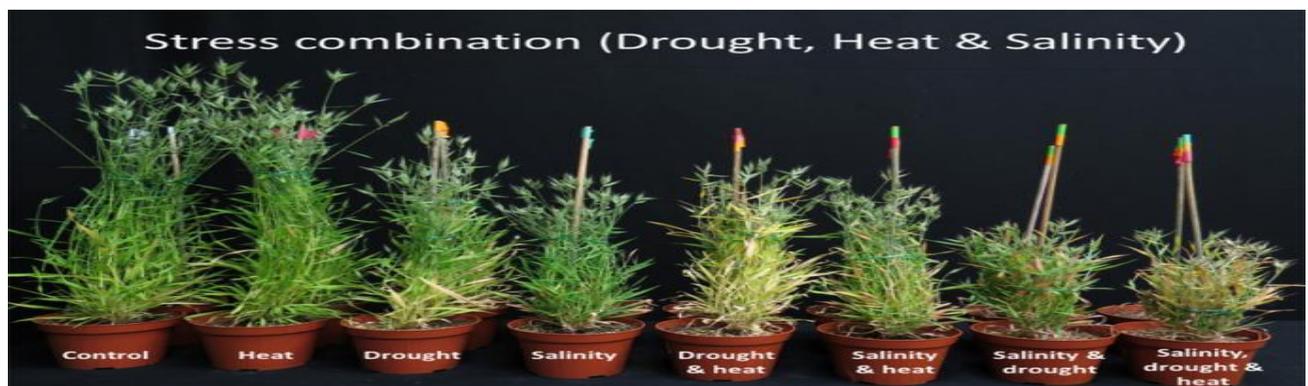


Figure 10 : Plantes exposées à une combinaison de stress abiotiques. Source : (Shaar-Moshe et al. 2017).

CHAPITRE 4 :

EXPLOITATION À DOUBLE FINS DES CULTURES D'ORGE ET DU TRITICALE

4.1. Introduction :

La capacité des céréales semées en automne à repousser et à produire des graines a conduit à leur double utilisation dans différentes régions du monde, les espèces spécifiques sont choisies en fonction de l'environnement et de l'utilisation finale des céréales. Ces céréales semées en automne peuvent être utilisées à double usage en servant de pâturage d'hiver et de grains pour l'alimentation humaine ou animale (Beji, 2016).

En milieu méditerranéen, la production fourragère pour le bétail est à la fois difficile et coûteuse en raison de l'irrégularité des précipitations. Cette pratique, connue sous le nom Gssil, a été démontrée comme étant le résultat d'une adaptation végétale aux variations dans la disponibilité des ressources (Yau et Mekni, 1985).

L'optimisation de la double utilisation peut avoir un impact substantiel sur l'efficacité globale du système agricole. L'utilisant la même culture pour une double production grains et fourrage permet aux agriculteurs d'avoir plus de flexibilité et de maximiser leurs profits (Lemaire,1991).

La méthode à double fins pour les cultures céréalières est une pratique existante depuis l'époque romaine (Toutain,2003), et qui est généralisée un peu partout dans le monde, en particulier dans les zones où les productions végétales et animales sont importantes pour l'économie locale.

4.2. Facteurs influençant la double exploitation :

Plusieurs facteurs influencent la pratique de la double exploitation :

4.2.1- Stade de pâturage ou de coupe :

Le stade auquel les céréales sont pâturées, ainsi que la pression exercée par le cheptel, sont des facteurs importants qui influencent le rendement céréalier en grain ultérieur (Arzadun et al., 2003; Hossain et al., 2003).

- **Une coupe en phase végétative** au stade tallage, n'affecte pas trop les plantes, le cheptel aussitôt retiré du champ, les pousses reprennent leur croissance, pourvu qu'il ne subissent pas de stress hydrique (Hadjichistodoulou,1991). Les apex végétatifs situés au ras du sol risquent peu d'être prélevés ; la repousse se fera soit à partir des organes verts restants soit à partir des bourgeons axillaires, tant que les conditions restent favorables. La rapidité de reprise dépend des réserves accumulées, de l'intensité de la défoliation et des conditions du milieu (température, nutrition azotée, sécheresse...)(Volenec et al., 1996). Une croissance racinaire accrue intervient et contribue à diminuer le déficit de nutrition minérale et alimentation hydrique (Lemaire,1991).

La défoliation au cours des premiers stades de croissance optimise le rendement en grains ainsi que la quantité et la qualité du fourrage (El-Shatnawi et al., 2004). Les résultats des études de Rao, (1989);

Bonachela et al., (1995); Fieser et al., (2006); Cazzato et al., (2012) indiquent que la défoliation au stade de tallage de la croissance (Z21-Z29) ne réduit pas toujours la production de grains ou de fourrage.

-Au stade (Z31-Z34) élongation de la tige la défoliation réduit la production en grain et en paille (Epplin et al., 2000; De Ruiter et coll., 2002; Virgona et al., 2006; Jacobs et al., 2009).

-Une coupe en phase reproductrice :

Les apex risquent d'être enlevés :

*Si la coupe n'est pas effectuée trop ras du sol et si les apex ne soient pas trop montés dans les tiges, ils ne seront pas tous enlevés, le développement des talles va se poursuivre presque normalement. L'épiaison sera retardée de quelques jours (Dunn et al., 1977).

*Si une forte proportion d'apex est détruite, la repousse se fait à partir des bourgeons de la base. La régénération est assez rapide à condition que le niveau des réserves soit suffisant et que les conditions du milieu restent favorables.

*Si la totalité des apex est supprimée la repousse se fera par un renouvellement des talles à partir des bourgeons de la base. Le redémarrage va être retardé vers les conditions stressantes et moins favorables (Amara, 1983 ; Amara et al., 1985).

4.2.2- Intensité et fréquence de défoliation :

L'intensité de défoliation (ou la hauteur de coupe) a une importance capitale dans la gestion de la double exploitation qui influe directement sur la durée de repousse. En réalité ce n'est pas la hauteur de coupe qui est la variable pertinente, mais c'est l'indice foliaire résiduelle (ou surface des feuilles laissées en place par la coupe ou l'animal) si l'on considère que l'assimilation chlorophyllienne est la clé de réussite de cette repousse (Avice et al., 2001).

La diminution du rendement varie aussi selon le nombre de coupes exercées : une coupe unique a diminué le rendement grain de 10%, une coupe double l'a considérablement réduit jusqu'à (50%) selon les travaux de Hadjichristodoulou,(1991).

4.2.3- Choix des espèces et variétés :

Le choix des espèces et variétés pour la pratique de la double exploitation est primordiale pour sa réussite. Les variétés et espèces ont des comportements différents (Royo et al. 1993). Selon Del Moral et al., (1995), le choix est défini selon l'aptitude à supporter cette pratique. Les cultures céréalières à double exploitation couramment cultivées sont :

Le blé : Le pâturage du blé d'hiver au stade végétatif se pratique couramment aux États-Unis. 30 à 80 % des terres annuellement réservées au blé sont pâturées dans les plaines du sud (Pinchak et al., 1996). Il est pratiqué aussi en Argentine, en Australie, au Pakistan, à la Syrie et en Uruguay (Rodriguez et al., 1990 ; Khalid et al., 2013).

L'orge : L'orge présente des caractéristiques morpho-physiologiques spécifiques telles que sa grande capacité de tallage, de repousse après pâturage et d'utilisation efficace de l'eau et des nutriments dans des conditions limitantes qui la rendent plus adaptée à cette pratique (Ates et al. , 2017). En méditerranéen, c'est plutôt l'orge qui est le plus utilisé sous cette forme (Yau et Mekni,1985).

Le seigle : est une culture rustique qui est semée à l'automne et pâturée l'hiver, (Ceccarelli et al., 2001).

L'avoine : est couramment utilisé comme culture fourragère d'hiver, elle convient aux régions aux hivers doux et est pâturés tôt au printemps.

Le triticale : le triticale est utilisé à de multiples usages :la production de fourrage (foin et ensilage) et grain. indique Royo, (1999).

4.2.4-Précocité des cultivars :

Les lignées précoces sont moins adaptées au double usage, pour la raison qu'après coupe, la régénération est transitée rapidement vers la phase de reproduction ce qui signifie qu'il y a moins de temps pour la récupération et la production de rendement biologique. La durée de vie plus courte des lignées précoces ne leur permettait pas d'utiliser pleinement toutes les ressources disponibles et qu'elles seront exposées à plus de stress thermique et hydrique pendant la période de remplissage du grain. Dunphy et al. (1982) et Anderson (1985).

Pour Hadjichristodoulou (1983), les meilleures lignées aptes à la double exploitation sont celles appartenant au groupe le plus tardif, elles auront une meilleure récupération après coupe et pourront donner un rendement élevé en grains et en paille.

4.2.5-Le climat :

La performance agronomique des cultures céréalières (Ates, S et al., 2017) soumises au double usage est principalement dictée par les conditions climatiques dominantes et le stade de croissance des cultures au moment de la défoliation :

a-Conditions pluviométriques :

Dans les environnements méditerranéens, dans des conditions pluviales Hadjichristodoulou (1991), a signalé que le pâturage affectait le rendement grain de l'orge. Dans les zones à faibles précipitations saisonnières, les plantes ne repoussaient pas suffisamment après défoliation le rendement a baissé de 42 à 94%.

b-Conditions irriguées :,

Hadjichristodoulou (1991) a observé aussi que dans les mêmes environnements méditerranéens en conditions irriguées le pâturage n'affectait pas le rendement grains de l'orge et l'effet de réduction n'était pas détectable ou il est minime (Redmon et al.,1995).

4.2.6-Fertilité du sol et application d'azote :

Dans les systèmes de la double exploitation les agriculteurs utilisent généralement plus d'intrants et d'engrais, pour éviter la perte de rendement en grain. Les applications d'azote sont effectuées de manière fractionnée (Afridi et al., 2014).

4.2.7-Date de semis :

Gillet et al., (1984) ont rapporté que les rendements les plus élevés ont été obtenus en semant à des dates précoces qui fournissent une plus grande masse et nombre de pousses et de feuilles pour la fauche. Epplin et al., (2000) ; Hossain et al., (2003) ont également suggéré que choix optimal de la date de semis est

prépondérant et crucial si la culture est destinée au double usage. En effet, plus la durée entre la levée et le stade fin tallage est longue, plus la production fourragère qui disponible et offerte à ce stade sera élevée (Ramos et al., 1993 ; Royo et Tribo, 1997).

Les dates de semis tardives diminuent le rendement en grains en double usage (Day et al., 1968 ; Ramos et al., 1993 ; Royo et al., 1997 ; Yau, 1999), parce que la période de remplissage des grains est retardée vers les périodes de stress hydrique et thermique, conditions qui réduisent le poids du grain final (Garcia Del Moral, 1992).

Les semis échelonnés : Les effets des différentes dates de semis sur les cultures à double usage sont tout à fait remarquables. C'est une pratique courante pour obtenir un fourrage vert de haute qualité sur une plus longue durée. Des semis échelonnés de triticale et d'orge du début novembre à mi-décembre fournissent un approvisionnement régulier en fourrage pendant la saison maigre.

4.2.8- Densité de semis :

Les densités de semis les plus élevées peuvent augmenter le rendement en fourrage et stabiliser le rendement en grains des céréales dans les systèmes à double usage (Hadjichristodoulou, 1991). Des densités de semis de 1,5 à 2 fois supérieures à celles utilisées dans les systèmes à grains seuls sont pratiquées dans la gestion à double exploitation du blé, dans les Plaines du sud des États-Unis (Edwards et al., 2011). Une densité de semis de 600 graines /m² était optimale pour la double exploitation du le blé selon Munsif et al, (2018).

4.3. Impacts de la pratique de la double exploitation :

4.3.1- Impacts économiques :

Selon plusieurs analyses économiques notamment celles effectuées par Hajighasemi, et al., (2016) ; Heba et Attia, (2019), la réduction du rendement céréalier dans le système à double usage, est suffisant compensée par le revenu supplémentaire provenant de la coupe du fourrage. La valeur fourragère obtenue est supérieure à la pénalité du rendement céréalier résultant de la coupe.

Malgré la baisse du rendement céréalier, le rendement économique du système à double usage est considérablement plus important en raison du prix élevé du fourrage à la fin de l'hiver. L'analyse économique a montré que le revenu supplémentaire provenant du fourrage récolté à la fin de l'hiver était suffisant pour contrebalancer la pénalité de rendement en céréales dans ce système (Arzadun et al., 2006).

4.3.2- Impacts sur la régénération et Morphogénèse :

La morphogénèse est un processus complexe qui permet aux plantes herbacées de régénérer rapidement leur feuillage et leur système racinaire afin de maintenir leur croissance et leur survie dans des environnements où la défoliation est fréquente (Chapman et al., 2005).

Chez les graminées la morphogénèse se réfère aux changements morphologiques et physiologiques qui se produisent après défoliation ou pâturages par les herbivores. La graminée subit une réduction de sa surface foliaire, entraînant la diminution de la photosynthèse et la perte de biomasse. Pour compenser cette perte,

les graminées ont développé des mécanismes de régénération qui leur permettent de faire repousser de nouvelles feuilles. Ces mécanismes comprennent :

- Production de nouveaux bourgeons axillaires**, qui donne naissance à de nouvelles tiges et feuilles,
- Augmentation de la croissance des bourgeons axillaires existants, situés à la base de la tige qui commencent à se développer et produire de nouvelles feuilles.
- Accélération de la croissance des racines**, La défoliation stimule la ramification des racines, améliorant sa capacité et rapidité à absorber l'eau et les nutriments du sol.
- La répartition des ressources** : La plante doit allouer une partie de ses ressources à la régénération des tissus endommagés plutôt qu'à la croissance des feuilles existantes, ce qui ralentit la croissance et le développement global de la plante.

4.3.2-1 : Facteurs influençant la morphogenèse :

Gillet (1980) note qu'après fauche hivernale, la plante doit pouvoir compter sur des réserves pour assurer le redémarrage tant que le relais n'est pas pris par la photosynthèse. Ces réserves sont localisées à la base des parties aériennes, dans les chaumes et dans les gaines, donc près des zones de repousse. La plante doit résister à une ou plusieurs coupes qui lui supprime une partie ou parfois tous les organes verts.

Les plantes ont besoin de feuilles pour leur photosynthèse, donc la perte de feuilles réduit la quantité de synthétats de la plante. En réponse à la défoliation, les plantes peuvent augmenter leur capacité à absorber les nutriments et l'eau disponibles dans le sol, et également modifier leur croissance en fonction de la lumière, de la température et de la nutrition.

a- Le génotype :

Pour Hadjichritodoulou, (1995) un génotype adapté à la double exploitation doit être palatable, posséder une digestibilité élevée, avoir un taux de protéines brutes conséquent et, être capable de produire un bon rendement grain. Cependant en réalité la variété sélectionnée pour la production grain n'a pas forcément toutes les caractéristiques pour en faire un génotype tolérant à la pâture.

La variabilité des réponses incite à incorporer les caractéristiques désirables en production fourragères avec celles désirables en production de grains. (Demarquilly et Andrieux., 1998).

b- La lumière :

Après une défoliation, les plantes ajustent leur croissance en fonction de la lumière disponible. Pour compenser la perte de feuilles, les plantes augmentent la croissance des feuilles restantes, et augmentent la croissance des tiges pour atteindre la lumière. Cela conduit à une modification de son architecture ainsi que son taux de croissance.

c-La température :

Après une défoliation, les plantes ajustent leur taux de croissance en fonction de la T° environnante. Si la température est trop basse, la croissance est ralentie. Si elle est trop élevée, la plante dépense plus d'énergie pour maintenir sa T° corporelle, ce qui réduit sa croissance.

d- La nutrition :

Après une défoliation, les plantes ajustent leur taux de croissance en fonction de la disponibilité des nutriments. Si les nutriments sont limités, la plante réduit sa croissance et alloue plus d'énergie à la production de nouvelles feuilles. Si les nutriments sont suffisants, la plante augmente sa croissance pour compenser les pertes.

4.3.3- Impacts sur la plante :

a- Impacts sur la réduction du rendement et ces composantes :

Pour la pratique de double exploitation des diminutions des rendements en grains après la coupe sont observées, et qui sont attribuée à l'élimination d'une partie de la surface photosynthétique (Virgona et al., 2006 ; Holliday,1956), et aussi à la réduction du potentiel des plantes à régénérer les parties coupées (Dunphy et al.1984).

Ainsi des coupes effectuées au stade tallage pour l'orge et le triticale ont entraîné des réductions significatives de rendements grains par rapport aux témoins de l'ordre de -28% et de -23% respectivement. Ces diminution du rendement en grains après pâturage sont liées à la réduction du peuplement épis à la récolte pour l'orge, le triticale et le blé (Garcia del Moral 1992, Royo et al 1997 ; Dunphy et al 1982) ainsi à qu'à la réduction du nombre de grains et du poids des grains (Bonachela et al 1995 et Dunphy et al 1982).

Par ailleurs : Des augmentations des rendements en grains ont été observés à la suite d'un pâturage végétatif précoce signalées par Royo et al., (1993) ; Virgona et al., (2006) ; Droushiotis, (1984) ; Redmon et al. (1995) Notamment si le système à double usage est correctement géré (Arzadun et al., 2003; Hossain et al., 2003). Ces augmentations de rendements ont été attribuées à la moindre incidence de l'effet de compétition de densité peuplement et à une modération des maladies foliaire.

b- Impacts sur l'indice de récolte : La double exploitation sur triticale, avoine et seigle dans les travaux de Farid et al.(1993) n'ont eu aucun l'effet positif sur l'indice de récolte.

c- Impacts sur la fertilité épi : Après coupe, la fertilité des épis a été significativement affectée, le nombre de grains / épis a diminué de 30% pour l'orge et de 20% pour le triticale (Farid et al.1993).

d- Impacts sur le PMG : Le poids de 1 000 grains de l'orge n'a pas été affecté par les régimes de coupe dans les travaux de Francia et al. (2006).

e- Impacts sur la production en biomasse : La double exploitation permet une plus grande disponibilité de la biomasse fourragère vert de qualité pendant la période automne, hiver (Epplin et al., 2000; de Ruiter et al., 2002; Virgona et al., 2006; Jacobs et al., 2009).

f- Impacts sur la production de paille : La coupe a affecté de manière significative la production de paille et l'a réduite de (33%) et (28%) pour l'orge et le triticale (Beji, 2016).

g- Impacts sur la qualité du grain et du fourrage : La double exploitation n'a pas eu d'effets négatifs sur les caractères qualitatifs les protéines des grains de blé et sur la teneur en protéines des grains d'orge et du triticale après défoliation (Royo et al., 1994; Garcia del Moral et al., 1995; Royo and Pares, 1996; Royo et

al., 1997; Royo and Tribó, 1997).

h- Impacts sur la digestibilité et performance animale : Les travaux de Spurway et al., (1974) et; Muldoon, (1986) ont montré que la coupe au stade végétatif avant l'élongation de la tige de toutes les céréales fourni un fourrage avec des niveaux de qualité élevés qui convient bien au cheptel d'engraissement et aurait un impact positif sur les performances des animaux.

CHAPITRE 5 :

OBSERVATION AU MICROSCOPE À BALAYAGE ÉLECTRONIQUE MEB ET ANALYSE PAR FLUORESCENCE À RAYONS X DE LA FEUILLE DRAPEAU DU TRITICALE À DIFFÉRENTES PHASES DE SÉNESCENCE

5.1. Introduction :

L'exploration microscopique des structures cellulaires a suscité un intérêt croissant au fil du temps, nécessitant l'utilisation d'outils tels que les microscopes électroniques pour analyser les détails à l'échelle nanométrique et atomique.

5.2. Le microscope à Balayage électronique (MEB) :

Le microscope à balayage électronique (MEB) utilise un faisceau d'électrons à courtes longueurs d'onde pour révéler les structures nanométriques. Cette technologie est particulièrement précieuse elle permet une visualisation à une échelle très grande, ainsi que l'analyse chimique multi-élémentaire grâce à la fluorescence des rayons X (EDX).

Le microscope électronique (ME) est capable d'atteindre des agrandissements élevés, allant jusqu'à deux millions de fois, (Anonyme, 2022).

5.2.1. Principe et fonctionnement :

Le fonctionnement du MEB repose sur l'irradiation de l'échantillon sous vide par un faisceau électronique très fin et énergétique, 30 à 40 keV, émis par un canon à électron. Lorsque les électrons du faisceau interagissent avec les atomes de la surface de l'échantillon, cela entraîne la production d'électrons secondaires, d'électrons rétrodiffusés, d'émissions de rayons X, d'électrons Auger,...etc. L'analyse de ces particules par différents détecteurs permet de reconstruire une image en trois dimensions de la surface de l'échantillon (François, et al., 2008).

5.2.2. Domaines d'utilisation :

Le MEB est utilisé dans une multitude de disciplines scientifiques, allant des laboratoires de sciences des matériaux, de physique et de chimie, de la géoscience, de l'archéologie, de l'électronique, de la pharmacie, de la biologie, de la biotechnologie cosmétique et de la métallurgie (Anonyme, 2022).

5.3. Magnésium constituant de la chlorophylle et indicateur du degré de tolérance au stress :

La chlorophylle, élément clé de la photosynthèse, est une molécule complexe composée de quatre noyaux pyrroles disposés en cercle. Au cœur de cette structure, elle chélate un atome de magnésium qui joue un rôle essentiel en tant qu'ancrage pour les protéines présentes dans les membranes thylacoïdales.

La chlorophylle joue un rôle fondamental dans le processus de la photosynthèse en absorbant la lumière solaire à travers les chloroplastes pour convertir le CO₂ atmosphérique en composés organiques. La chlorophylle (a) représente près 3/4 du contenu total des pigments des plantes. Elle est responsable de la couleur verte des feuilles.

5.4. Effet du stress hydrique sur le taux de chlorophylle :

Le stress hydrique exerce une influence considérable sur l'activité photosynthétique des plantes en provoquant une diminution des concentrations de pigments chlorophylliens. Cette réduction peut être attribuée à deux mécanismes principaux : la dégradation des protéines chloroplastiques due aux dommages infligés aux ultrastructures des chloroplastes, ou l'inhibition de leur synthèse, la chlorophylle est dégradée, les feuilles changent de couleur (Humbeck, 2004 ; Miyashita et al., 2005 ; Asrar et El Hindi, 2011 ; Hafsi et Guendouz, 2012).

Un indicateur significatif du degré de tolérance de la chlorophylle au stress hydrique est le rapport chlorophylle (a/b), comme l'ont mentionné Mouellef, (2010) et Guettouche, (1990). En présence de stress hydrique, cette couleur verte devient moins intense, car la plante convertit une partie de la chl a en chl b, entraînant une couleur vert clair. Ce mécanisme permet à la plante de réfléchir une partie de la lumière incidente, réduisant ainsi la température foliaire et la transpiration, ce qui peut servir de mécanisme de protection en cas de stress (Reynolds et al., 2005).

5.5. Effet du stress thermique sur le taux de chlorophylle :

Le stress thermique exerce également un impact significatif sur la capacité photosynthétique des plantes. Il induit des limitations métaboliques et des dommages oxydatifs aux chloroplastes, affectant ainsi les activités de la membrane thylacoïdale. Cette perturbation peut entraîner une réduction du nombre de chloroplastes par cellule et, en fin de compte, une diminution du rendement photosynthétique (Farooq et al., 2011).

5.6. Les stomates :

Les stomates sont des structures ajustables essentielles présentes dans le tissu épidermique des plantes. Ils sont constitués de deux cellules spécialisées connues sous le nom de cellules de garde, cellules occlusives, protectrices ou cellules subsidiaires. La fonction principale de ces cellules est de réguler l'ouverture et la fermeture des stomates, de minuscules pores qui permettent les échanges gazeux vitaux pour la plante.

Ces stomates sont situés à la surface des feuilles, des tiges et d'autres organes végétaux, et ils jouent un rôle crucial dans la respiration, la transpiration et la photosynthèse de la plante.

Le mécanisme de régulation des stomates repose sur la contraction des cellules de garde. Lorsque ces cellules subissent une augmentation de la longueur de leurs micro-fibrilles de cellulose, elles s'ouvrent, permettant ainsi l'entrée d'air dans la chambre sub-stomatique, où se déroulent les échanges gazeux.

Ce système de sécurité efficace permet à la plante de répondre à divers signaux, qu'ils soient d'origine externe (comme la lumière, l'humidité et le dioxyde de carbone) ou interne (comme les signaux hormonaux). En fonction de ces signaux, les stomates s'ouvrent ou se ferment pour maintenir un équilibre essentiel entre les pertes d'eau par transpiration et les besoins de la plante en oxygène (O₂) pour la respiration et en dioxyde de carbone (CO₂) pour la photosynthèse.

5.6.1. Densité Stomacale :

Les stomates sont essentiellement des cellules épidermiques spécialisées des feuilles qui régulent l'échange d'eau et de gaz entre les plantes et l'atmosphère (Bergmann, 2004). La taille du pore stomatique est modulée pour réduire la perte d'eau afin de maximiser le processus photosynthétique. Ainsi, l'échange maximal de gaz dépend de la régulation de la taille, du nombre, de la capacité d'ouverture et de fermeture des stomates (Nadeau et Sack, 2002).

La fréquence ou la densité des stomates peut varier sous l'influence de facteurs environnementaux, de la morphologie des feuilles et selon les variétés (Nurtjahya et al., 2011). L'augmentation du nombre de stomates par unité de surface pourrait être l'un des facteurs de résistance au stress hydrique chez les céréales, à condition qu'elle soit accompagnée par une bonne activité physiologique (Djekoune et Yekhlef, 1996 ; Erchidi et al., 2000 ; Slama, 2002).

La densité stomatique semble également être un moyen pour les plantes de faire face à la sécheresse. La présence d'une plus grande densité stomatique est une forme d'adaptation des plantes aux zones sèches à fort ensoleillement, Cette augmentation de la densité stomatique vise à compenser la diminution de la surface foliaire des plantes qui ont besoin de réduire la transpiration en raison du stress hydrique, comme l'ont démontré Heckenberger et al., (1998) et Willmer, (1983).

Selon Wang, H. et Clarke, J. M. (1993), la fréquence stomatique sur une même feuille diffère en fonction de son emplacement sur la feuille, de la face considérée, de la position des feuilles sur la plante et de l'âge des feuilles. D'après l'étude de Miskin et Rasmusson (1970), la fréquence des stomates de plusieurs cultivars de blé diminue progressivement depuis la feuille drapeau jusqu'aux feuilles inférieures, la feuille drapeau compte environ 2 fois plus de stomates par mm² que les feuilles basales. De plus, la fréquence stomatique de la face inférieure des feuilles drapeaux est supérieure à celle de la face supérieure.

Khan et al, (2003) ; Bahar et al. (2008), (2009) ont montré qu'une fréquence stomatique plus élevée et une taille plus grande des stomates contribuent positivement à augmenter le rendement biologique du blé.

5.6.2. Taille des stomates :

La longueur des cellules de garde est un indicateur de la taille des pores des stomates, et elle diffère de manière significative entre les cultivars. La fréquence stomatique est négativement corrélée avec la taille des stomates, tandis que la surface stomatique totale par unité de surface foliaire augmente généralement avec la fréquence stomatique. Cette dernière augmente à son tour en conditions de sécheresse et de forte luminosité (Miskin et Rasmusson , 1970).

5.6.3. Caractéristique stomatique et sélection génétique :

Plusieurs études montrent que le rendement est un caractère polygénique de nature très variable, de faible héritabilité et soumis à de fortes interactions génotype x lieu (Bouzerzour et Dekhili, 1995).

L'efficacité de la sélection peut être accrue en utilisant plusieurs caractères adaptatifs, de nature morphologique, phénologique et physiologique, qui contribuent à l'amélioration de la tolérance aux stress abiotiques et peuvent être identifiés et utilisés comme critères de sélection indirecte (Acevedo et al., 1991 ;

Richards et al., 1997 ; Sayre et al., 1998).

Les caractères stomatiques sont intéressants pour les études physiologiques ainsi que pour la création de cultivars plus productifs ou plus résistants aux stress (Wang et Clarke, 1993).

Un intérêt a été exprimé pour la sélection de variétés végétales présentant une fréquence et une taille stomatiques particulières, en relation avec l'amélioration de la productivité (Ceulemans et al., 1984 ; Jones, 1987), la tolérance à la sécheresse (Dobrenz et al., 1969 ; Muchow et Sinclair, 1989), la résistance au froid, la tolérance aux températures élevées (Jones, 1987) et la tolérance aux polluants atmosphériques (Butler et Tibbins, 1979).

D'autres objectifs comprennent l'amélioration de la résistance aux maladies fongiques (Gill et Nandpuri, 1978) et une absorption accrue des contaminants atmosphériques (Smith et Dochinger, 1976).

La sélection s'intéresse également au caractère de la longueur des cellules de garde, qui est un indicateur de la taille des pores des stomates. Cette caractéristique diffère significativement entre les cultivars, ce qui rend possible son utilisation dans les programmes de sélection (Miskin et Rasmusson, 1970).

Yousufazi et al. (2009) ont mis en évidence l'association positive et significative entre le comportement stomatique, le rendement et les composants du rendement. Ils ont conclu que le comportement stomatique dans les feuilles drapeau est très utile pour la sélection de génotypes de blé, car le comptage des stomates est beaucoup plus facile que la sélection conventionnelle sur le terrain, qui est plus chronophage.

Les génotypes qui sont plus thermostables et qui ont une teneur en eau relative optimale, une taille et une fréquence stomatique plus importantes ont un rendement biologique plus élevé. Les valeurs élevées de la teneur en eau relative (TRE), du comportement stomatique et de la thermo stabilité de la membrane cellulaire sont corrélées avec un rendement biologique optimal et sont des critères de sélection utiles pour la stabilité du rendement (Khatoon et al., 2016). Saleem (2000) a montré que la fréquence stomatique plus élevée et la taille des stomates contribuent positivement à l'augmentation du rendement biologique du blé.

L'échange maximal de gaz contient donc la régulation de la taille, du nombre, de la capacité d'ouverture et de fermeture des stomates (Nadeau and Sack, 2002). L'efficacité des pores stomatiques en tant que voies de diffusion gazeuse dépend essentiellement de la taille et de la répartition des pores dans l'épiderme.

Ainsi, il semblerait que des ouvertures stomatales plus grandes ou un plus grand nombre de stomates par unité de surface foliaire pourraient permettre des taux de photosynthèse plus élevés en diminuant la résistance diffusive à l'absorption de CO₂.

Parce que la résistance stomatique est liée à la photosynthèse et à l'efficacité de l'utilisation de l'eau, la fréquence des stomates pourrait être un critère important à utiliser dans la sélection des parents pour la production de blés à haut rendement (Teare , Peterson , Law ,1971)

Dans leurs travaux Miskin et al. (1972) ont conclu que pour la culture d'orge, l'héritabilité de la fréquence stomatique était suffisamment élevée pour permettre la sélection sur les plantes individuelles dans les premières générations.

5.6.4. Fonctionnement des stomates :

Les stomates sont constitués de deux cellules adjacentes qui peuvent ainsi se déformer sous l'effet de variations de leur pression hydraulique interne et ouvrir l'ostiole à travers lequel s'échappe l'eau transpirée

(Durand, 2007). La fermeture des stomates est déclenchée par une diminution du potentiel hydrique du mésophylle. La régulation de l'ouverture et de la fermeture des stomates dépend du potentiel hydrique foliaire et de l'humidité de l'air sur le terrain (Turner, 1997).

Les stomates contrôlent la réduction de la perte en eau due à la demande atmosphérique en modulant la taille des pores stomatiques dans le but de maximiser le processus photosynthétique. Le taux d'échange maximal de gaz dépend donc de la régulation de la taille, du nombre, de la capacité d'ouverture et de fermeture des stomates (Nadeau and Sack, 2002).

Le mécanisme et le processus biochimique d'ouverture et de fermeture des stomates se déroulent comme suit : en présence de lumière ou en cas de manque de CO₂, les protons H⁺ quittent les stomates pour se diriger vers les cellules épidermiques. Ce déséquilibre en charges positives entraîne l'entrée de cations potassium K⁺, rendant ainsi les cellules stomatiques hypertoniques. Par phénomène d'osmose, l'eau pénètre des cellules épidermiques vers les cellules stomatiques.

La fermeture des stomates peut être déclenchée en cas de stress hydrique. Dans ce cas, un phénomène réactif intervient grâce à une hormone, l'acide abscissique (ABA), synthétisée au niveau des racines. Les racines détectent le manque d'eau dans le sol et produisent cette hormone (l'acide ABA) qui est transportée jusqu'aux feuilles. Elle entraîne la fermeture des stomates en réduisant la turgescence des cellules de garde. Les membranes des cellules de garde possèdent divers récepteurs canaux spécifiques.

5.6.5. Système stomatique et adaptations au stress :

Pour limiter leurs pertes en eau à travers les stomates, les plantes confrontées au stress ont développé diverses formes d'adaptations morphologiques et physiologiques.

5.6.6. Protection des stomates par des poils et trichomes :

La présence de poils et trichomes sur la surface foliaire, joue un rôle dans la protection contre les ravageurs. Leur présence permet de diminuer l'impact direct du rayonnement solaire et de créer une zone gazeuse juste en dessous. Cette zone est abritée du vent, de la dessiccation et permet le renouvellement rapide de l'air. Le gaz carbonique, en revanche, y est présent et permet aux stomates de l'assimiler, assurant ainsi la continuité de la photosynthèse (Hülkamp et al., 1999).

PARTIE EXPÉRIMENTALE

Expérimentation I

Comportement de la culture du triticale dans les conditions méditerranéennes de sécheresse :

1.1. Introduction :

Le réchauffement climatique résultant du changement climatique a des répercussions néfastes sur la production céréalière de blé, ce qui accroît potentiellement les risques d'insécurité alimentaire et de pauvreté (Ortiz et al., 2008).

Dans les zones pluviales pour réduire les conséquences environnementales sur la production céréalière, la meilleure stratégie est de cultiver des variétés adaptées avec une stabilité de rendement. Monneveux et al., (1992) ont noté que toute amélioration génétique et création de variétés avec souplesse d'adaptation aux contraintes environnementales doit impliquer une meilleure connaissance des facteurs phénologiques et morpho-physiologiques. Halford (2009) a ajouté qu'au vu de ce changement de scénario des conditions environnementales, il est urgent de développer des génotypes qui tolèrent le stress thermique terminal ou qui mûrent tôt sans perte de rendement et échappent ainsi au stress.

Afin d'évaluer et de valider davantage la valeur potentielle des caractères morpho physiologiques et agronomiques habituellement utilisés dans les programmes de sélection du blé, dans cette étude, certains caractères ont été utilisés pour 20 lignées de triticale provenant du CIMMYT testées dans des conditions agronomiques des hauts plateaux méditerranéens Sétifiens, pour mieux comprendre les relations entre ces caractères et éventuellement les appliquer à d'autres céréales.

1.2. Matériel et Méthodes :

L'expérimentation a été menée au cours de la saison de croissance 2018/2019 au champ de l'ITMA (Institut technique moyen d'agriculture) de Sétif (33.07454_N, 111.97494_W, altitude 950 m).

1.2.1. Protocole expérimental :

Un essai d'un ensemble de 20 lignées avancées de triticale importées du CIMMYT (Tableau 17), a été installé sur un sol limono-calcaire à faible teneur en matière organique et d'une profondeur d'environ 0,6 m (Guendouz et al., 2014). selon un dispositif expérimental Bloc Aléatoire Complet, avec 03 répétitions, pour chaque lignée. Le précédent cultural était une jachère, le labour a été réalisé le 10/11/2018, suivi de l'opération du hersage le 03/12/2018. Les lignées ont été semées manuellement le 8 décembre 2018 dans des parcelles à 6 rangs, de 1 m de long avec 0,17 m entre les rangs, avec un taux de semis de 300 graines par m². Des engrais granulaires de phosphore (P₂O₅) de 100 kg/ha a été incorporé au sol avant la plantation et de l'urée azotée de 100 kg/ha a été apportée au moment du tallage. Le désherbage a été appliqué manuellement.

Tableau 17: Pedigree des lignées évaluées

Line	Pedigree
01	FAHAD_8-2*2//PTR/PND T/3/GAUR_3/ANOAS_2//BANT_1/4/HARE_7265/YOGUI_1//BULL_2/5/...
02	SONNI_3*2//FARAS/CMH84.4414/6/RONDO/BANT_5//ANOAS_2/3/RHINO_3/BULL_1-1/5/DAHBI_6/3/...
03	PRESTO//2*TESMO_1/MUSK 603/4/ARDI_1/TOPO 1419//ERIZO_9/3/SUSI_2/7/FAHAD_4/...
04	08P166/9/T1505_WG//ERIZO_10/BULL_1-1/3/ERIZO_10/BULL_1-1/4COPI_1/5/ARDI_1/...
05	09P018-INT11/9/T1505_WG//ERIZO_10/BULL_1-1/4/COPI_1/5/ARDI_1...
06	08L129/4/CAAL/3/T1494_WG//ERIZO_10/2*BULL_BULL_1-1
07	08L129/8/POPPI_2/TAHARA/4/DAHBI_6/3/ARDI_TOPO 1419//ERIZO_9/7/CAAL/MANATI_1/5/...
08	08L129/4/CAAL/3/T1494_WG//ERIZO_10/2*BULL_1-1
09	08L129/9/BICEN/8/GAUR_2/HARE_HARE_3//JLO97/CIVET/5/DIS B5/3/SPHD/PVN//YOGUI_6/4/...
10	08L129/9/BICEN/8/GAUR_2/HARE_3//JLO97/CIVET/5/DIS B5/3/SPHD/PVN//YOGUI_6/4/...
11	08L129/8/DAHBI_6/3/ARDI_1/TOPO1419//ERIZO_9/5/804/BAT/3/MUSK/LYNX//...+
12	08L129/8DAHBI_6/3/ARDI_1/TOPO 1419//ERIZO_9/5/804/BAT/3/MUSX/LYNX//....
13	08L129/4/CAAL/3/T1494_WG//ERIZO_10/2*BULL_1-1
14	08L129/8/LIRON_2/5/DIS B5/3/SPHD/PVN//YOGUI_6/4/KER_3/6/BULL_10/MANATI_1/7/...
15	08L129/7/NILEX/3/BULL_10/MANATI_1//FARAS/CMH84.4414/6/HX87-255/5/PRESTO//...
16	08L129/8/POPPI_2TAHARA/4/DAHBI_6/3/ARDI_1/TOPO 1419//ERIZO_9/7/CAAL/MANATI_1/5/...
17	08L129/8/POPPI_2/TAHARA/4/DAHBI_6/3/ARDI_1/TOPO 1419//ERIZO_9/7/CAAL/MANATI_1/5/...
18	08L132/8/LIRON_2/5/DISB5/3/SPHD/PVN//YOGUI_6/4/KER_3/6/BULL_10/MANATI_1/7/...
19	08L132/8/LIRON_2/5/DISB5/3/SPHD/PVN//YOGUI_6/4/KER_3/6/BULL_10/MANATI_1/7/...CTSS14 Y00043S-70Y-1M-2Y-2M-0B
20	08L132/7/NILEX/3/BULL_10/MANATI_1//FARAS/CMH84.4414/6/HX87-244/HX87-255/5/PRESTO//...

1.3. Mesures agronomiques et physiologiques :

Les stades de croissance des plantes ont été enregistrés en utilisant l'échelle de Zadoks. Le rendement en grains (RDT) ainsi que ses composantes, notamment la hauteur des plantes, la biomasse végétative aérienne (BV), et le poids en mille grains (PMG), ont été mesurés. De plus, les talles, les épis, le rendement en paille, et la teneur en protéines des grains ont été analysés en utilisant la méthode Kjeldhal.

Des échantillons de feuilles drapeau, préalablement étiquetées dans chaque parcelle, ont été collectés de manière chronologique à des intervalles de 5 jours à partir du 3ème jour de l'anthèse jusqu'à la maturité. Ces notations ont été réalisées neuf fois pour la sénescence en se basant sur le critère de sénescence atteignant 50% pour la plupart des génotypes. Et 03 répétitions pour les mesures de SPAD, TRE, et thermo stabilité de la membrane cellulaire (TSC).

Pour déterminer la chlorophylle, un chlorophylle mètre SPAD (Minolta SPAD-502, Konica

Minolta Sensing, Inc., Tokyo, Japon) a été utilisé sur le terrain. Ce dispositif émet deux intensités lumineuses différentes, à 650 nm (rouge) et 940 nm (infrarouge), pour estimer la teneur en chlorophylle (verdeur) en fonction de l'absorption du tissu foliaire.

1.3.1 Indice de récolte :

L'indice de récolte représente la proportion de la biomasse totale qui est convertie en grain. Il est directement lié au rendement car il fournit une indication de la capacité d'une culture à convertir la biomasse végétale en rendement grain. L'augmentation de l'indice de récolte a été un facteur majeur dans l'amélioration du rendement céréalier de nombreuses cultures. C'est un trait utile pour évaluer les progrès dans l'amélioration du potentiel de rendement des cultures et est relativement facile à mesurer.

1.3.2 Teneur relative en eau :

La teneur relative en eau a été mesurée sur la dernière feuille bien développée selon la méthode de Barrs et al., (1968). Les valeurs de la (TRE) ont été déterminées à partir de la formule :

$$\text{TRE}\% = (\text{Pf} - \text{Ps}) / (\text{Pr} - \text{Ps}) \times 100$$

Où Pf représente le poids frais, Pr est le poids de réhydratation et Ps est le poids sec de la feuille.

1.3.3. Efficacité de l'utilisation de l'eau (EUE) :

Elle représente la quantité de biomasse ou de grains produits par unité d'eau consommée. Pour les cultures céréalières dans les régions méditerranéennes, elle se calcule conformément à la méthode de French et Schultz, (1984). Le calcul de l'EUE implique trois étapes : déterminer la quantité totale d'eau utilisée par la culture, mesurer la biomasse totale ou le rendement céréalier, puis calculer l'EUE en divisant la biomasse totale ou le rendement par la quantité totale d'eau utilisée.

1.3.4. Thermostabilité de la membrane cellulaire (TSC) :

La stabilité de la membrane cellulaire joue un rôle crucial dans la tolérance à la sécheresse en tant que composante majeure dans des conditions de stress hydrique. Pour estimer le taux de lésion de la membrane cellulaire causée par la sécheresse, on peut mesurer la fuite d'électrolyte des cellules. La (TSC) a été évaluée conformément à la méthode d'Ibrahim et Quick, (2001). Pour cette estimation, nous avons prélevé 3 échantillons de feuilles sur des plantes pour chaque répétition. Ces échantillons ont été, soigneusement lavé avec de l'eau déionisée pour éliminer tout contaminant. Ensuite, ils ont découpés en disques de 10 mm de diamètre, puis lavés à nouveau à l'eau déminéralisée. Ces disques de feuilles ont ensuite été placés dans des tubes à essai contenant 10 ml d'eau déminéralisée.

Les tubes à essai ont été soumis à un bain-marie pendant 30 minutes à 50°C. Après cette étape, les

tubes ont été maintenus à température ambiante pendant une nuit.

Enfin, la conductivité électrique des tubes à essai (C1) a été mesurée à l'aide d'un conductimètre électrique (EC Conductivity Meter HI9932).

Ces tubes à essai ont ensuite été soumis à l'autoclave à une température de 100°C et à une pression de 0,10 MPa pendant 10 minutes, et leur conductivité électrique (C2) a été enregistrée. Le taux de perte de l'électrolyte a été calculé à l'aide des formules $TSC = (1 - C1 / C2) \times 100$ (Sullivan, C.Y., 1972).

1.3.5. Surface foliaire spécifique :

La surface foliaire spécifique est définie comme le rapport de la surface foliaire au poids sec de la feuille (exprimé en $m^2.kg^{-1}$). La surface foliaire spécifique traduit l'épaisseur des feuilles et a une signification physiologique particulière. Ce paramètre est notamment corrélé positivement à la capacité photosynthétique de la plante. Dans des conditions de sécheresse, les feuilles sont, en moyenne, plus petites que les feuilles des plantes témoins. Les espèces ayant généralement de faibles valeurs de surface foliaire spécifique sont adaptées à la conservation des ressources acquises, en raison de leur forte teneur en matière sèche, de la concentration élevée des parois cellulaires et des métabolites secondaires, et de la grande longévité des feuilles et des racines. Plusieurs études ont montré que la surface foliaire spécifique (SFS) était extrêmement bien corrélée avec EUE et discrimination isotopique du carbone sur un large éventail de cultivars et d'environnements. La SFS est simple et peu coûteuse à mesurer, elle a donc été suggérée de l'utiliser comme indice de sélection rapide pour une EUE élevée.

La SFS a été déterminée en calculant le rapport entre la surface foliaire des feuilles (SF) et leur masse sèche correspondante (MS), exprimé en cm^2/g . Dix feuilles étendards de chaque variété ont été coupées à la base du limbe après la cessation de la croissance, puis photographiées à l'aide d'un appareil photo numérique (Sony SSC-C108P, Kyoto, Japon à 16 méga pixels de résolution), Les feuilles ont été séchées dans une étuve à 85°C pendant 48 heures pour obtenir leur poids sec. Les images enregistrées dans des fichiers JPEG ont été traitées sur PC par le logiciel MESURIM PRO (version 3.3) incluant la mesure automatique (en pixels et cm^2) de la surface foliaire. Le poids spécifique de chaque variété a été calculé en divisant le poids de la feuille (en grammes) par sa surface (en cm^2) (Vile et al., 2005).

1.3.6. Sénescence :

Les photographies des feuilles ont été prises entre 11h00 et 12h00, heure solaire, à l'aide d'un appareil photo numérique couleur équipé d'un mécanisme d'autofocus (Sony SSC-C108P, Kyoto, Japon). Les images ont été enregistrées au format JPEG (Joint Photographic Experts Group). Par la suite, ces images ont été soumises à une analyse informatique sur un ordinateur PC, en utilisant

le logiciel MESURIM PRO (version 3.3). Ce logiciel permet de mesurer automatiquement la surface foliaire en pixels et en cm². La sénescence a été exprimée en pourcentage, représentant le rapport entre la surface sénescente et la surface foliaire totale. Des travaux antérieurs ont utilisé cette méthode (Hafsi et al., 2000 ; Guendouz et Maamari, 2011). La vitesse de sénescence ou vitesse a été calculée pour chaque date de mesure en utilisant la formule suivante : $(S_{i+1} - S_i) / (\Sigma_{i+1} - \Sigma_i)$ (Hafsi et al., 2000).

1.4. Résultats et discussion :

1.4.1. Analyses statistiques :

Les résultats ont été soumis à une analyse de variance (ANOVA) en utilisant le logiciel statistique Costat, version 6.4.

L'analyse de la variance a été effectuée, selon le dispositif expérimental adopté Bloc aléatoire complet, pour les paramètres agronomiques et physiologiques.

Les moyennes ont été testées par la différence la moins significative au niveau P0,05 (LSD0,05). Les moyennes significatives ont été séparées à l'aide du test à plages multiples de Student Newman-Keuls. Une analyse de corrélation linéaire a été utilisée pour déterminer les relations entre les traits mesurés par le logiciel Excel Stat 2009. Une analyse en composantes principales ainsi qu'un clustering et regroupement des caractères agro-physiologiques a été effectué par le logiciel R+.

1.4.2. Conditions climatiques :

Les données météorologiques pour la saison de croissance ont été obtenues auprès de l'ONM (Office National de Météorologie), la station météorologique locale. Les précipitations au cours de la saison 2018-2019 se sont élevées à 403,2 mm (Fig. 11), avec une répartition irrégulière. Au cours des 42 premiers jours à partir du début de l'anthèse, seulement 11,4 mm de précipitations ont été enregistrés. Les températures maximales journalières ont oscillé entre 28 et 33,6°C.

Les données météorologiques indiquent une sécheresse sévère pendant la période sensible de la période de remplissage des grains, où l'eau disponible, estimée selon la méthode de Doorenbos et al., (1979), couvre à peine un tiers (1/3) des besoins de la plante (Fig.11b). Cette caractéristique du climat méditerranéen est la principale menace de la production céréalière dans la région, causant jusqu'à 80% des pertes de rendement (Nachit et al., 1998). Ces conditions, en revanche, représentent une pression sélective sur notre ensemble de lignées, augmentant l'efficacité de sélection de génotypes adaptables aux conditions méditerranéennes.

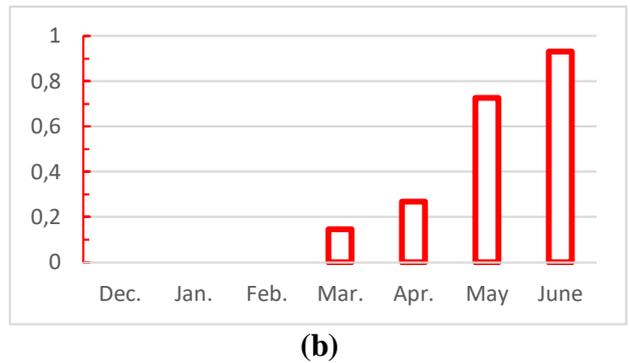
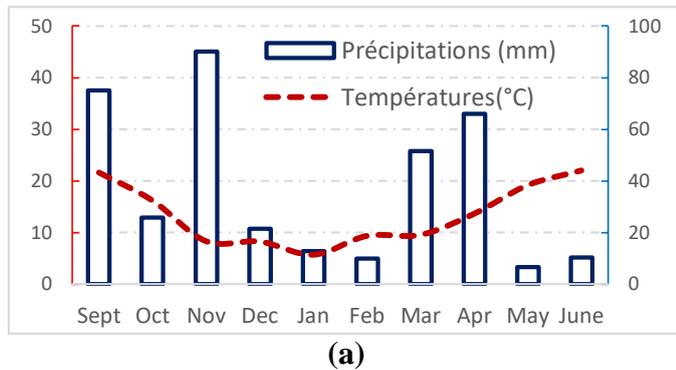


Figure 11 : Précipitations et température moyenne pendant la saison de culture 2018-2019 à Sétif (Algérie) (a) et déficit hydrique mensuel estimé selon la méthode de Doorenbos et al. (1979) (b).

1.4.3. Comparaison des moyennes et corrélation entre les caractères :

1.4.3.1. Traits agronomiques :

Les résultats de l'analyse de variance (Tableau 18) ont montré une différence significative entre les génotypes pour le rendement en grain (RDT grain) et l'efficacité de l'utilisation de l'eau (EUE). La différence entre les lignées était également significative pour le rendement en paille, les talles/m², les épis/m², les grains/épi, l'indice de récolte et le poids de mille grains (PMG).

Concernant la production de fourrage, la différence entre les lignées était significative et les lignées L19, L18 et L16 ont devancé les autres lignées pour la production de fourrage (Tableau 18). De plus, du fait du faible niveau de stress aux premiers stades de croissance, les résultats obtenus peuvent être considérés comme proches de la production fourragère potentielle des lignées évaluées.

Le RDT grain moyen pour de toutes les lignées (34,71 q/ha) était associé à une variation importante entre les lignées. L'écart de RDT grain entre les lignées montre la variabilité de la capacité de rendement dans cet environnement particulier et la supériorité des lignées : L7, L10, L18, L13, L15 et L16 successivement. La dernière lignée 16, en plus du RDT grain le plus élevé (69,2 q/ha), avait également la valeur la plus élevée de EUE (47,1 kg/mm), de nombre de talles/m² (742,2) et d'épis/m² (546,7).

La lignée L18 a enregistré le plus grand nombre de grains/épi (58,4) et le PMG le plus élevé (42,88 g), tandis que la lignée 20 avait l'indice de récolte le plus élevé (4,27).

L'analyse de corrélation a montré que RDT grain était positivement corrélé à ses composantes : nombre d'épi m² ($r=0,95$) et nombre de grains par épi ($r=0,62$). Le rendement en grain était également lié au nombre de talles ($r = 0,88$), au rendement en paille ($r = 0,50$) et au WUE ($r = 0,96$).

La capacité de tallage joue un rôle essentiel en permettant à la culture de compenser une densité de

plantes faible ou des pertes de plantes, ce qui maximise la production de biomasse et d'épis, en particulier lorsque les conditions environnementales favorisent le développement de la culture aux premiers stades de croissance, comme observé dans notre étude. Les lignées à haute capacité de tallage ont également montré une production accrue d'épis ($r=0,96$), une composante clé du rendement, expliquant ainsi l'association positive entre le nombre de talles et le rendement en grains ($r=0,88$) ainsi qu'avec l'EUE ($r=0,92$). Ces résultats indiquent que la capacité de tallage est un trait adaptatif pouvant être utilisé pour la sélection de lignées de triticales adaptés à la région méditerranéenne.

De même, les composantes du rendement : densité de l'épi et nombre de grains par épi avaient une relation positive avec RDT grain ($r = 0,95$ et $r = 0,62$ respectivement) et EUE ($r = 0,97$ et $r = 0,50$ respectivement), validant leur utilisation comme caractères de sélection pour productivité et tolérance à la sécheresse pour maximiser la production céréalière, en particulier en cas de stress terminal.

Le PMG, en revanche, n'était pas significativement corrélé à RDT grain, suggérant que le stress hydrique terminal avait un impact négatif sur le remplissage des grains. Ceci est en outre soutenu par la relation non significative entre RDT grain et l'indice de récolte (IR), qui exprime l'efficacité de translocation des assimilats de la biomasse végétative au grain. Ces résultats reflètent l'effet de la sécheresse sur le rendement (Barnabás et al., 2008). De plus, la relation significative entre l'IR et la biomasse fraîche produite avant le stade de floraison ($r = 0,54$) indique que les réserves de la plante en eau et en assimilats avant l'exposition à la sécheresse au stade de remplissage des grains ont contribué à l'efficacité de la translocation. Selon Blum (2014), la biomasse produite avant la floraison peut contribuer jusqu'à 65 % du rendement de triticales d'hiver.

Tableau 18 : Moyennes des caractères agronomiques et importance de l'effet lignées (EG)

lignées	Rdt grain q/ha	rdt paille q/ha	biomasse q/ha	talles/m ²	épis/m ²	Grains/épi	indice récolte	PMG	haut plante	EUE	indice surface foliaire											
1	7,7	i	16,2	bc	64,9	gh	184,4	f	75,6	i	30,4	e	0,48	c	25,2	gh	97,3	bc	1,5	i	0,16	bc
2	30,8	defg	22,7	bc	72,4	fgh	393,3	bcde	253,3	efg	31	e	1,36	abc	23,3	h	99	bc	11,1	defg	0,17	bc
3	35,7	cdefg	26,7	bc	63,3	fgh	400	abcd	257,8	efg	39,3	bcde	1,34	abc	30,9	def	95,8	bc	14,8	cde	0,23	bc
4	21,3	hi	13,3	c	52,9	h	333,3	de	217,8	ghi	37,5	cde	1,6	abc	33,5	cde	90,5	bc	7,9	ghi	0,18	bc
5	23,7	fghi	44,2	bc	43,6	h	355,6	cde	228,9	ghi	33	de	0,54	c	31,9	cdef	94,2	bc	8,6	ghi	0,17	bc
6	29,6	defgh	40	abc	45,1	gh	364,4	bcde	231,1	ghi	56,7	ab	0,74	bc	32,6	cdef	84,5	cd	10,7	defg	0,22	bc
7	41,5	cd	63,6	a	77,8	fg	424,4	abc	308,9	cd	46,7	abcde	0,65	c	37,0	bc	103,7	ab	17,2	cd	0,34	a
8	26,9	efgh	29,3	bc	65,3	gh	342,2	cde	237,8	fgh	46,2	abcde	0,92	abc	37,0	bc	95,3	bc	10,8	defg	0,22	bc
9	32,9	defg	13,1	c	92,9	fgh	384,4	bcde	273,3	def	46	abcde	2,51	ab	32,6	cdef	91,3	bc	14,0	cdefg	0,26	bc
10	48	cd	30	bc	74	fgh	448,9	ab	348,9	bc	52,3	abc	1,6	abc	28,0	fgh	103,7	ab	21,4	cd	0,22	bc
11	38,8	cde	39,3	abc	129,6	bcd	446,7	ab	286,7	cde	48,4	abcd	0,99	abc	33,7	cde	97,4	bc	14,1	cdefg	0,24	bc
12	30,9	defg	29,6	bc	48,9	fgh	400	abcd	213,3	ghi	48,1	abcde	1,05	abc	34,8	bcd	100,6	b	9,3	efgh	0,19	bc
13	60,5	b	53,6	ab	78,7	ef	622,2	ab	451,1	b	51,5	abcd	1,13	abc	24,9	gh	98,6	bc	33,2	a	0,25	bc
14	22,6	ghi	13,8	c	102	cde	297,8	f	171,1	hi	44,8	bcde	1,64	abc	29,3	efg	96,8	bc	7,4	hi	0,13	cd
15	62	a	16,4	c	102,4	cde	446,7	ab	391,1	b	54	ab	3,77	ab	23,4	h	94,6	bc	31,1	b	0,32	b
16	69,2	a	54	ab	115,6	abc	742,2	a	546,7	a	46,8	abcde	1,28	abc	26,0	gh	103,6	ab	47,1	a	0,34	a
17	23	ghi	21,1	c	95,6	de	300	e	213,3	ghi	43,4	bcde	1,09	abc	25,7	gh	90,7	bc	9,1	fghi	0,28	b
18	59,8	c	45,8	abc	119,8	ab	442,2	ab	346,7	cd	58,4	a	1,31	abc	42,9	a	113,4	a	26,4	c	0,28	bc
19	32,9	cdefg	11,3	bc	155,6	a	313,3	e	224,4	ghi	51,8	abc	2,9	ab	38,4	b	102,7	ab	13,2	defg	0,10	d
20	37,9	cdef	8,9	c	106,7	cd	395,6	abcde	284,4	cde	41,2	bcde	4,27	a	29,8	defg	77,7	d	14,6	cdef	0,16	bc
Mean	34.71		31.46		85.08		380.53		266.68		46.78		53.96		31.03		96.5		19.64		0.305	
LSD 0,05	5.71		18.23		11.52		56.46		28.34		6.93		11.66		3.31		8.51		3.23		0.090	
line eff	***		***		***		***		***		***		***		***		***		***		***	

*: significative 0.05, **: significative 0.01, ***: significative à 0.001, ns: no significative, RDT: Rendement grain, RDT paille: Rendement paille, BA: Biomasse à l'anthèse, NbrTall: Talle/m², Épi/m²: Nbre épi/m², Grains/épi: Nbre grains/épi, IR: Indice de récolte, PMG: Poids de 1000 grains, EUE: Efficacité de l'utilisation de l'eau, Moyennes avsc les meme lettres ne sont différentes selon le testPPDS (Alpha = 0.05).

1.4.3.2. Traits morphologiques et physiologiques :

Chez les céréales, la feuille étendard est la principale source de photosynthèses pour le remplissage des grains et donc la formation du rendement (Wardlaw, 1990). Par conséquent, il est utilisé pour évaluer la réponse des céréales au stress et son impact sur le rendement. Le suivi de la feuille étendard dans notre étude consistait à mesurer le taux de sénescence (TS), La vélocité de sénescence (VS), la somme des températures pour 50% de sénescence (S50), la teneur en chlorophylle (SPAD), la stabilité de la membrane cellulaire (SMC), la teneur relative en eau (TRE) et l'indice de surface foliaire (ISF).

L'analyse de variance (Tableau 19) a révélé une différence significative entre les lignées testées pour les moyennes de TRE, ISF, SPAD, SMC, TS et VS. Les lignées 07 et 16 avaient le ISF le plus élevé (0,338 cm²/g). La lignée 01 avait le TRE (0,63 %) et le SMC (90,73 %) les plus élevés,

tandis que la lignée 20 avait le TS (42,89 %) et le TV (0,129) les plus élevés.

La fréquence élevée des stress thermiques et hydriques en fin de cycle céréalier d'hiver est une caractéristique du climat méditerranéen. La corrélation significative (Tableau 20) entre la sénescence et le TRE ($r = -0,55$), qui reflète l'hydratation des feuilles, relie la sécheresse au processus de sénescence accélérée. Les résultats ont également montré une corrélation significative entre TS et VS ($r = 0,82$), établissant l'implication des températures élevées dans l'augmentation du taux de sénescence. Le stress thermique réduit l'activité photosynthétique et sa continuation en raccourcissant les différentes étapes du cycle de vie (Stone, 2001), comme observé sur l'étape de remplissage des grains dans notre cas. Alors que la sécheresse affecte l'activité photosynthétique et la translocation des assimilats au grain. L'effet des contraintes de chaleur et de sécheresse sur le potentiel du col de l'épi élucide l'absence de corrélation significative entre le PMG et IR avec RDT grain et EUE.

En prolongeant le stade de remplissage du grain, la longévité de la feuille étendard est souvent liée à RDT grain, IR (Carmo-Silva et al., 2017) et au poids du grain (Porter et Gawith, 1999). En revanche, nos résultats ont montré une relation positive de PMG avec TS ($r = 0,69$) et VS ($r = 0,65$), ce qui implique que la diminution de TS lors de la translocation des assimilats n'était pas suffisante pour contribuer de manière significative au RDT en raison de la période de remplissage raccourcie du grain. De plus, la corrélation négative et significative entre PMG et S50 ($r = -0,65$) (Tableau 20) confirme que sous contrainte sévère, le poids des grains des lignées évaluées dépend du taux de remplissage plutôt que de la durée.

Les résultats ont également montré que la longévité de la feuille étendard dépend du maintien de la stabilité de la membrane cellulaire SMC ($r_{TS} = -0,82$, $r_{VS} = -0,66$, $r_{S50} = -0,66$), ayant des valeurs SPAD élevées ($r_{TS} = -0,60$, $r_{VS} = -0,47$, $r_{S50} = 0,61$), et une capacité élevée à absorber et/ou retenir l'eau ($r_{TRE} = 0,55$) (Tableau 20). En plus de retarder la sénescence, nos résultats ont montré que les valeurs SPAD, exprimant la teneur en chlorophylle, étaient proportionnelles à EUE ($r = 0,47$), indiquant une association des valeurs SPAD avec la productivité et l'efficacité de l'utilisation de l'eau sous stress.

L'Indice de la surface foliaire (ISF) est associé à une meilleure croissance, une meilleure réception de la lumière et des échanges gazeux (Tang et al., 2022). Cette caractéristique explique sa relation positive avec RDT ($r = 0,64$) et EUE ($r = 0,65$), en plus de sa relation avec les valeurs de SPAD ($r = 0,53$). De plus, la forte héritabilité du ISF (Carmo-Silva et al., 2017) encourage son utilisation dans la sélection pour la productivité et la tolérance au stress.

La valeur nutritionnelle, y compris la teneur en protéines du grain (TPG), est une qualité souhaitée pour une meilleure utilisation du grain. La TPG dans les céréales, qui est un caractère quantitatif,

dépend de l'efficacité de la nutrition azotée, de la synthèse des protéines et de leur efficacité de translocation vers le grain (Garcia del Moral et al., 1995). Les TPG des lignées évaluées varient entre 13,5% et 15,5%, proches de celles du blé. Les résultats de nombreuses études ont montré que le déficit hydrique augmente généralement le TPG en réduisant l'accumulation de glucides. Cependant, une sécheresse sévère peut affecter l'efficacité de la nutrition azotée, ce qui réduit la TPG (Barati et Bijanzadeh, 2021). Ces résultats ont montré, en plus de la variabilité génétique, une association significative entre TPG et TRE ($r = 0,56$) (Tableau 20) a été notée, indiquant qu'en cas de sécheresse sévère, les lignées capables de maintenir l'hydratation des feuilles sont plus susceptibles de produire des grains avec un TPG plus élevé.

Tableau 19 : Moyennes des caractères physiologiques, de la teneur en protéines et taux de signification de l'effet ligné

lignées	RWC	CMS	SPAD	SR	VR	LAI	S50	GPC
1	0,63 a	90.73 a	32.07 defg	25.195 hi	0.115 cdef	0,164 bc	635.11	14.7
2	0,59 ab	90.24 ab	31.05 efgh	23.294 i	0.11 def	0,173 bc	673.22	15.2
3	0,59 ab	88.53 abc	32.34 defgh	30.861 ef	0.12 abcde	0,227 bc	596.39	14.6
4	0,56 ab	88.26 abc	33.23 cde	33.494 cd	0.119 abcde	0,181 bc	571.40	14.7
5	0,57 ab	88.29 abc	28.37 hi	31.906 de	0.118 abcde	0,17 bc	559.58	13.5
6	0,56 ab	84.25 d	29.01 ghi	33.569 cd	0.12 abcde	0,221 bc	558.23	15.3
7	0,54 ab	86.56 c	30.31 efgh	37.027 b	0.126 abc	0,338 a	502.17	14.9
8	0,56 ab	82.5 de	31.48 efgh	37.001 b	0.126 abc	0,222 bc	579.87	15.5
9	0,6 a	83.42 d	34.25 cd	32.553 cde	0.122 abc	0,262 bc	558.01	14.9
10	0,59 ab	88.71 abc	32.22 defg	27.993 g	0.121 abcd	0,217 bc	607.58	14.8
11	0,54 ab	83.01 d	34.55 cd	33.667 cd	0.117 bcde	0,236 bc	593.07	14.9
12	0,6 a	84.19 d	27.4 ij	34.71 c	0.128 a	0,185 bc	593.34	14.9
13	0,6 a	87.68 bc	32.33 defg	24.929 hi	0.107 f	0,247 bc	667.30	14.9
14	0,52 ab	88.11 abc	35.07 bc	29.297 fg	0.12 abcde	0,134 cd	607.57	13.4
15	0,54 ab	88.85 abc	37.22 bc	23.403 i	0.11 ef	0,324 b	671.80	14.8
16	0,55 ab	86.36 c	38.75 a	26.033 h	0.121 abc	0,338 a	631.64	13.7
17	0,48 b	88.8 abc	32.86 def	25.713 h	0.12 abcd	0,284 b	626.08	13.7
18	0,45 b	88.28 abc	29.45 fghi	29.752 fg	0.121 abcd	0,276 bc	565.63	13.7
19	0,44 c	80.62 e	26.77 j	38.426 b	0.127 ab	0,102 d	514.49	14.7
20	0,43 c	80.63 e	26.81 j	42.891 a	0.129 a	0,161 bc	440.89	13.1
Mean	0,494	86.403	32.841	31.085	0.119	0.305	587.76	14.5
LSD 0,05	0.064	1.673	1.865	1.630	0.006	0.090	-	-
line eff	***	***	***	***	***	***	-	-

* : significant at 0.05. **: significant at 0.01. ***: significant at 0.001. ns: not significant. GY: grain yield. SY: Straw yield. BA: biomass at anthesis. NT: tillers/m². NS: Spikes/m². NGS: Grains/spike. HI: Harvest index. TKW: Thousand kneel. WUE: Water use efficiency. LAI: Leaf area index. RWC: relative water content average. CMS: Cell membrane stability average. SPAD: Spad average. SR: Senescence rate. VR: velocity rate. S50: Sum of temperatures for 50% of senescence. GPC: grain proteins content. Means with the same letter are not different according to LSD test ($\alpha = 0.05$).

1.4.4. Corrélation linéaire :

Une analyse de corrélation linéaire a été utilisée pour déterminer les relations entre les traits mesurés, les résultats obtenus de chaque indicateur sur 20 lignées ont été élaboré dans le tableau

20 en détail, sous forme de carte thermique, (Fig.12) puis dans un deuxième temps, une description de regroupements des résultats pour sélectionner les lignées intéressantes (Fig.13).

Tableau 20: Correlations entre les moyennes des différentes mesures :

Variabes	GY	SY	BA	NT	NS	GS	HI	TKW	WUE	LAI	RWC	CMS	SPAD	SR	VR	GPC
SY	0.50															
BA	0.41	-0.13														
NT	0.88	0.62	0.21													
NS	0.95	0.55	0.31	0.96												
GS	0.62	0.29	0.39	0.39	0.48											
HI	0.27	-0.59	0.49	0.04	0.19	0.19										
TKW	-0.06	0.19	0.15	-0.17	-0.16	0.37	-0.12									
WUE	0.96	0.50	0.38	0.92	0.97	0.50	0.20	-0.19								
LAI	0.64	0.57	0.08	0.58	0.66	0.38	-0.10	-0.09	0.65							
RWC	-0.17	0.16	-0.68	0.06	-0.07	-0.34	-0.50	-0.39	-0.09	0.06						
CMS	-0.01	0.12	-0.37	-0.04	-0.02	-0.35	-0.38	-0.50	0.05	0.19	0.42					
SPAD	0.34	0.04	0.18	0.39	0.42	0.03	0.00	-0.50	0.47	0.53	0.29	0.37				
SR	-0.23	-0.10	0.09	-0.22	-0.24	0.11	0.24	0.69	-0.33	-0.31	-0.43	-0.82	-0.60			
VR	-0.20	-0.10	0.12	-0.20	-0.21	0.15	0.14	0.65	-0.24	-0.16	-0.43	-0.66	-0.47	0.82		
GPC	-0.08	0.07	-0.31	-0.06	-0.08	0.14	-0.25	0.06	-0.12	0.07	0.56	-0.08	0.01	-0.04	-0.20	
S50	0.18	0.07	-0.15	0.23	0.20	-0.09	-0.29	-0.65	0.27	0.23	0.55	0.67	0.61	-0.92	-0.79	0.26

Correlations in bold are significant at the level $\alpha=0.05$. Variables: GY: grain yield. SY: Straw yield. BA: biomass at anthesis. NT: tillers/m². NS: Spikes/m². NGS: Grains/spike. HI: Harvest index. TKW: Thousand kneel. WUE: Water use efficiency. LAI: Leaf area index. RWC: relative water content average. CMS: Cell membrane stability average. SPAD: Spad average. SR: Senescence rate. VR: velocity rate. S50: Somme of temperatures for 50% of senescence. GPC: grain proteins content.

1.4.5. Clustering et regroupement des caractères agro-physiologiques :

Pour présenter les résultats d'un aperçu des traits agronomiques et physiologiques et identifier les principaux groupes sur 20 lignées, un regroupement hiérarchique a été effectué sur la base des valeurs de changement de pli significatif par la méthode complète et la mesure de la distance euclidienne.

Trois principaux clusters (A,B,C) ont été considérés sur la base de 13 changements de paramètres (Figures 12 et 13).

Le cluster A : Comprend des similitudes entre 6 lignées L17, L6, L9, L15, L12 et L14, qui pourraient être considérées comme des lignées avec des meilleures performances : RDT grains plus élevé, composants de rendement élevés (talles/m², épis/m², grain/épi, hauteur de la plante, biomasse à l'anthesis), bonne teneur en chlorophylle (SPAD), bonne EUE, sénescence plus lente (L17, L 9, L15, L12, L14 respectivement par ordre) et une plus faible vitesse de sénescence (L12 et L14) et enfin une bonne stabilité membranaire SMC,(Figure 12).

-Pour le caractère restant vert et vitesse de sénescence (vitesse lente) ont été enregistré par les

lignées L9, L15, L12, L14, ce qui correspond à des valeurs SPAD relativement élevées.

Les lignées L14 et L15 semblent contrôler davantage leur vitesse de sénescence car ils ont enregistré le taux de vitesse de sénescence le plus bas.

-Les lignées L15, L12, L17, L14, semblent présenter des qualités intéressantes concernant les paramètres agronomiques et physiologiques retenus, L15 a donné les meilleurs résultats, il s'est classé 1^{ier} pour le rendement, talles/m², épis/m², EUE, SPAD ; 2^{ième} pour les paramètres de rendement paille,(Figure.14).

V17 a affiché les hauteurs de plantes les plus élevée, PMG et grain/épi, troisième position pour la biomasse à l'anthèse, quatrième rang pour le RDT grain, RDT paille, EUE.

La lignée L12 s'est classé premier pour la résistance à la dégradation par la sénescence, 2^{ème} pour les talles/m² et épis/m², 3^{ème} pour la résistance à la vitesse ou vélocité de la sénescence. L6 a donné le rendement de paille le plus élevé.

Le groupe ou clusters B représenté par 4 lignées (L19, L18, L8 et L10), ils ont pu être identifiés comme des lignées présentant des performances au-dessus de la moyenne, elles présentent des similitudes pour les paramètres agronomiques (RDT grain, EUE, talles/m² et épis/m²) ; sensibilité à la sénescence, moins de stabilité membranaire et des valeurs élevées enregistrées de vitesse de sénescence et une moindre quantité de chlorophylle (L19, L18, L20). Elles pourraient être considérées comme des lignées précoces.

Au contraire, le cluster C,(Figure.12) comprenant 9 lignées (L1,L2,L3,L4,L5,L7,L11,L13 et L16 restantes) pourraient être identifiées comme les lignées moins performantes.

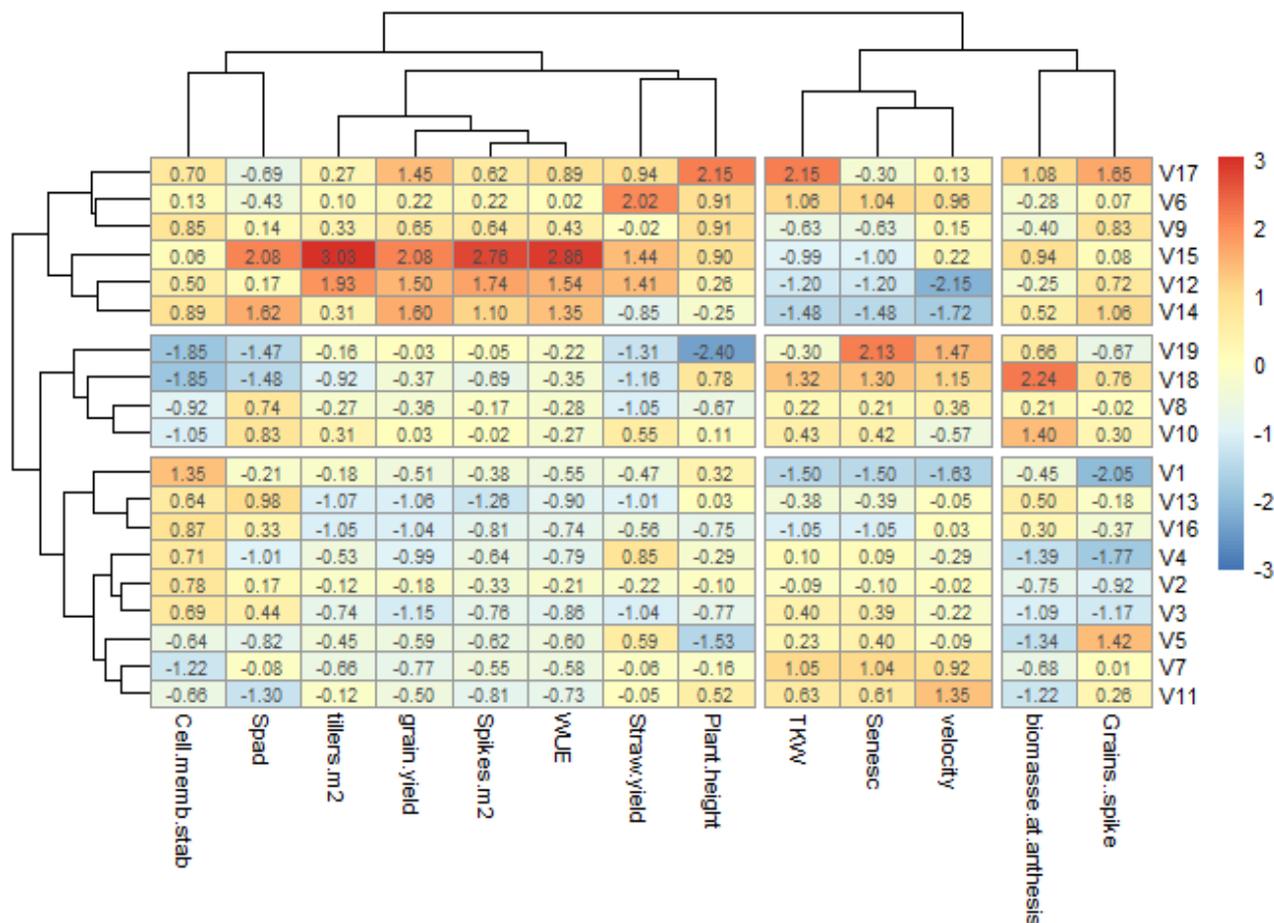


Figure :12. Clustering et regroupement des caractères agro-physiologiques.

1.4.6. Analyse en composantes principales :

L'analyse en composantes principales (ACP) sur l'ensemble de données (variable lignées et paramètres agro physiologique) a montré que les deux premières dimensions en composantes principales (PC) représentent un total de 65,3 % de la variation (Figure. 15), (PCA Biplot).

Sur l'axe 1 qui absorbe le plus grand pourcentage de variabilité (soit 42,8 %), ce sont les variables des caractères agronomiques RDT grain et ses composantes et le deuxième axe explique 22.5 %. La figure 14 illustre que la EUE, l'épi/m², le rendement grain, le nombre de talles/m² et la variable de sénescence sont les contributeurs les plus importants au premier axe PC, la corrélation entre ces paramètres et entre les traits agronomiques est forte: RDT grain avec EUE , talles/m², épi/m², grain/épi ainsi qu'entre les caractères production de fourragers : RDT paille, talles/m², épi/m², hauteur de la plante, rendement en grain et EUE ;

Caractères teneur en chlorophylle : SPAD est corrélé avec PMG mais négativement corrélé avec la sénescence et sa vitesse. De l'autre côté ces dernières ont été trouvées négativement corrélées avec PMG 0,66, 0,61 respectivement.

La thermo résistance de la membrane cellulaire était également corrélée négativement avec la sénescence et le SPAD et n'a pas été trouvée corrélée avec les talles/m², l'épi/m², le grain/épi et la

hauteur de la plante.

Par ailleurs aucune corrélation évidente entre les caractéristiques physiologiques n'a été observée parmi la hauteur de la plante, les talles/m², les épis/m², le rendement en paille, le grain/épi. La biomasse à l'anthèse n'est corrélée à aucun des paramètres étudiés.

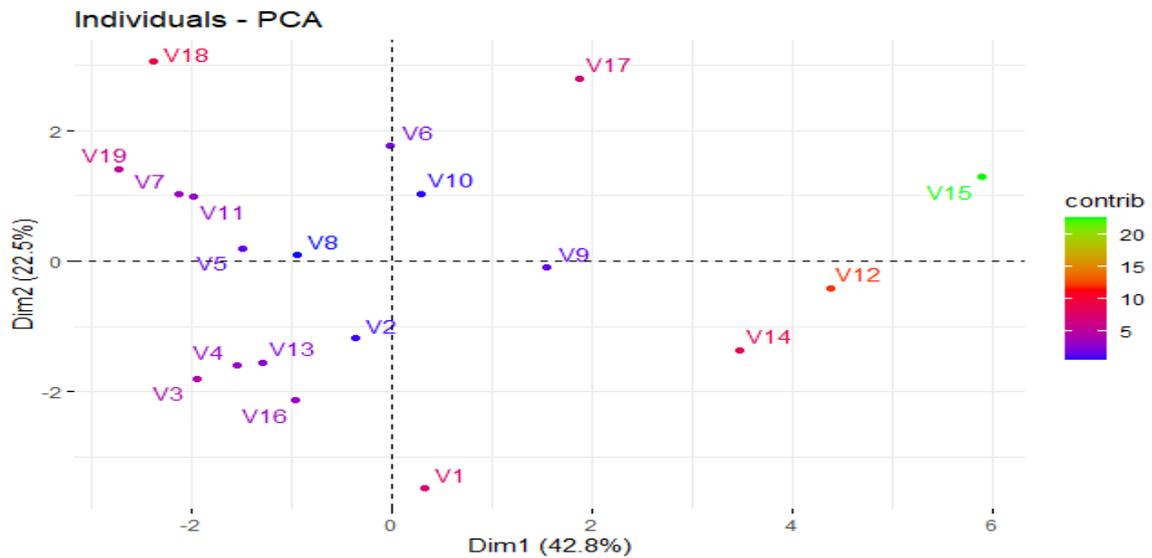


Figure :13. L'analyse en composantes principales pour le caractère variétal

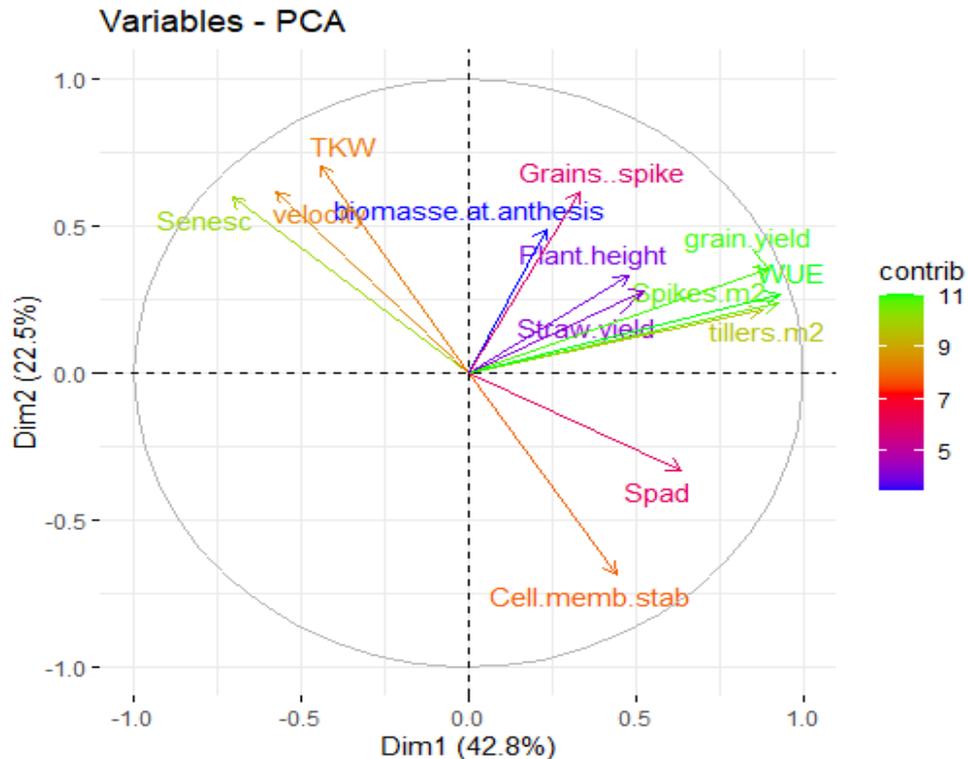


Figure :14. L'analyse en composantes principales pour les variables

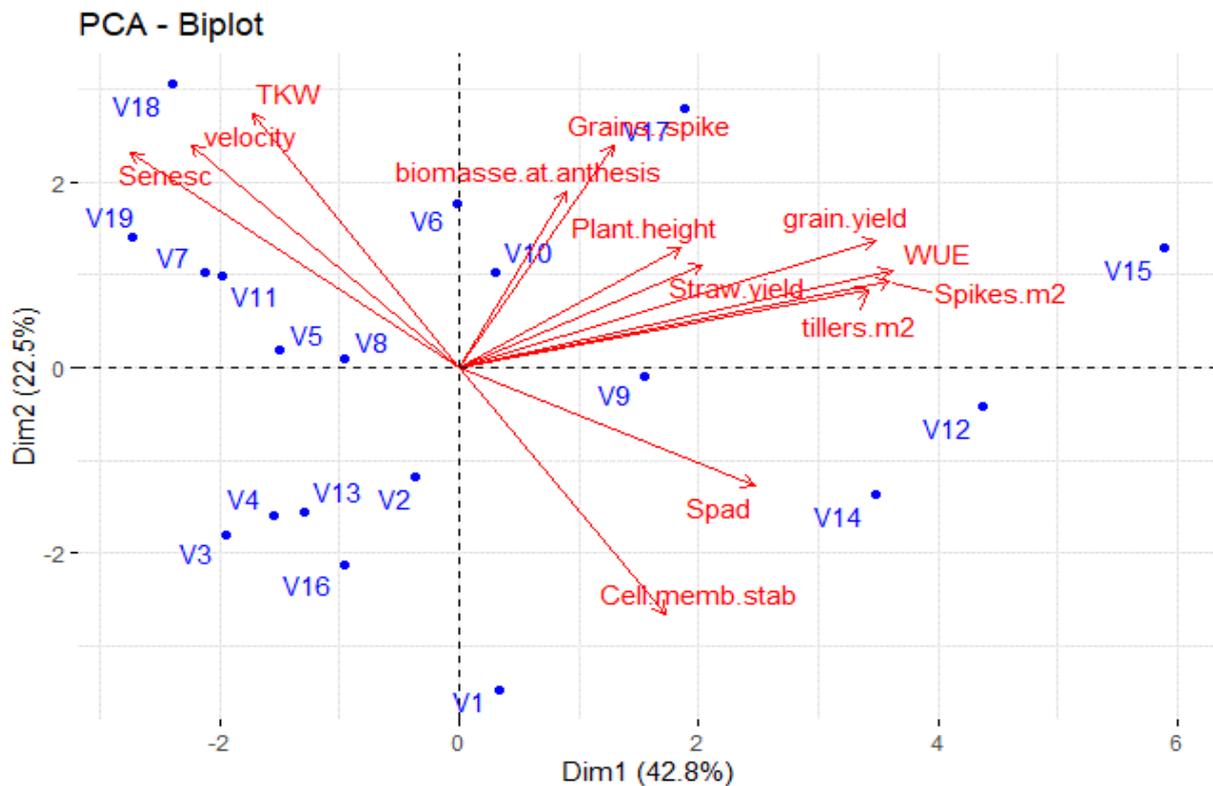


Figure :15. L'analyse en composantes principales pour les caractères variétaux et individuels

1.5. Conclusion :

L'évaluation de 20 lignées de triticale pour les paramètres agronomiques et physiologiques a révélé que les celles qui sont capables de développer davantage de talles, d'épis et de grains par épi sont plus tolérants au stress. Les températures élevées ont un impact négatif en accélérant le processus de sénescence et en raccourcissant les étapes du cycle de vie, tandis que la sécheresse affecte la photosynthèse et la translocation des assimilats vers le grain. Il est également important de noter que la productivité des lignées soumises au stress était étroitement liée à la teneur en chlorophylle et à l'indice de surface foliaire. De plus, des niveaux élevés de chlorophylle, une teneur relative en eau élevée et le maintien de la stabilité de la membrane cellulaire ont retardé la sénescence, prolongeant ainsi la période de remplissage des grains. La teneur relative en eau était également associée à une teneur plus élevée en protéines dans les grains.

Cette étude met en évidence l'importance de la sélection de génotypes adaptés aux conditions de stress telles que la sécheresse et la chaleur pour améliorer la productivité du triticale. Les caractères physiologiques tels que la chlorophylle, la stabilité de la membrane cellulaire et la teneur relative en eau jouent un rôle crucial dans la tolérance au stress et la production de grains de haute qualité.

Expérimentation 2 :

Exploitation à double fins des cultures d'orge et du triticale

2.1. Introduction :

La capacité des céréales semées en automne à repousser et à produire des graines a conduit à leur double utilisation dans différentes régions du monde, les espèces spécifiques sont choisies en fonction de l'environnement et de l'utilisation finale des céréales. Ces céréales semées en automne peuvent être utilisées à double usage en servant de pâturage d'hiver et de grains pour l'alimentation humaine ou animale (Beji, 2016).

En milieu méditerranéen, la production fourragère pour le bétail est à la fois difficile et coûteuse en raison de l'irrégularité des précipitations. Cette pratique, connue sous le nom Gssil, a été démontrée comme étant le résultat d'une adaptation végétale aux variations dans la disponibilité des ressources (Yau et Mekni, 1985).

L'optimisation de la double utilisation peut avoir un impact substantiel sur l'efficacité globale du système agricole. L'utilisant la même culture pour une double production grains et fourrage permet aux agriculteurs d'avoir plus de flexibilité et de maximiser leurs profits (Lemaire, 1991). La méthode à double fins pour les cultures céréalières est une pratique existante depuis l'époque romaine (Toutain, 2003), et qui est généralisée un peu partout dans le monde, en particulier dans les zones où les productions végétales et animales sont importantes pour l'économie locale.

2.2. Matériel et méthode :

2.2.1-Description du site expérimental :

L'expérimentation a été réalisée au niveau de la ferme expérimentale de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université de Ferhat Abbas, Sétif 1.

L'expérimentation a été mise en place durant la campagne 2019/2020, le matériel végétal a été semé à la main le 25/12/2019 à une dose de 250 graines/m². Le précédent cultural était une jachère, le labour a été réalisé le 17/11/2019, suivi de l'opération du hersage le 19/11/2019. Une fumure de fond de 100 kg/ha de TSP 46% a été appliquée au moment du semis et une fumure azoté à base d'urée 46% apportée le 12/3/2020 à raison de 100 kg/ha. Le désherbage a été appliqué manuellement. Une irrigation a été effectuée juste après les coupes pour l'ensemble des parcelles à la dose de 10 mm.

2.2.2. Mode opératoire et matériel végétal :

Le dispositif expérimental adopté pour l'essai est un Split plot avec 02 facteurs avec 3 répétitions.

La parcelle élémentaire comporte 6 lignes avec un espace entre lignes de 0,17 m et 1m de long.

Facteur 1 principale : Effet de la coupe à 03 niveaux : l'échantillonnage

*T0 : témoins sans coupe,

*C1 : Coupe 1 au stade plein tallage selon l'Échelle de Zadoks, stade repère 26 à 29 (Plein à Fin tallage) à la date 26-03-2020,

*C2 : Coupe 2 au stade montaison selon l'Échelle de Zadoks, stade repère 33 à 36 à partir de la date 15-04-2020 correspondant à la montaison entre le 3^{ème} et le 4^{ème} nœud avant l'apparition de la dernière feuille.

Facteur 2 : Effet variété : 13 variétés dont 09 variétés d'orge et 04 variétés de triticales (Tableau 21).

Tableau 21 : Matériel végétal utilisé

Variétés d'Orge	Type	Origine	Sélection
Fouara	6 rangs	Algérie	Sétif
Tichedret	6 rangs	Algérie	Sétif
Saida	6 rangs	Algérie	Saida
Barbarous	6 rangs	France	Tiaret
Rihane	6 rangs	Syrie	Sidi Belabes
Bahia	6 rangs	Algérie	Sétif
Dir Allah	6 rangs	Syrie	Syrie
Rahma	2 rangs	Syrie	Sétif
Tissa	2 rangs	ESPAGNE	INRA MAROC
Variétés de Triticale			
Juanillo		ICARDA	
Dhahbi		ICARDA	
Meliani		ICARDA	
Fahd		ICARDA	

-Pesée de la quantité d'échantillons frais (la totalité de la parcelle élémentaire) 03 répétitions, séchage à l'étuve à 85°C pendant 48 h.

-Peser après le séchage.

-Comptage du nombre et la hauteur des talles C1 et C2 au moment de la coupe.

Le rendement en grains (RDT) ainsi que ses composantes ont été déterminés à la maturité après mesure de la hauteur de la paille, récolte, comptage des épis, battage des épis puis pesage de la production grains, de la paille et le poids de 1000 grains (PMG) de toutes les parcelles élémentaires de l'essai. Le nombre d'épis/m² et le nombre de grain/épi de chaque traitements correspondant ont été déduits.

2.2-Résultats :

2.2-1-Description climatique :

Le cumul pluviométrique de l'année d'expérimentation ; 2019/2020 est de 355.3 mm enregistré au cours des mois, allant de septembre à juin. Les températures minimales maximales et moyennes sont présentées dans la figure :16.

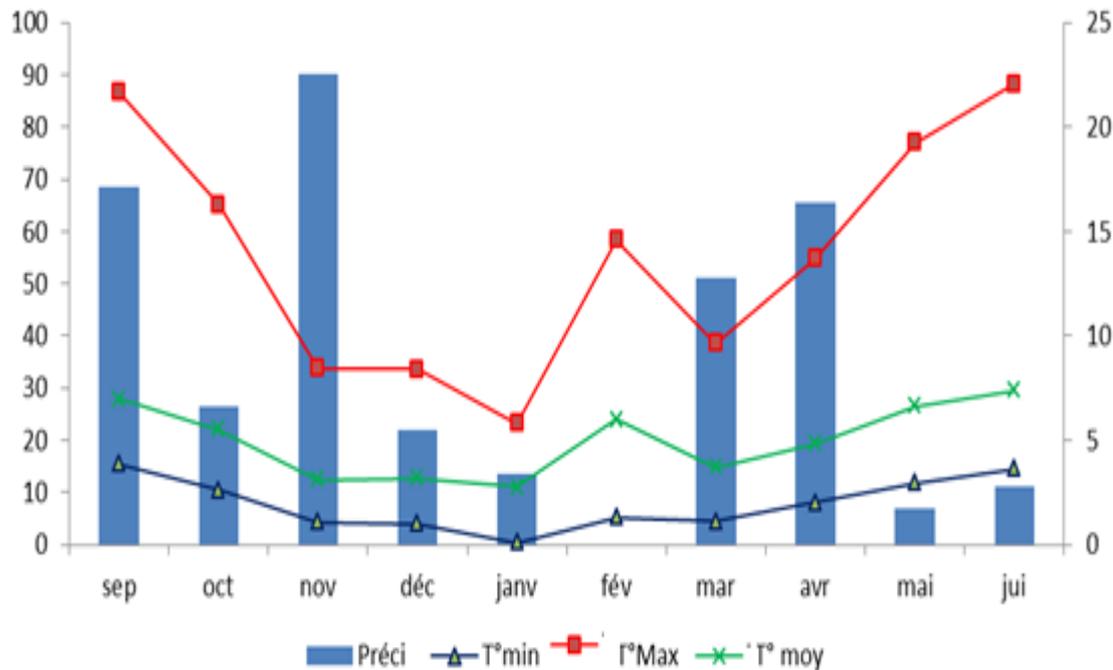


Figure 16 : Diagramme ombro thermique compagne 2019-2020.

2.2-2-Analyse statistique :

Les données collectées ont été analysées à l'aide du logiciel Costat, version 6.4. L'analyse de la variance (ANOVA) a été effectuée, selon le dispositif expérimental adopté, pour tous les paramètres agronomiques, et ainsi le test à plusieurs échelles LSD de Fisher, qui a été utilisé pour la comparaison des moyennes. L'analyse de la variance a été utilisée pour comparer les moyennes entre les différentes variétés ainsi que l'effet du stade de coupe sur les différents paramètres étudiés matière fraîches, matière sèche, composantes de rendements talles par unités de surface, rendement grain, rendement paille, hauteur de la paille, nombre d'épi par m² et fertilité épi.

2.2-2-1-Comparaison des moyennes :

Pour la totalité des paramètres le test utilisé est Student-Newman-Keuls au seuil 5%. La comparaison des moyennes révèle des différences très hautement significatives entre variétés et entre coupes pour tous les paramètres étudiés (Tableau 22).

Tableau 22 : Valeurs moyennes des traits agronomiques, et niveau de signification de l'effet variété et coupe.

Lines	Nbre talle/m²	Hauteur talle cm	Biomasse g/m²	MS g/m²	RDT q/ha	RDT paille q/ha	Hauteur paille cm	Epi/m²	PMG g	Nbre grain/épi
01	78,99c	28,33abc	193,16a	56,33b	33,37a	32,81b	70,33a	202,11d	50,66a	33,55c
02	91,55a	28,5abc	173,05b	61,98a	34,10a	31,56bc	55,88cd	236,33cd	46,22 bc	33c
03	67,83 e	24 cd	129,75e	46c	21,77fg	37,66a	53,44de	222,77cd	51,55 a	26,77d
04	81,33bc	25,66bc	147,83 d	54,16b	28,55 bc	40,33a	59,22bc	287,33b	51,77a	29,11cd
05	86b	25,83bc	162,16c	55,33b	27,22bcd	38,44a	51,33e	259,33c	40,55de	25,33d
06	83,16bc	30,5ab	114,66 f	36,83d	26,33cde	28,55c	57,66bc	226,11cd	40,88de	28,33cd
07	68,66e	25,33bc	91h	32,83de	23,77def	30,22bc	41,11 f	235,33cd	47,77ab	29,55cd
08	74,5 d	20,5d	80,33 j	24f	19,11gh	23de	38,22fg	404,22a	41,77cde	11,33e
09	92,8a	15,83e	82,5ij	20,33f	16,66h	19,88 e	37,11 g	230cd	42,66cde	14,33e
10	58,66f	27bc	102,5 g	34 de	28,88bc	25,44d	72,77a	164,11e	42,44cde	46,44a
11	49,66g	29,33abc	88,5 hi	29,66e	22,77ef	21,22e	57,88bc	106 f	43cd	45,66a
12	47,33g	33,5a	126 e	42,16 c	23,77def	23,22de	61,33 b	112,88f	37,77e	45,55a
13	51,33g	29,5abc	178,66b	54,33b	30,66ab	22,55de	69,66a	211,66d	42,22cde	37,88b
Mean	71.68	26.45	128.47	42,15	25.92	28.84	55.84	222,94	44,56	31.29
LSD 0.05	4.15	3.68	2.29	5.00	3.00	2.86	3.30	27.64	3.24	3.93
Eff. Variété	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Traitement coupes										
Mean C0	---	---	---	---	29.05a	34.43a	69.51a	296.71a	44.66b	32.35a
Mean C1	64.4b	21.84b	63.76b	12.88b	27.70a	33.29a	54.35b	212.74b	46.33a	32.74a
Mean C2	78.95a	31.05a	193.17a	71.88a	21.01b	18.79b	43.66c	159.35c	42.69c	28.79b
LSD 0.05	1.63	1.44	2.46	1.96	1.44	1.37	1.58	13.28	1.55	1.88
Eff. Coupe	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Variété x Coupe	ns	***	***	***	***	***	***	***	***	**

Biom: Biomasse , M S : Matière sèche, Nbr Talle: Nombre de talle, Haut talle: Hauteur talle, C1: Coupe 1, C2: Coupe 2, Moyenne avec les mêmes lettres ne sont différentes selon LSD test (Alpha = 0.05).ns, *, **, *** : effet non significatif et significatif au seuil de 5 et 1% respectivement.

2.2-2-2-Analyse en composantes principales :

L'analyse en composantes principales (ACP) est utilisée pour mieux visualiser les liaisons complexes qui existent entre les variables mesurées et les différents génotypes étudiés (Figure 17a,b). L'ACP a l'avantage de comparer les génotypes basés sur des traits multiples, afin d'isoler ceux qui sont bons avec des propriétés importantes.

Pour l'effet variété des groupes homogènes se sont distingués, le groupe plus performant est présenté par les variétés locales d'orge Tichedret, Fouara, Barberous et Bahia (sélection de

l'ITGC de Sétif), le deuxième groupe est présenté par Tina, Saida et Rihane. Les plus faibles performances ont été enregistrées par les variétés à deux rangs Rahma et Tissa pour l'ensemble des paramètres. Les quatre variétés de Triticale se sont dispatchées en 03 groupes Dahbi et Meliani chacune seule et Juilano et Fahd ensembles (Figure 17 b).

La figure 19 met en relief les résultats de toutes les variétés ensemble, l'effet génotype est marquant les deux variétés d'orge à deux rangs ont donné les plus faibles performances, les variétés de triticales se sont aussi distinguées en un seul groupe.

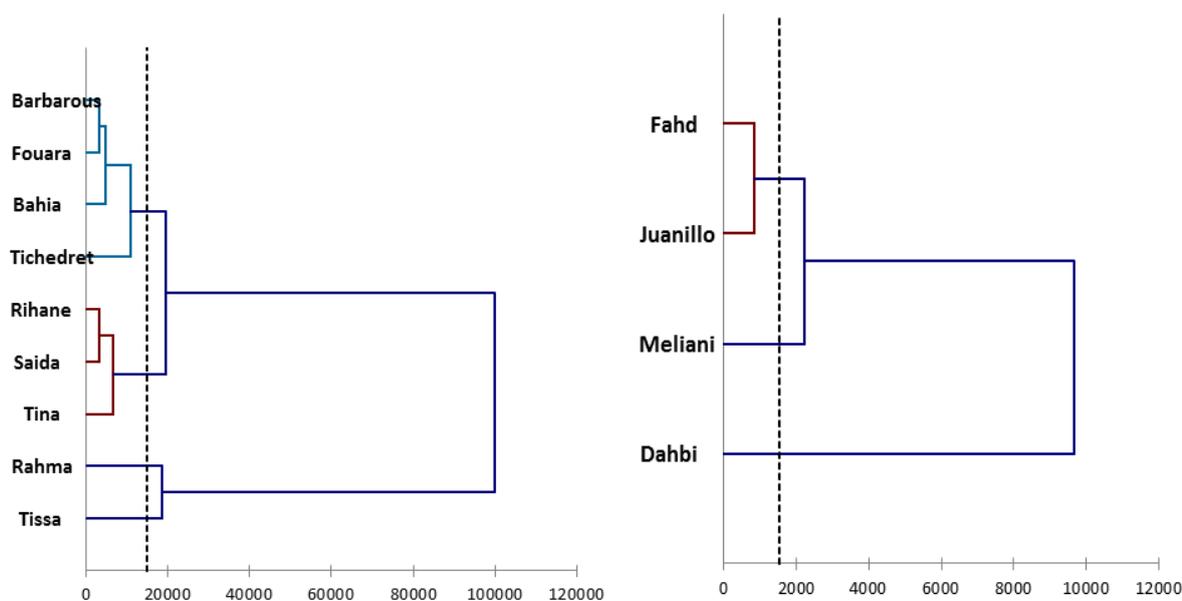


Figure 17 **a** : Dendrogramme pour les variétés d'orge. **b** Dendrogramme pour les variétés de triticales.

Les corrélations des variables mesurées avec les axes principaux (axe 1 et 2) de l'ACP sont représentées dans les figures 18 et 19. La variance totale des données soumises à l'analyse de l'ACP s'élève à 72,07%; le premier axe explique 46,00 et le deuxième axe explique 26,07%.

L'analyse des corrélations avec les deux axes montre que l'axe 1 représente les caractères de composantes relatives à la production de fourrage à savoir la biomasse, la matière sèche, la hauteur des talles qui sont positivement corrélés avec le rendement grain, le rendement paille et la hauteur de la paille, en effet c'est la biomasse verte par son poids vif et sa hauteur qui est responsable de la synthèse de la production finale et décide le rendement en grain et en paille (Figure 18). La hauteur des talles mesurée avant les coupe et celle de la paille produite est corrélé avec le nombre de grain/épi. Alors, l'axe 2, présente une corrélation positive avec le nombre de talles/m² et le nombre d'épi par m² aussi fortement corrélé. Cependant ces deux derniers paramètres présentent des corrélations négatives fortes avec la fertilité de grains/épi. Tableau :23

Tableau :23: Corrélation entre moyennes des différents paramètres mesurés

Variables	Biomasse C1	Biomasse C2	MS C1	MS C2	Talles/m 2C1	Talles/m 2C2	haut taille C1	haut taille C2	Rdt grain T0	Rdt grain C1	Rdt grain C2	Rdt paille T0	Rdt paille C1	Rdt paille C2	haut paille C1	haut paille C2	haut paille T0	Epi/m2 T0	Epi/m2 C1	Epi/m2 C2	Grain/épi T0	Grain/épi C1	Grain/épi C2	PMG T0	PMG C1	PMG C2			
Biomasse C1																													
Biomasse C2	0,756																												
MS C1	0,969	0,656																											
MS C2	0,664	0,962	0,591																										
Talles/m2 C1	-0,208	0,366	-0,339	0,387																									
Talles/m2 C2	-0,240	0,132	-0,348	0,155	0,893																								
haut taille C1	0,792	0,389	0,877	0,342	-0,614	-0,647																							
haut taille C2	0,439	0,247	0,561	0,289	-0,310	-0,335	0,594																						
Rdt grain T0	0,747	0,814	0,708	0,781	0,196	0,073	0,393	0,554																					
Rdt grain C1	0,764	0,780	0,741	0,753	0,112	0,008	0,438	0,589	0,995																				
Rdt grain C2	0,716	0,789	0,696	0,797	0,055	-0,102	0,495	0,603	0,898	0,910																			
Rdt paille T0	0,229	0,651	0,179	0,752	0,404	0,168	0,110	0,184	0,344	0,312	0,557																		
Rdt paille C1	0,347	0,673	0,369	0,721	0,304	0,044	0,284	0,581	0,608	0,585	0,676	0,700																	
Rdt paille C2	0,096	0,580	-0,046	0,636	0,479	0,154	-0,168	-0,127	0,297	0,253	0,416	0,728	0,397																
haut paille C1	0,754	0,578	0,767	0,518	-0,217	-0,298	0,668	0,567	0,763	0,795	0,867	0,228	0,418	0,144															
haut paille C2	0,648	0,360	0,737	0,316	-0,532	-0,590	0,727	0,474	0,471	0,535	0,640	0,100	0,307	-0,044	0,798														
haut paille T0	0,751	0,460	0,774	0,376	-0,405	-0,452	0,762	0,550	0,636	0,676	0,761	0,083	0,271	-0,026	0,948	0,805													
Epi/ m2 T0	-0,549	-0,118	-0,707	-0,127	0,675	0,586	-0,831	-0,716	-0,305	-0,374	-0,455	-0,070	-0,313	0,412	-0,594	-0,729	-0,664												
Epi/ m2 C1	-0,364	0,100	-0,533	0,098	0,642	0,465	-0,656	-0,503	-0,165	-0,237	-0,276	0,177	-0,104	0,610	-0,527	-0,653	-0,596	0,906											
Epi/ m2 C2	-0,310	0,059	-0,445	0,028	0,611	0,488	-0,595	-0,341	-0,029	-0,096	-0,206	-0,058	-0,166	0,366	-0,380	-0,559	-0,397	0,832	0,874										
Grain/épi T0	0,467	0,128	0,627	0,165	-0,607	-0,584	0,690	0,623	0,424	0,498	0,553	-0,001	0,293	-0,278	0,718	0,819	0,718	-0,869	-0,882	-0,769									
Grain/épi C1	0,522	0,100	0,675	0,120	-0,673	-0,595	0,735	0,722	0,439	0,517	0,558	-0,047	0,243	-0,359	0,715	0,788	0,755	-0,925	-0,892	-0,745	0,965								
Grain/épi C2	0,547	0,069	0,679	0,089	-0,796	-0,731	0,848	0,645	0,265	0,339	0,441	0,024	0,104	-0,284	0,615	0,694	0,715	-0,916	-0,803	-0,739	0,841	0,909							
PMG T0	0,157	0,564	0,133	0,636	0,395	0,193	-0,128	0,137	0,486	0,476	0,528	0,631	0,714	0,545	0,189	0,257	-0,032	0,000	0,119	-0,071	0,140	0,036	-0,174						
PMG C1	-0,280	0,232	-0,346	0,292	0,467	0,253	-0,497	-0,291	0,022	-0,003	0,152	0,568	0,369	0,639	-0,144	-0,014	-0,326	0,370	0,421	0,166	-0,221	-0,343	-0,461	0,808					
PMG C2	-0,042	0,207	-0,039	0,137	0,119	-0,095	-0,051	-0,119	0,063	0,047	0,196	0,340	0,216	0,220	0,152	0,297	0,143	0,002	0,054	0,089	0,049	-0,016	-0,063	0,312	0,530				

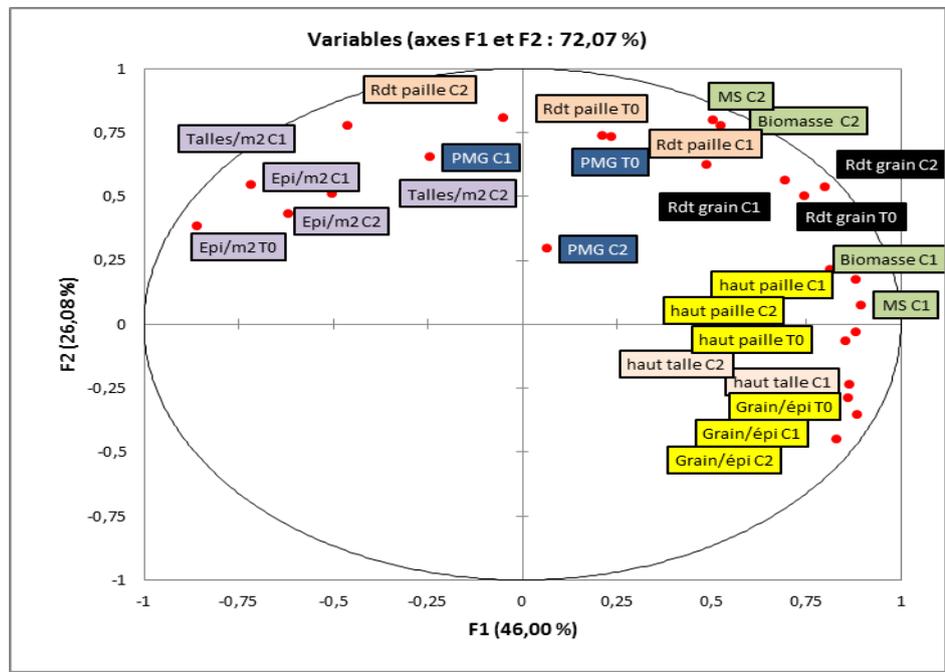


Figure 18 : Analyse en composantes principales (variable : paramètres agronomiques).

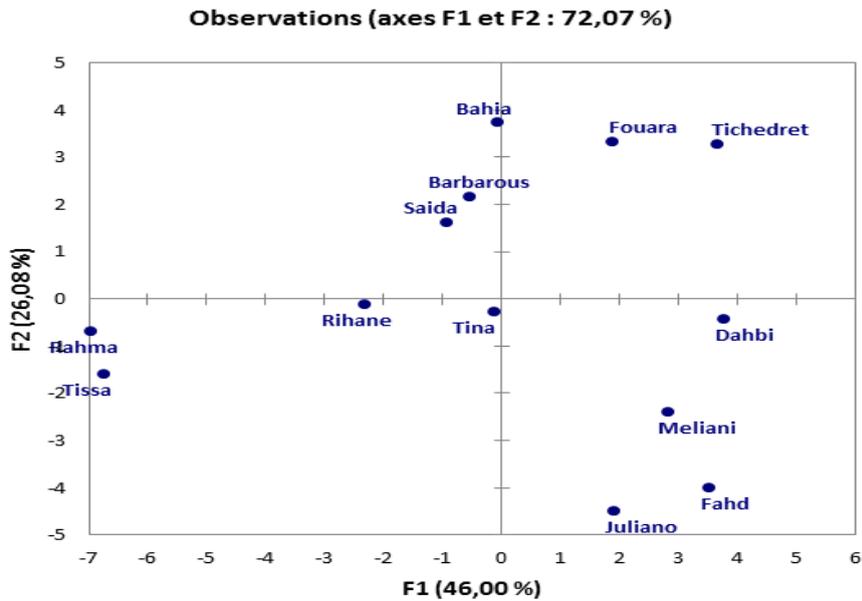


Figure 19 : Analyse en composantes principales (variable : variété).

2.3-Discussion :

2.3-1-Moyennes de la variable génotype :

L'analyse de la variance révèle que l'effet variété est très hautement significatif pour l'ensemble des caractères agronomiques mesurés. La variabilité entre les variétés étudiées est assez importante comme l'indiquent les résultats obtenus tableau 22

L'analyse de la variance des paramètres étudiés : Nombre de talles/m², la hauteur des talles au moment de la coupe, le poids/m² de la biomasse fraîche et sèche (MS) après coupe, le rendement grains RDT q/ha, le rendement de la paille obtenue RDT paille q/ha, le nombre d'épis/m², la fertilité épi grain/épi, la hauteur de la paille et le poids de mille grain PMG indique un effet très hautement significatif au seuil 5% aussi bien pour le facteur variété que pour l'effet coupe (Tableaux 22 et 24).

Tableau 24 : Résultats des moyennes et des écarts extrêmes pour les différents paramètres :

Paramètre	Écarts	Variété et traitement concerné	Résultats obtenus
Biomasse C2 g/m²	Min	Rihane C1	35,17
	max	Tichedret C2	291,91
	Moyenne générale		128,44
MS C2 g/m²	Min	Tissa C1	6,63
	max	Fouara C2	107,31
	Moyenne générale		42,44
Rdt grain q/ha	Min	Tissa C2	13,26
	max	Fouara T0	39,99
	Moyenne générale		25,92
Rdt paille q/ha	Min	Tissa C2	12,19
	max	Bahia T0	46,31
	Moyenne générale		29,07
haut paille	Min	Tissa C2	27,22
	max	Dahbi T0	88,98
	Moyenne générale		55,94
Épi /m²	Min	Juliano C2	67,44
	max	Rahma T0	565,82
	Moyenne générale		228,18
PMG	Min	Fahd T0	36,51
	max	Saida T0	56,78
	Moyenne générale		44,64
Grain/Épi	Min	Tissa C2	10,62
	max	Meliani T0	52,43
	Moyenne générale		31,36

Une comparaison des moyennes des résultats des variétés étudiées, a été faite et montre que pour les paramètres de production de biomasse et matière sèche (g/m²), il y a une supériorité des variétés Tichedret, Fouara, et Barberous pour les orges et Dahbi, Fahd et Juliano pour les triticales qui ont donné des résultats supérieurs par rapport à la moyenne variétale totale de l'essai pour la coupe précoce C1.

Le classement des résultats des variétés pour la coupe C2 étaient presque similaires sauf pour les deux variétés Saida et Fahd. Il est à signaler que pour les variétés d'orge à deux rangs Rahma et Tissa leurs résultats sont les plus bas parmi toutes les autres variétés aussi bien pour C1 et C2 (Figure 20).

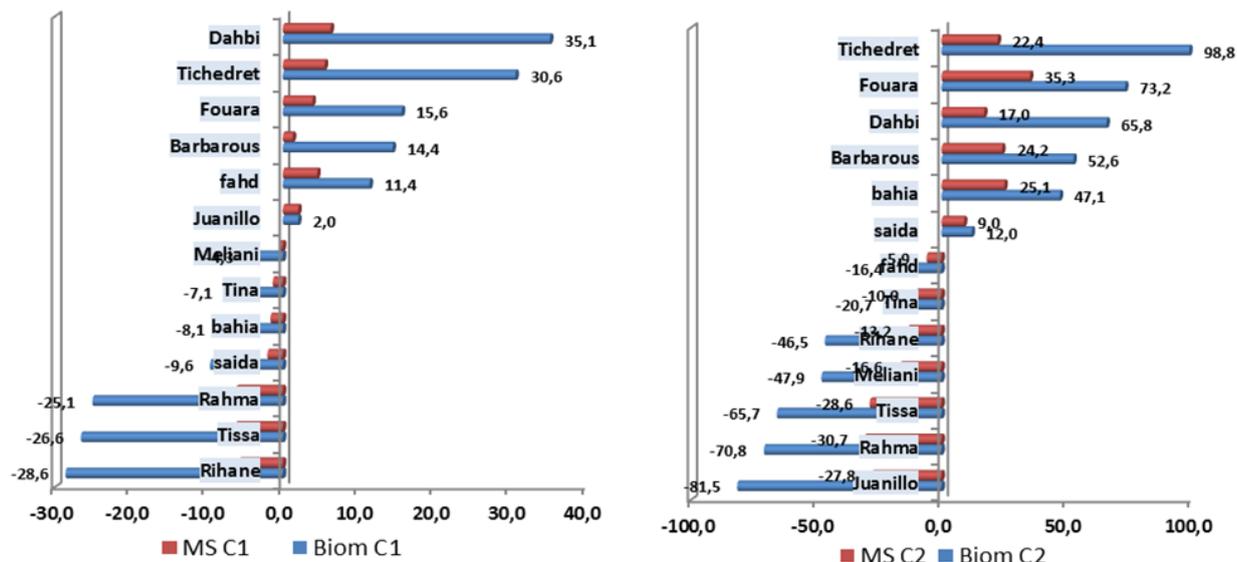


Figure 20 : Classification variétale de la production de biomasse et de la matière sèche par rapport aux moyennes générales des deux coupes.

2.3-2-Moyennes de la variable coupe :

L'analyse de la variance révèle que l'effet coupe est très hautement significatif pour l'ensemble des caractères agronomiques mesurés. La différence entre les coupes réalisées est assez importante comme l'indiquent les résultats obtenus tableaux 21 et 23.

Pour les paramètres liés à la production de biomasse, matière sèche et hauteur des talles la supériorité est en faveur de la coupe tardive C2 qui a permis aux plantes d'accumuler plus de biomasse, de matière sèche et de monter plus en hauteur (Tableau 23).

Les coupes C1 et C2 qui ont ôté la biomasse photosynthétique des plantes ont significativement affecté la production et éléments qui la compose à savoir RDT grain, RDT paille, nombre d'épi/m², nombre de grain/épi, et la hauteur de la paille selon l'ordre T0 > C1 > C2 (Tableau 23).

Tableau 25 : Moyennes générales de la variable coupe pour les différents paramètres.

Paramètres	Moyenne du traitement T0	Moyenne du traitement C1	Moyenne du traitement C2
Biomasse g/m ²		63,78	193,10
MS g/m ²		12,84	72,05
Talles/m ²		64,26	78,89
Haut talle		21,71	31,09
Rdt grain q/ha	29,13	27,67	20,98
Rdt paille q/ha	36,20	30,87	20,15
Haut paille	69,71	54,41	43,73
Épi/ m ²	312,28	212,70	159,59
PMG g	44,85	46,37	42,71
Grain/ Epi	32,40	32,83	28,87

2.3-3-Effets de la coupe et de sa période sur les paramètres agronomiques :

2.3-3-1-Augmentation de disponibilité de fourrage :

Retarder la coupe ou le pâturage jusqu'au stade d'élongation de la tige permet une plus grande disponibilité de la biomasse, matière sèche fourragère et nombre de talle/m². La figure 21 montre une classification variétale des augmentations des taux de production de fourrage par décalage du stade de coupe. Ces pourcentages d'augmentation ont atteint jusqu'à 260% de biomasse pour la variété d'orge Tichedret, la plus basse augmentation a atteint 50% pour Juanillo; les valeurs correspondantes pour la matière sèche MS sont 75 et 11% respectivement pour Tichedret et Juanillo. Ces augmentations sont en concordance avec les résultats des travaux de (Epplin et al., 2000; De Ruitter et al., 2002; Virgona et al., 2006; Jacobs et al., 2009) qui ont eu des augmentations en décalant le stade de coupe.

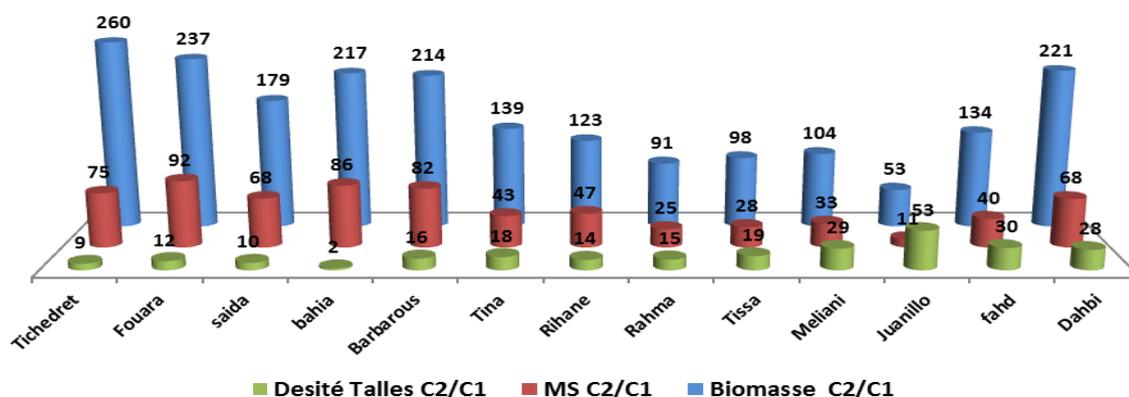


Figure 21 : Augmentations des taux de production de fourrage par décalage du stade de coupe.

2.3-3-2-Réduction du rendement et ces composantes :

Pour tous les paramètres étudiés et toutes les variétés les coupe C1 et C2 ont eu des effets négatifs, les résultats obtenus qui étaient inférieurs à ceux du témoin sans coupe (Figure 22). Les plus grands pourcentages de réduction ont été enregistrés par la coupe C2 avec des taux moyens qui ont atteint 28% pour le RDT grain, 44% pour le RDT paille, 37% de la hauteur de la paille, 49% pour le nombre d'épi/m², 5% pour le PMG et 11% pour le nombre de grain/épi (Figure 22). Les réductions enregistrées pour la coupe précoce sont moins sévères et ont varié entre 5% pour le RDT grain et 32% pour le nombre de grain/m² (Tableau 24).

Tableau 26: Pourcentages des effets des coupes sur les paramètres de rendements et ses composantes.

Taux par rapport au témoin T0	C1/T0	C2/T0	C2/C1
Rdt grain	-5%	-28%	-24%
Rdt paille	-15%	-44%	-35%
Haut paille	-22%	-37%	-20%
Épi/ m ²	-32%	-49%	-25%
PMG g	3%	-5%	-8%
Grain/ Épi	1%	-11%	-12%

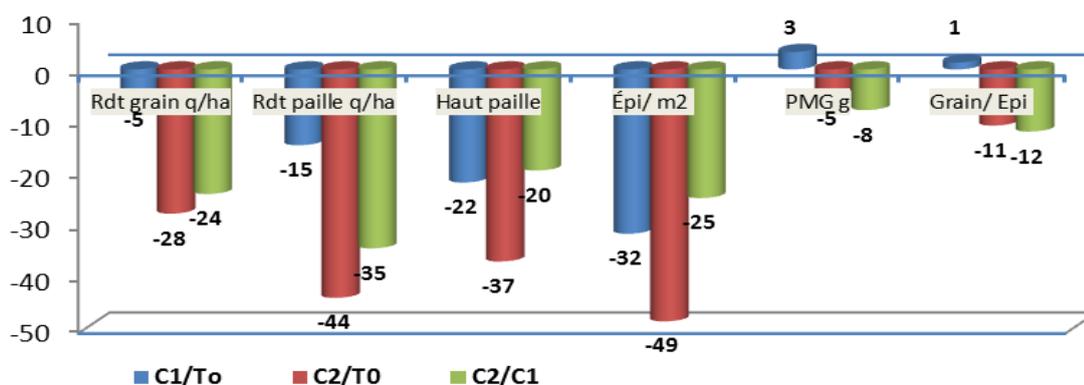


Figure 22 : Taux d'affectation et d'effets des coupes sur les paramètres étudiés par rapport au témoin.

Ces résultats sont en concordance avec ceux des travaux de plusieurs auteurs qui ont signalé que les diminutions du rendement en grains après la coupe ont été liées à la densité des épis à la récolte pour l'orge le triticale (Brignall et al 1988, Garcla del Moral 1992, Royo et al 1994) et le blé (Dunphy et al 1982) ainsi qu'à la réduction du nombre de grains (Bonfachela et al 1995) et du poids des grains (Dunphy et al 1982).

2.3-4-Effet de la coupe et sa date sur les réponses et sensibilités variétales :

Les figures 23,24,25 et 26 présentent les classements des réponses et sensibilités des variétés étudiées aux périodes de coupes C1 précoce Zadoks 26 à 29 et C2 tardive Zadoks 33 à 36 pour les paramètres de RDT et ses composantes.

Pour le RDT grain, les résultats indiquent (Figure 23) que les réponses des variétés diffèrent selon la période ou le stade de coupe. Les taux de réductions de la coupe C1 sont minimes par rapport à ceux de C2, la réduction a varié entre 0.04% pour Juanillo et 10.74% pour la variété d'orge Tissa. La réduction des rendements était très sévère pour la coupe C2. Elle a varié entre un minima de 12.64% pour la variété Saida et un maxima de 38.28% pour la variété Fouara.

Nos résultats semblent être proches de ceux obtenus par Royo et al., (1993) où la coupe précoce à légèrement réduit le RDT grain à une moyenne de 10%, la double coupe par contre l'a réduit à 50%. Pour Khaldoun, (1989), la baisse de rendement a varié de 09 à 51 % par rapport au génotype non fauchée. Donc il ressort que retarder la coupe jusqu'au stade Z35-36 est très préjudiciable pour le RDT grain.

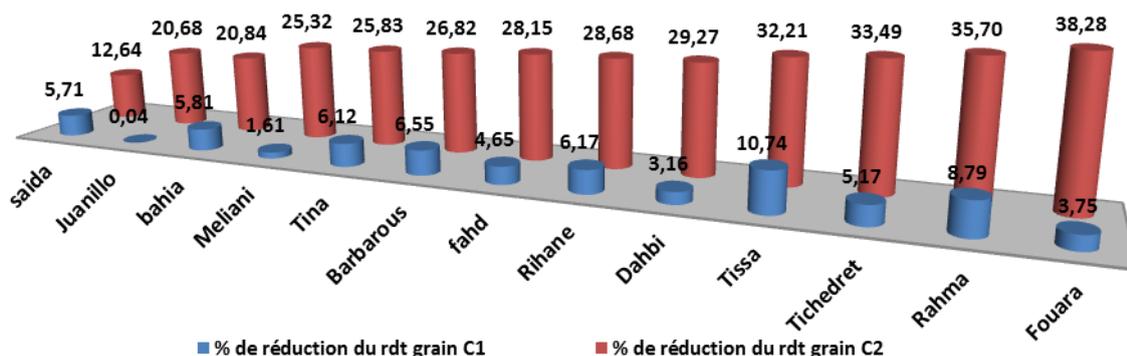


Figure 23 : Classement des sensibilités variétales vis à vis au stade de la coupe (Taux % de réduction du rendement grain par rapport au témoin T0).

Pour le paramètre RDT paille la double exploitation réduit le rendement paille, les résultats obtenus montrent que ces réductions sont plus prononcées que pour le RDT grain. Ces taux élevés ont dépassé 30% pour 12 parmi 13 variétés, 40% pour 08 variétés et a même dépassé 67% pour la variété Juanillo. En comparaison avec les travaux de Beji, (2016) ces baisses de RDT paille étaient (33%) pour l'orge et (28%) pour le triticale. Donc l'ensemble des étudiées variétés ne semblent pas résister à la coupe tardive C2. Pour la coupe C1 la réduction n'a pas dépassé 23% et était presque insignifiante ne dépassant pas 1% pour la variété Fouara (Figure 24).

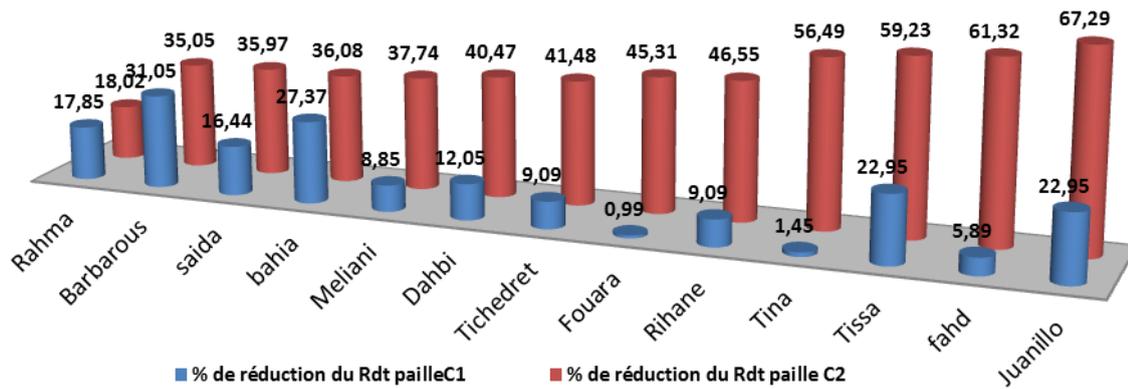


Figure 24 : Classement des sensibilités variétales vis à vis au stade de la coupe (Taux % de réduction du rendement paille par rapport au témoin T0).

Pour la composante : nombre de grain/épi a aussi été réduit, variant de 20 à 50% pour la coupe C1 et de 30 à 67% pour la coupe C2 (figures 25 et 26). D'après, Scott et al., (1988) ; Del Moral, (1992) ; Royo et al., (1993) ; Royo, (1997) ; Royo et al., (1997), la réduction du nombre de grain par unité de surface qui est affectée est la cause principale de cette réduction du rendement; notamment et d'autant plus que si la fauche est effectué tardivement.

Le maximum de cette réduction du nombre de grains/épi a touché la variété d'orge Fouara qui a atteint 38% pour la C2. Les résultats des travaux de Bonachela et al., (1995) relatifs à ce paramètre montrent une diminution après coupe de l'ordre de 30% pour l'orge et de 20% pour le triticale.

Le poids de mille grains a été aussi touché par la réduction notamment par la coupe C2. C'est ce qui a été obtenu par Royo et al., (1994) et Andrews et al.,(1991).

Les figures 25 et 26 montrent aussi que la hauteur de la paille à la récolte a été significativement réduite aux valeurs de 11 à 32% pour C1 et 17 et 54% pour C2. Ces réductions de la hauteur finale de la plante ont été signalées pour le triticale (Poysa, 1985; Martinez-Ochoa et al., 1989; Royo et al., 1993) et pour l'orge (Day et al., 1968).

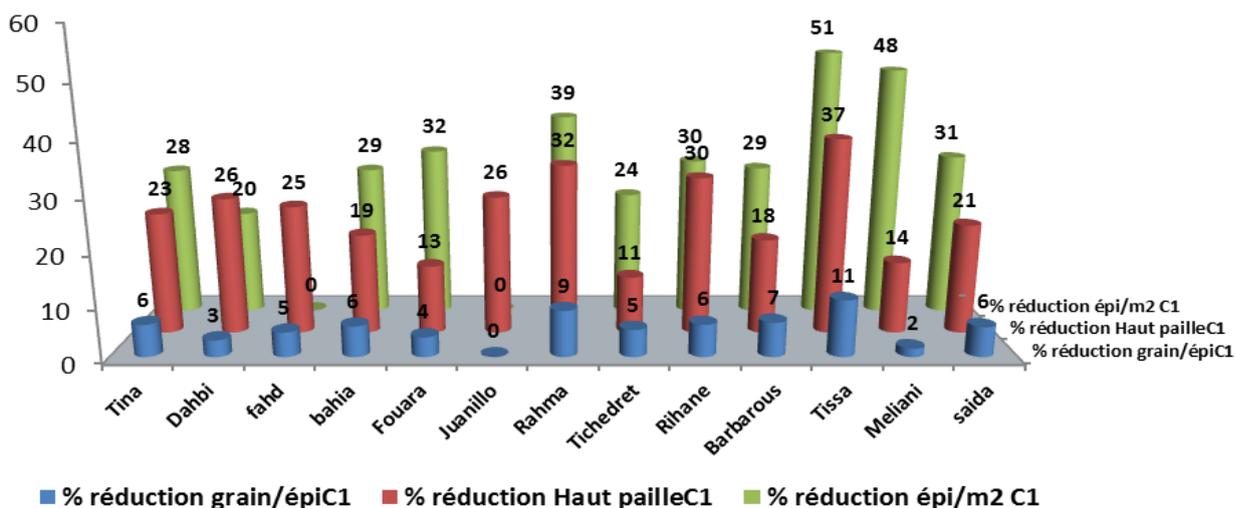


Figure 25 : Classement des sensibilités variétales vis à vis du stade de la coupe (Taux % de réduction des paramètres épi/m², Grain/épi et Hauteur de la paille: C1/T0).

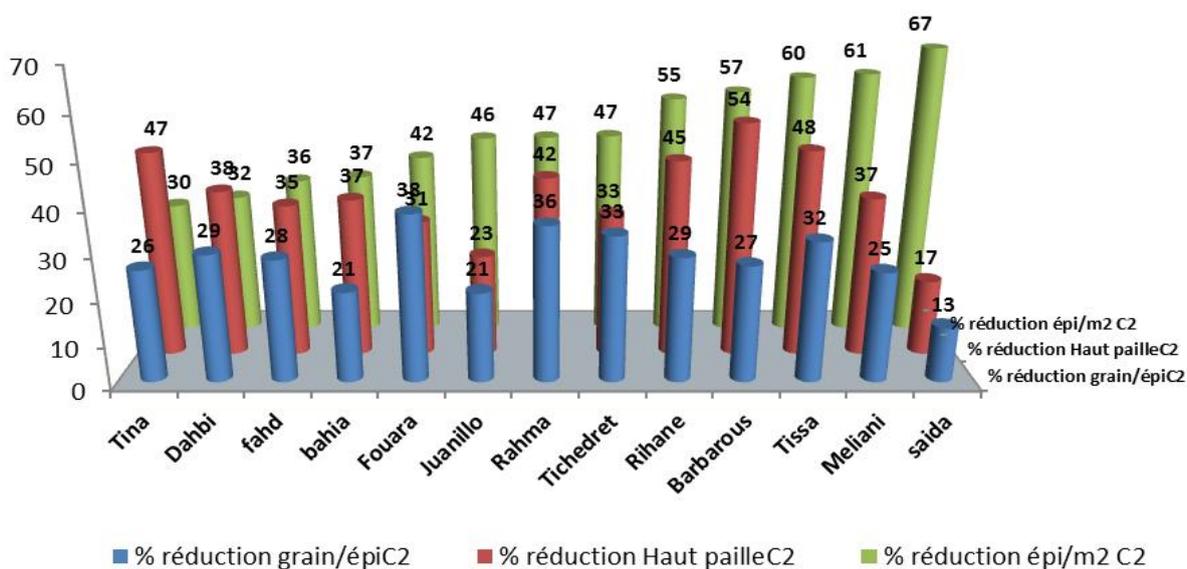


Figure 26 : Classement des sensibilités variétales vis à vis du stade de la coupe (Taux % de réduction des paramètres épi/m², Grain/épi et hauteur de la paille : C2/T0).

2.4- Approche économique :

Il est clair que pour la pratique de la double exploitation à côté des avantages de la mise à disposition d'un fourrager frais pour le cheptel durant la période creuse, étudier la rentabilité d'un point de vue économique ne sera que bénéfique pour consolider l'utilité de cette pratique. À cet effet, des estimations des prix du foin à l'hectare obtenus après traitements C1 et C2 et du foin et paille obtenus après récolte (matière sèche) ont été effectuées sur la base de prix de référence de 750 DA par botte de foin pesant 20 kg et un montant 4500 DA par quintal de grains d'orge ou de triticale.

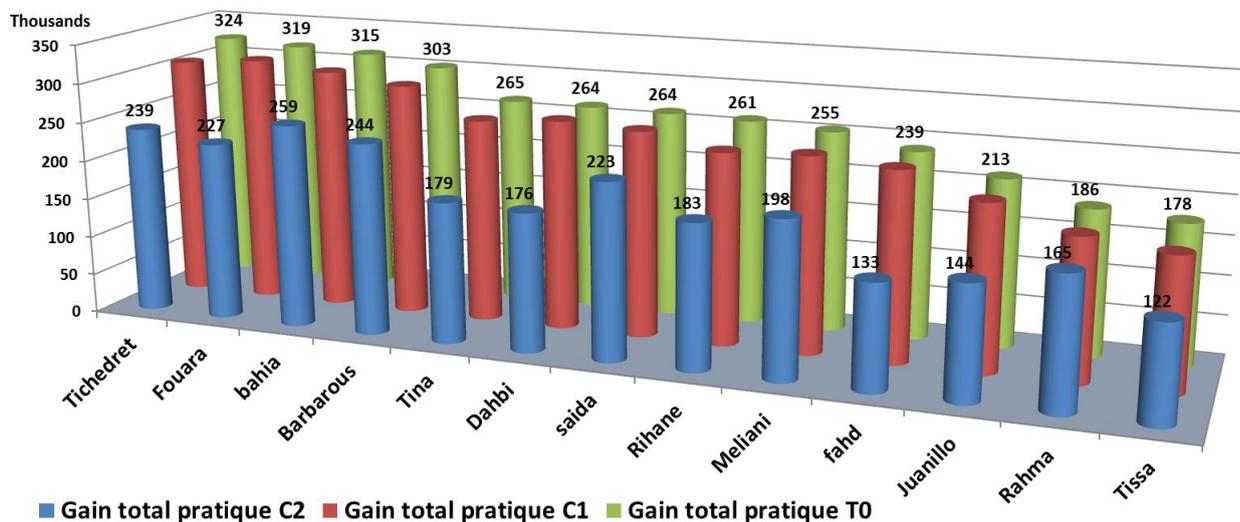


Figure 27: Différences variétales des revenus économiques en DA/ha relatives à l'exploitation des cultures.

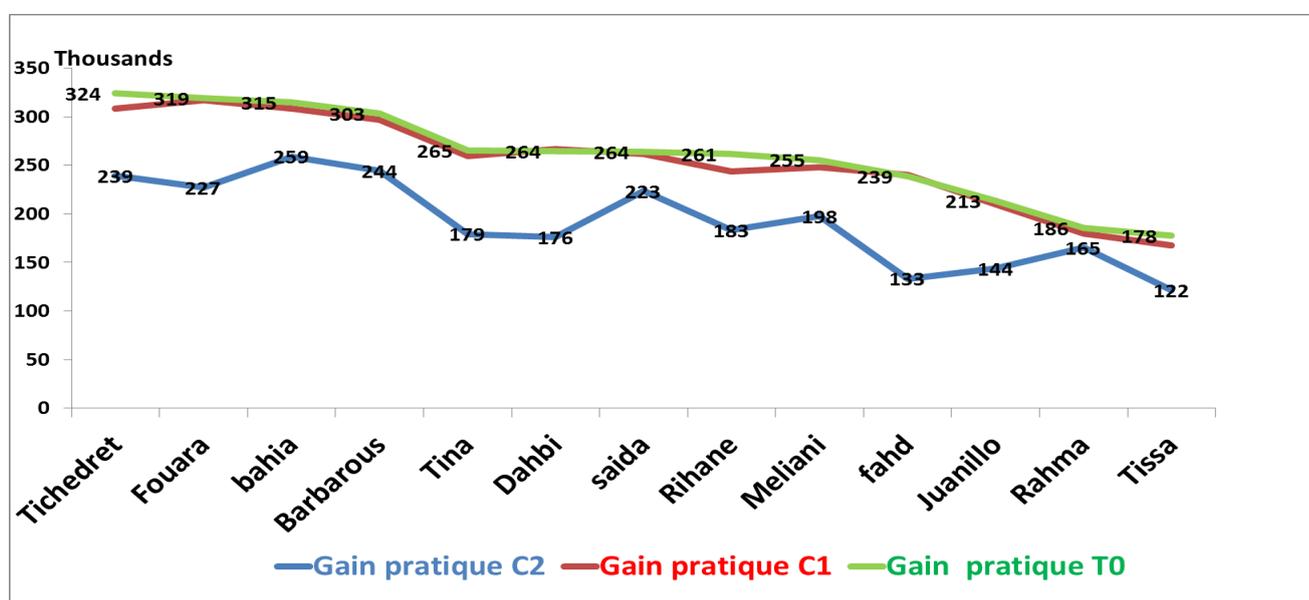


Figure 28 : Différences de revenus entre les différentes pratiques d'exploitation des cultures.

Son avantage économique se manifeste par le pâturage sur un fourrage de haute qualité et valeur nutritive élevée qui peuvent compenser la réduction du rendement en fonction des prix de la viande, des grains et de la paille (Ates et al.,2017).

Certains chercheurs ont signalé les avantages économiques des systèmes à double exploitation par rapport aux systèmes à grains seuls (Arzadun et al., 2003, 2006; Decker et al., 2009).

Pour notre cas, ces évaluations ont été faites sur la base de prix de référence subventionnés qui sont relativement bas. Hamadache, (2001), atteste et confirme qu'au cours de certaines campagnes agricoles sinistrées des tensions sont observées sur le marché du foin ou le prix du quintal était parfois supérieur à celui du grain de blé.

Nos résultats obtenus indiquent que l'avantage de la double exploitation est confirmé même avec

ces prix bas, la figure 28 montre que les revenus de la culture seule et la double exploitation ne sont pas très différents et d'une manière générale la différence entre les revenus réalisés par la pratique C1 et T0 est insignifiante pour la totalité des variétés (Figure 27).

La moyenne des pourcentages de différence des revenus entre les la pratique de coupe précoce C1 et T0 est presque insignifiante elle est de l'ordre de (2.37%) seulement ; et elle a atteint par contre (26.38%) pour la coupe tardive C2 par rapport à T0.

Par ailleurs, des différences entre variétés sont apparues qui sont directement liées à leurs performances, leurs comportements et leurs résultats vis-à-vis aux coupes (Figure 27) les variétés d'orge Tichedret , Fouara, Bahia et Barbarous ont eu les plus grands revenus aussi bien pour T0, C1 ou C2, les variétés à deux rangs Rahma et Tissa ont eu les plus faibles revenus. La variété Dahbi s'est classée en première position parmi les autres variétés de triticales mais elle a eu un classement moyen parmi la totalité de variétés confondues.

2.5. Conclusion :

Les cultures de l'orge et du triticales jouent un rôle important dans la diversification de l'alimentation du cheptel en fournissant du fourrage vert, fourrage sec des graines, de la paille et des chaumes. Ces cultures peuvent être des sources précoces de fourrage vert, même dans des conditions restrictives, et peuvent servir de substituts à la paille et aux concentrés dans le programme d'alimentation, contribuant à réduire la forte demande alimentaire pendant la période hivernale. Octobre à janvier, qui coïncide avec la gestation des brebis.

Au terme de cette étude, une différence variétale significative a été observée parmi les 9 variétés d'orge et les 04 variétés de triticales testées vis-à-vis à la réponse des coupes précoce et tardive.

Il est important de noter que les variétés d'orge à deux rangs Rahma et Tissa ont donné les plus bas résultats et ne semble pas aptes à être utilisé en double exploitation. La conclusion pour les variétés à deux rangs n'est pas absolue puisqu'il ne s'agit que deux variétés testées seulement.

Les variétés locales Tichedret, Fouara, Bahia et Barbarous semblent plus ou moins avoir une aptitude à la coupe précoce, Bahia a manifesté une supériorité et une résistance à la coupe 2. La variété Saida a affiché plus de sensibilité aux coupes.

Pour les variétés de triticales bien qu'elles aient donné des résultats moyens, il semble qu'elles sont sensibles au coupes notamment C2 tardive. Néanmoins, le nombre de 04 variétés testées (une fois seulement) n'est pas assez suffisant pour trancher et à aboutir à des conclusions précises. Selon Haque et al.,(2008) l'aptitude à la double exploitation est une caractéristique génétique et ils font référence à une variété de triticales (WRF-7) sélectionnée au CIMMYT, qui présente la caractéristique de produire des grains et de résister aux coupes.

En Algérie, il n'existe pas de variétés spécifiques sélectionnées pour la double exploitation, et les

variétés de production grains restent encore utilisées à des fins fourragères dans toutes les zones potentielles. Les variétés retenues par les institutions techniques, ont été préalablement sélectionnées pour la finalité de production grains.

Il ne semble donc pas facile de désigner une variété garantissant de meilleures performances quelles que soient les conditions environnementales. Cependant, en exploitant la précocité des génotypes, l'échelonnement des dates de semis avec le bon repérage des stades propices pour la coupe, il est possible de minimiser les compromis et l'impact négatif de la coupe.

Expérimentation : 3

Observation au Microscope à Balayage Électronique MEB et Analyse par Fluorescence à Rayons X (EDX) de la Feuille Drapeau du Triticale à durant la Phase de Sénescence

3.1. Introduction :

Le laboratoire DAC (laboratoire de Dosage, d'Analyse et de Caractérisation) de l'UFAS Sétif est pourvu d'un microscope à balayage électronique. Une opportunité nous a été offerte pour l'utilisation de ce matériel destiné préalablement aux observations et aux analyses des matériaux physiques, l'idée est essayer cet appareil pour des échantillons biologiques organiques mais à une condition que ces derniers soient secs. L'objectif visé est l'étude morphologique et chimique multi-élémentaire des feuilles de triticale en phase de sénescence.

3.2. Matériel et méthodes :

Huit échantillons, chacun de 1 cm², ont été prélevés de la partie médiane des feuilles drapeau de la variété 1 du triticale (comme indiqué dans le tableau 25 du génotype V1 du triticale de la collection du CIMMYT).

Les échantillons ont été collectés après l'anthèse tout au long de la phase de remplissage des grains, jusqu'aux stades avancés de la sénescence.

3.2.1. Métallisation :

Après un séchage à 80°C pendant 48 heures, ces échantillons ont été fixés dans une première étape sur des lamelles à l'aide d'un ruban adhésif à base de carbone, dans le but d'éliminer les charges résiduelles et d'améliorer l'observation au microscope électronique à balayage (MEB), comme illustré dans la figure 29 b. Ensuite, ces échantillons ont été métallisés avec une fine couche d'or en raison de la non-conductivité électrique des échantillons.

La métallisation est nécessaire pour éviter l'accumulation de charges électriques qui pourraient déformer le faisceau électronique lorsque l'échantillon est un isolant.

Cette métallisation a été réalisée à l'aide du système de pulvérisation cathodique sous vide « Denton Vacuum DESK V », qui est le standard mondial utilisé en microscopie électronique. Il consiste en un dépôt de couche mince de métal qui fournit des résultats cohérents et reproductibles (Ayache, Jeanne, Beaunier, Luc et Boumendil, Jacqueline, 2007). La couche d'or a été déposée avec une épaisseur de 80 Ångströms.

Ensuite, une analyse chimique multi-élémentaire a été réalisée à l'aide de l'Energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDX).

3.2.2. Observation au microscope électronique à balayage (MEB) et analyse par Fluorescence à Rayons X (EDX) :

Le microscope électronique à balayage (MEB) utilisé est un modèle JEOL SM-7001F, appartenant au laboratoire DAC (laboratoire de Dosage, d'Analyse et de Caractérisation) de l'UFAS Sétif1, comme illustré dans la figure 29c. C'est un microscope électronique à balayage à émission de champs thermique analytique, équipé de deux types de détecteurs : un détecteur d'électrons pour la reconstitution de l'image morphologique de l'échantillon et un détecteur de rayons X pour l'analyse multi-élémentaire par fluorescence à séparation d'énergie (EDX).



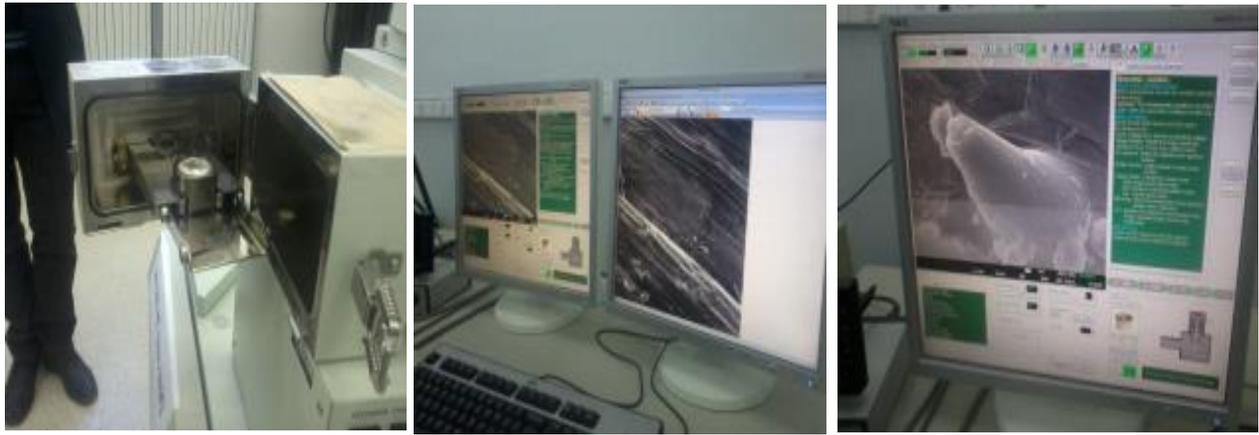
Figures :29 a-b-c- Feuilles de triticales prises au cours de la phase de remplissage a, Préparation des échantillons 1 cm² pour observation sous MEB b,c.



Figures :29 a-b-c :Préparation des échantillons pour la métallisation : a,b échantillons avant métallisation, c échantillons après métallisation avec une couche en Or



Figures :29 a-b-c- métallisation et couverture des échantillon par une couche mince en or a, b, photo MEB c.



Figures :29 a-b-c- Introduction des échantillon au MEB et observation à différents agrandissements a, images sur écran ordinateur.

Figure 29 : Mode opératoire des différentes étapes de préparation des échantillons pour l'observation au MEB.

3.3. Résultats et discussions :

3.3.1. Résultats des observations morphologiques de la feuille du triticale par MEB:

L'observation préliminaire de la feuille de triticale examinée sur sa face supérieure révèle une texture morphologique spécifique. Toute la surface de la feuille présente des extensions rugueuses, comme illustré dans la figure 30. Cette caractéristique lui confère probablement la capacité de réduire l'impact direct des rayons du soleil.

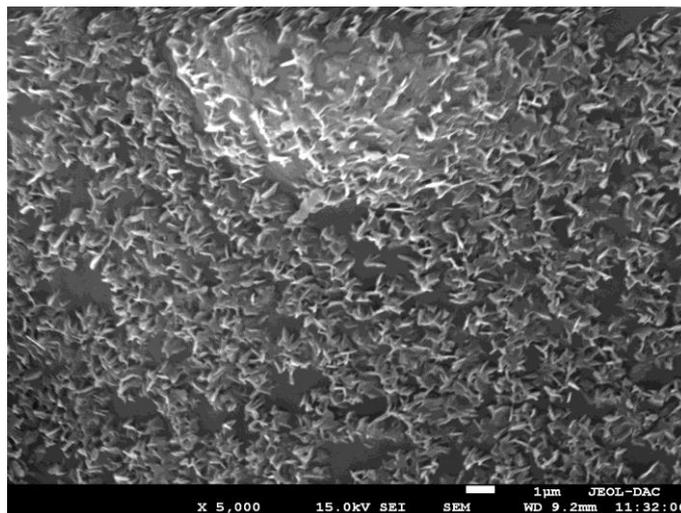


Figure 30 : observation de la face supérieur de la feuille du triticale structures et extension rugueuse de surface $\times=5000$.

Les observations effectuées sur les stomates révèlent que les ostioles sont dans un état fermé, avec les cellules de garde étroitement juxtaposées les unes contre les autres. Cette disposition semble

viser à réduire les pertes d'eau, ce qui témoigne d'une adaptation stomatique face aux conditions stressantes de sécheresse, comme le montre la figure 31.

Les stomates sont agencés en lignes parallèles sur la feuille, comme illustré dans les figures 30 et 31. Chaque ligne est bordée et protégée par deux ou quatre trichomes pointant vers l'intérieur du stomate, comme indiqué dans la figure 31. Le rôle des trichomes est de favoriser la ventilation et de créer une atmosphère moins stressante en limitant les courants d'air. Ils protègent ainsi les stomates de l'atmosphère extérieure chaude et sèche.

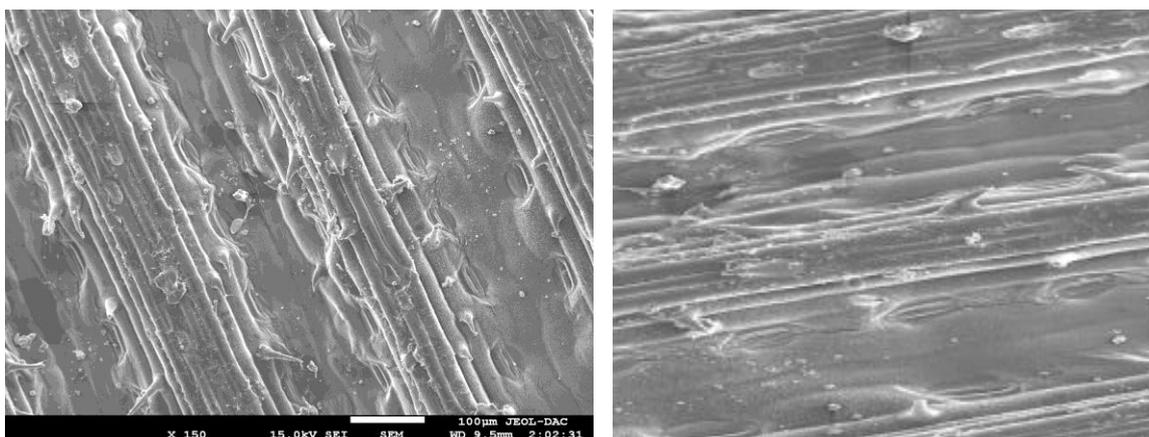


Figure :31 observation sur la face de la feuille de lignes de stomates parallèles chacune est protégé par deux trichomes agrandissement x=150

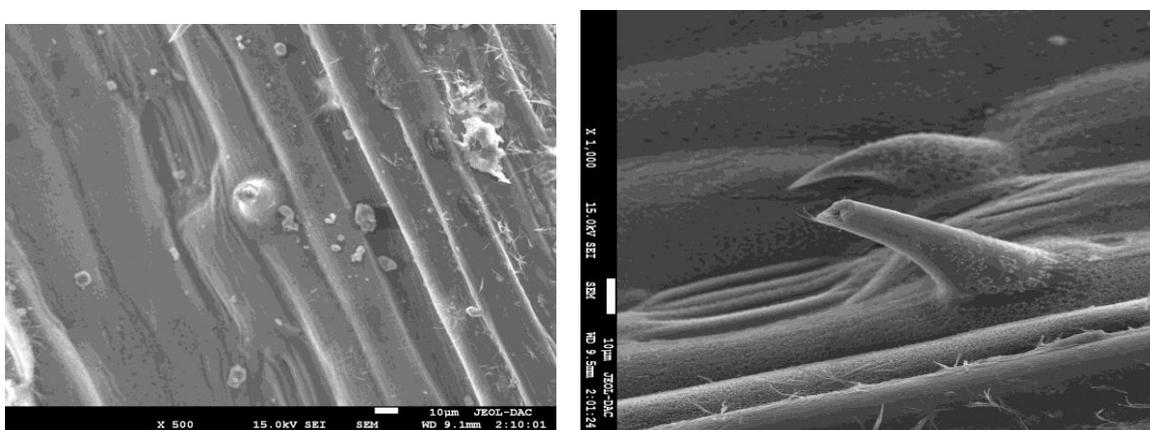


Figure :32 a Cellules de gardes des stomates très serrées agrandissement x=500, **b** Trichomes protégeant un stomate avec les cellules de gardes bien fermées agrandissement x=1000

3.3.2. Manifestation de signes de sénescence :

Les signes de sénescence sont perceptibles par la rupture des trichomes, comme illustré dans les figures 32 et 33. Il convient de noter que ces ruptures peuvent également résulter des manipulations des échantillons.

De plus, des détériorations de la surface foliaire commencent à se manifester par l'apparition de fissures sur la paroi de la feuille, comme on peut le voir dans la figure 33b. Ces fissures laissent

émerger des fibres filamenteuses, dont l'origine provient probablement des tissus internes, tels que les tissus conjonctifs ou les faisceaux conducteurs de la sève, comme illustré dans les figures 33 et 34. Ces détériorations semblent résulter du vieillissement et de la dégradation des tissus foliaires.

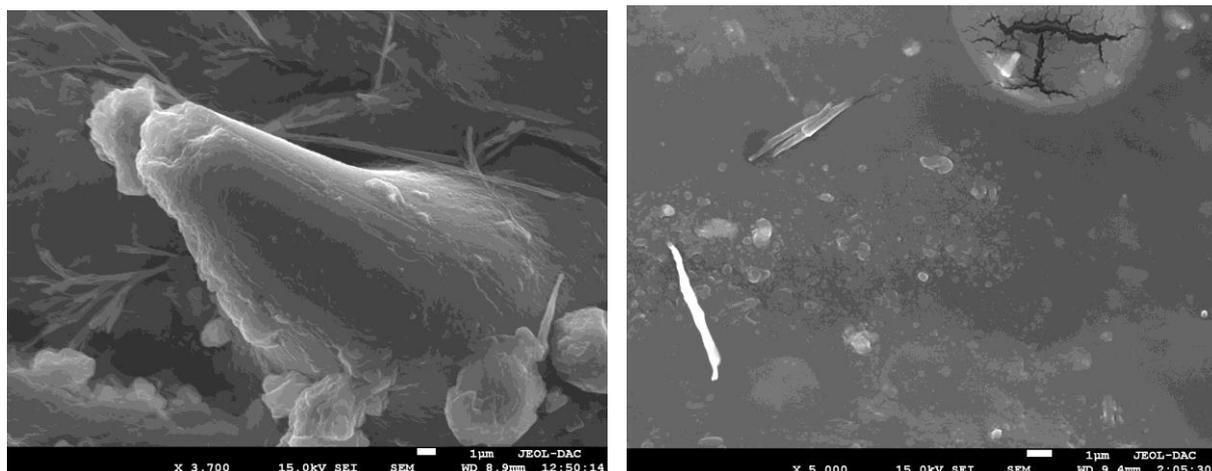


Figure :33 a observation du trichome de la stomate avec la pointe brisée agrandissement $x=3700$,
b altération du tissus de la feuille et apparition de fibres sur la paroi agrandissement $x=5000$

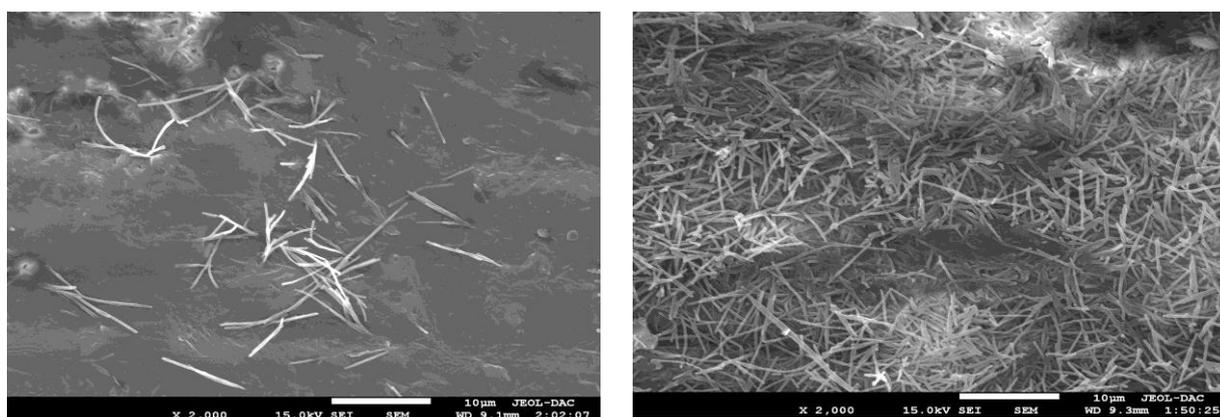


Figure :34 a Début d'altération du tissus de la feuille, b altération totale agrandissement $x=2000$
du tissus de la paroi de la feuille et apparition des fibres du tissu conjonctif de l'intérieurs

3.3.3. Résultats des analyses chimiques par rayons X ou EDX:

Les résultats de l'analyse EDX révèlent des changements significatifs dans la teneur de l'élément indicateur de la chlorophylle, le Magnésium (Mg). Cette teneur a diminué progressivement, passant de 22,37 % de pourcentage atomique dans le premier échantillon prélevé le 25/4/2020 pendant la phase de remplissage des grains, à 11,60 % dans le deuxième échantillon, puis à 4,84 % dans le troisième, diminuant avec le temps jusqu'à atteindre 0 % dans le dernier échantillon prélevé le 03/5/2020 lors de la sénescence totale, comme indiqué dans le tableau.25

Cette évolution décrit le processus de sénescence en fonction de l'avancement vers la maturité et du vieillissement de la feuille drapeau pendant la phase de remplissage des grains. Elle se

manifeste par le changement progressif de la couleur verte de la chlorophylle dû à la perte chronologique de l'élément Mg au cours de la sénescence.

Ces observations correspondent aux définitions données par Hafsi (2000) et Hafsi et Guendouz (2012), qui décrivent la sénescence comme la détérioration progressive des fonctions de la plante avec l'âge, marquée par le changement de couleur des feuilles, la décomposition de la chlorophylle et des membranes.

Par ailleurs, selon Reynolds et al. (2005), en conditions de stress, la plante peut convertir la chlorophylle a en chlorophylle b, ce qui entraîne un changement de couleur vers un vert moins foncé, marquant également le début de la sénescence. Le stress thermique, quant à lui, provoque des dommages oxydatifs aux chloroplastes et altère les activités de la membrane thylacoïdale, ce qui se traduit par une diminution du nombre de chloroplastes par cellule et une réduction de la capacité photosynthétique des plantes en raison de limitations métaboliques (Farooq et al., 2011). Ces chiffres sont le résultat d'un seul échantillonnage, qui seraient éventuellement consolidés et validés par de multiples répétitions pour situer les corrélations possibles avec les autres paramètres physiologiques notamment SPAD, TRE, EUE, la stabilité membranaire...etc.

L'analyse chimique révèle également dans la figure 35 (des micrographes de résultats d'analyse) des variations dans les teneurs des éléments tels que le C, O, Cl, K, P, Ca, en fonction des échantillons et du moment du prélèvement, ces variations sont chronologiquement progressives notamment pour l'élément Mg (Tableaux 25).

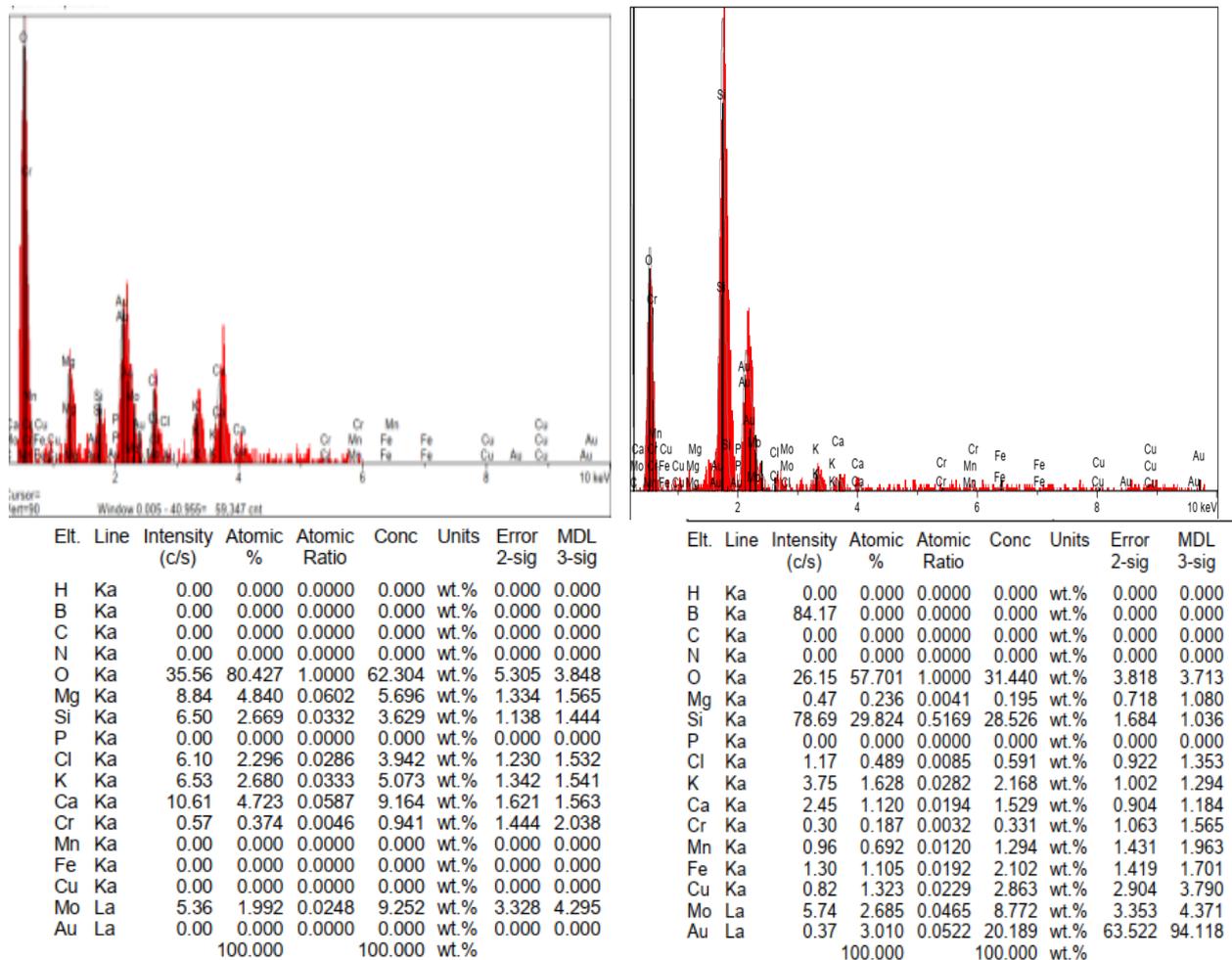


Figure 35 Micro graphes de résultats d'analyse d'éléments constituant la feuille
Spectre EDX

Tableau 27 : Résultats d'analyse chimique par EDX de 8 échantillons de feuilles drapeau prise au cours de la période de remplissage grain

Date de prise d'échantillon	Intensité (c/s) Mg	% atomique
1 : 25/4/2020	15.37	22.375
2 : 01/5/2020	12.52	11.601
3 : 06/5/2020	8.84	4.840
4 : 12/5/2020	5.94	0.902
5 : 18/5/2020	0.47	0.236
6 : 23/5/2020	0.10	0.329
7 : 28/5/2020	0.02	0.331
8 : 03/6/2020	0.00	0.000

3.3.4. Dénombrement des stomates :

Un dénombrement des stomates a été réalisé sur une collection de 648 cultivars d'orge provenant du monde entier. Cette étude a été menée par Miskin K. E. et Rasmusson D. C. en 1970, et ils ont obtenu des valeurs de densité stomatique comprises entre 36 et 98 stomates par mm² pour ces

cultivars d'orge. Pour le blé, d'après Wang, H. et Clarke, J. M. en 1993, le nombre de stomates dénombrés était compris entre 42 et 61 par mm².

En ce qui concerne les échantillons de triticale que nous avons étudiés, le nombre de stomates dénombrés sur la face inférieure de leurs feuilles est en moyenne de 50 stomates par mm².

3.3.5. Longueurs des pores stomatiques :

Selon les résultats des travaux de Miskin K. E. et Rasmusson D. C (1970), la longueur du pore stomatique a été rapportée à être comprise entre 41 et 56 microns pour l'orge, 38 microns pour l'avoine, 38 microns pour le blé, et 19 microns pour le maïs. Dans notre cas, des mesures ont été effectuées à l'aide du logiciel Mesurim Pro sur les stomates, et il a été obtenu une longueur moyenne de 40,75 microns pour le triticale.

3.4. Conclusion :

L'utilisation de la technique couplée MEB-EDX et le suivi chronologique de la sénescence sur la feuille drapeau de la Lignée L1 (origine CIMMYT) nous a permis d'obtenir des informations approfondies sur la structure morphologique de la surface de la feuille notamment relative aux nombre de stomates ainsi que leurs dimensions. Une compréhension approfondie sur des changements microscopiques et de la composition élémentaire au cours de la sénescence de la feuille. Ces informations sont précieuses pour la recherche agronomique visant une meilleure performance et un rendement optimal.

Conclusion Générale :

Les cultures fourragères en Algérie jouent un rôle important dans l'agriculture nationale en contribuant à l'alimentation du bétail et à la production de viande et de lait. Cependant, ces cultures sont confrontées à plusieurs défis, notamment le rétrécissement des superficies allouées aux cultures fourragères au profit des céréales et autres cultures alimentaires. Les contraintes environnementales telles que la sécheresse et les changements climatiques ont également un impact négatif sur la production de fourrage, entraînant une baisse de la productivité. De plus, la qualité des semences, les techniques inadéquates de récolte et de stockage du fourrage, ainsi que le manque de financement et de soutien pour les agriculteurs, constituent des obstacles majeurs au développement de la culture fourragère.

Pour faire face à ces défis, des mesures organisationnelles s'imposent, notamment l'introduction du triticale dans les systèmes de production agricole, accompagné par des programmes de vulgarisation à destination des agriculteurs et des éleveurs.

Il est également nécessaire d'accorder à la culture fourragère l'importance qu'elle mérite, au même titre que les cultures stratégiques, compte tenu des pressions sur le marché national concernant la disponibilité et les prix des produits d'origine animale.

En ce qui concerne le triticale, cette étude a mis en évidence son potentiel pour s'adapter aux conditions de stress hydrique et thermique caractéristiques de la région des hauts plateaux méditerranéens algériens. Des variétés de triticale ont montré une meilleure adaptation au stress hydrique, ce qui en fait une option intéressante pour les terres marginales. Cependant, pour exploiter pleinement son potentiel, des efforts de recherche et de développement supplémentaires sont nécessaires pour améliorer la qualité technologique du grain afin qu'il puisse être largement utilisé pour la consommation humaine.

En conclusion, l'amélioration de la production fourragère est un élément clé du développement global de l'agriculture nationale en Algérie. Cela nécessite une approche holistique impliquant des mesures organisationnelles, des programmes de recherche et de développement, ainsi que des initiatives visant à accorder une importance égale aux cultures fourragères par rapport aux cultures. Par ailleurs, l'utilisation du microscope électronique à balayage (MEB) s'est révélée inestimable dans l'analyse des échantillons biologiques, notamment les feuilles de triticale. Elle nous a permis d'explorer en détail l'ultra structure des stomates et de suivre l'évolution des composants des feuilles, tels que la teneur en chlorophylle, tout au long du remplissage du grain et du processus de sénescence. Les spectres de l'analyse EDX ont dévoilé la composition de la feuille à trois moments différents de son développement, mettant en évidence des variations dans la composition élémentaire. À titre d'exemple, nous avons observé une diminution de la quantité de

magnésium à mesure que la feuille entrait en phase de sénescence, ce qui concordait avec la réduction de la photosynthèse.

Pour conclure, l'application de la technique MEB-EDX couplée à l'étude de la feuille drapeau de la variété "Fahad" en phase de sénescence nous a permis d'acquérir une compréhension approfondie des changements microscopiques et de la composition élémentaire au cours de la sénescence. Ces informations revêtent une grande importance pour la recherche agronomique en vue d'améliorer les performances et les rendements agricoles.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abbas K., Abdelguerfi A., 2005.** Perspectives d'avenir de la jachère pâturée dans les zones semi- arides. Fourrages, 184 : 533-546.
- Abbas K., Abdelguerfi A., Madani T., M'hammedi Bouzina M., Makhlouf M., Tedjari N., Laouar M., 2011.** Comportement d'une prairie de mélange soumise aux pratiques locales en zone semi-aride d'Algérie. Fourrages n°205 (page 47 à 51).
- Abbas K., Abdelguerfi-Laouar M., Madani T., Mebarkia A., Abdelguerfi A.,2005.** Rôles et usage des prairies naturelles en zone semi aride d'altitude en Algérie. Fourrages, 183
- Abbassène F., Bouzerzour H., Hachemi L., 1997.** Phénologie et production du blé dur (*Triticum durum* Desf.) en zone semi-aride d'altitude. Annales Agronomiques INA, 18: 24 – 36.
- Abdelguerfi A. (1987)** : Quelques réflexions sur la situation des fourrages en Algérie. Céréaliculture, 16:1-5.
- Abdelguerfi A. et Abdelguerfi-Laouar M., 2002.** Les ressources génétiques d'intérêt fourrager et/ou pastoral: Diversité, collecte et valorisation au niveau méditerranéen. Option Méditerranéennes, Vol. 30: 29-41.
- Abdelguerfi a. et Bedrani s., 1997.** Study on range and livestock development in North Africa (Algeria, Morocco and Tunisia). FAO, Regional Office for the NEAR EAST. 71 p.
- Abdelguerfi A. et Laouar M., 2000.** Autoécologie des légumineuses spontanées d'intérêt fourrager et/ou pastoral en Algérie. In Sulas L. (ed.). Legumes for Mediterranean forage crops, pastures and alternative uses = Légumineuses pour cultures fourragères, pâturages et autres usages en région méditerranéenne. Zaragoza: CIHEAM-IAMZ
- Abdelguerfi A., 1992.** L'utilisation des luzernes annuelles dans les systèmes de pâturage en Algérie. Herba, 5 : 45-51.
- Abdelguerfi A., Laouar M., 1999.:** Les ressources génétiques en Algérie : un préalable à la sécurité alimentaire et au développement durable. Doc. INSEG, 43 pages.
- Abdelguerfi A., Laouar M., 2000.** Conséquences des changements sur les ressources génétiques du Maghreb. Options Méditerranéennes, Série A
- Abdelguerfi A., Laouar M., M'Hammedi Bouzina M.,2008.** Les productions fourragères et pastorales en Algérie : Situation et Possibilités d'Amélioration. Revue Semestrielle 'Agriculture & développement'' (INVA, Alger), janvier 2008, n°6 : 14-25.
- Abdelguerfi A., Laouar M., Tazi M., Gaddes N.E., 2000.** Présent et future des pâturages et des légumineuses fourragères en région méditerranéennes : cas du nord de l'Afrique et de l'Ouest de l'Asie.. Zaragoza: CIHEAM-IAMZ.
- Abdelguerfi A.et Hakimi M., 1990.** Les prairies naturelles permanentes en Algérie : problématique. Ann. Inst. Nat. Agron. El Harrach, 14 (1/2) : 1-12.
- Aboussouan-Sropian, C. et Planchon, C., 1985.** Réponse de la photosynthèse de deux variétés de blé à un déficit hydrique foliaire. Agronomie, 5(7) : 639-644.
- Acevedo E, Nachit M, Ortiz-Ferrara G., 1991.** Effects of heat stress on wheat and possible selection tools for use in breeding for tolerance. In: Saunders, DA (ed.) Wheat for the Nontraditional Warm Areas. CIMMYT,

Mexico, pp. 401- 421

- Acevedo E., Ceccarelli S., 1987.** Role of physiologist-breeder in a breeding program for drought resistance conditions. in : Drought Resistance in Cereals, Baker, F.W.G. (éd.). CAB, Wallingford, pp. 117-139.
- Acevedo E., Craufurd P.Q., Austin R.B., Perez-Marco P., 1991.** Traits associated with high yield in barley in low-rainfall environments. J. Agric. Sci. Camb. 116 : 23-36
- Acevedo, E., Conesa, A.P., Monneveux, P., and Srivastava, J.P., 1989.** Physiology breeding of winter cereals for stressed mediterranean environments, INRA Stat. Bioclimatologie., 50-66.
- Adem F., 2002.** Les ressources fourragères en Algérie : Déficit structurel et disparités régionales. (Analyse du bilan fourrager pour l'année 2001). <http://désertification.wordpress.com/2007/03/31/.greedaal.com/>.
- Afridi, R.A., M. A. Khan, H. Gul et M.K. Daud., 2014.** Allelopathic influence of rice extracts on phenology of various crops and weeds. Pak. J. Bot., 46(4): 1211-1215.
- Aguirre A, O. Badiali, M. Cantarero, A. Leon, P. Ribotta, and O. Rubiolo., 2002.** Correlation Between Specific Weight and Grain Properties of Triticale in Argentina. Cereal Research Communications 30: 203-208.
- Ait Rachid L., 1991.** Essai comparatif de quelques lignées F6 d'orge (*Hordeum vulgare* L.).Thèse d'ingénieur. INA, El Harrach. 138
- Ali Dib 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
- Al-Khatib K., Paulsen GM., 1984.** Mode of high temperature in jury to whet during grain development. Physiologia Platarum 61, 363-368.
- Al-Khatib, K., Paulsen, G.M., 1999.** High-Temperature Effects on Photosynthetic Processes in Temperate and Tropical Cereals. Crop Science, 39(1), 119-125.
- AMAR, H., H.KETATA, ET M. ZOUAGHI .,1985.** use of barlel (*Flordeum vulgare*) fotforage and grain in Tanisia, Rrchrs 4 : 28'13 '
- Amara H. (1983):** Recherche sur les orges à double fin. Rapport d'activité, Station Centrale des Céréales d'Automne, INRA Maroc : 31--36
- Amokrane A. Bouzerzour H. Benmahammed A. Djekoun A., 2002.** Caractérisation des variétés locales, Syriennes et européennes de blé dur évaluées Constantine, numéro spécial.: 33 –38p.
- Anderson W.A. (1985):** Production of cereal feed and grain from grazed barley in northern Syria. Field Crops Research, 10 : 57-75.
- Anjum NA, Umar S, Ahmad A, Iqbal M., 2008.** Responses of components of antioxidant system in moongbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) genotypes to cadmium stress. Commun Soil Sci Plant Anal 39:2469–2483
- Annerose, D. J. M.,1990 .** Recherches sur les mécanismes physiologiques d'adaptation à la sécheresse. Application au cas de l'arachide (*Arachis hypogea* L.) cultivée au Sénégal. Thèse de
- Annicchiarico, P., Abdellaoui, Z., Kelkouli, M., Zerargui, H., 2005 .** Grain yied, straw yield and economic vakué of tall an,d semi dwarf durum wheat cultivars in Algeria. J. of Agric. Sci., 143: 57-67
- Anonyme., 2013 .** Une sècheresse à partir de fin de montaison pénalise fortement le potentiel de rendement. Climat EVN. ARVALIS. Institut du végétal. France.

- Anonyme., 2022. <https://www.lpc-expert.fr/instrumentation/83-microscope-electronique-a-balayage>
- Anonyme., 2022. <https://www.planetoscope.com/elevage-viande/1235-consommation-mondiale-de-viande.html>
- ANRH. Agence Nationale des ressources hydrique 2010 : Carte des pluies annuelles du Nord de l'Algérie.
- Araus, J.L., Ali Dib, T., Nachit, M., 1998. Chlorophyll fluorescence as a selection criterion for grain yield in durum wheat under Mediterranean condition. *Field crops Res.*, **55**: 209-224.
- Arseniuk E et Goral T., 2015. Triticale Biotic Stresses—Known and Novel Foes In book: *Triticale* (pp.83-108) Chapter: 5 Publisher: Springer Editors: François Eudes DOI:10.1007/978-3-319-22551-7_5
- ARVALIS 2023 : Culture du triticale : 40 ans de référence Conduite et valorisation du triticale © ARVALIS Mai 2023
- Arzadun, M.J., J.I. Arroquy, H.E. Laborde, and R.E. Brevedan., 2006. Effect of planting date, clipping height, and cultivar on forage and grain yield of winter wheat in Argentinean Pampas. *Agron. J.* 98:1274–1279. doi:10.2134/agronj2005.0313
- Asrar, A-W.A., & Elhindi, K.M., 2011. Alleviation of drought stress of marigold (*Tagetes erecta*) plants by using arbuscular mycorrhizal fungi. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 18, 93–98
- ATTIA F., 2007 :Effet du stress hydrique sur le comportement éco physiologique et la maturité phénologique de la vigne (*Vitis vinifera* L.) : étude de cinq cépages autochtones de Midi-Pyrénées. Thèse Doctorat Toulouse France.
- Avice JC., Louahli S., Kim TH., Jacquet A., Morvant B., Prudhomme MP., Ourry A., Simon JC., 2001. Influence des réserves azotées et carbonées sur la repousse des espèces prairiales. *Fourrages* 165 : 3 – 22
- Bagga A.K., Ruwal K.N., Asana R.D., 1970. Comparaison of responses of some indian and semi-dwarf Mexican wheats to irrigated cultivation. *Indian J. Agric. Sci.*, **40** : 421-427
- Bahar B, Yildirim M, Barutcular C., 2009. Relationships between stomatal conductance and yield components in spring durum wheat under Mediterranean conditions. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* **37(2)**, 45-48.
- Bahar, B., M. Yildirim, C. Barutcular and I. Genc., 2008. Effect of canopy temperature depression on grain yield and yield components in bread and durum wheat. *Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj.* 36(1):34-37
- Bahar, B., Yildirim, M., Barutcular C., 2009. Relationships between Stomatal Conductance and Yield Components in Spring Durum Wheat under Mediterranean Conditions. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 37(2).
- Bahar, B., Yildirim, Y. and Yucel, C., 2011. Heat and drought resistance criteria in spring bread wheat (*Triticum aestivum* L.): Morpho-physiological parameters for heat tolerance. *Science Research and Essays*. 6:2212-2220.
- Bai Jian-Hui, Liu Jing-Hui, Zhang Na, Yang Jun-Heng, Sa Ru-La1, Wu Lan., 2013 . Effect of Alkali Stress on Soluble Sugar, Antioxidant Enzymes and Yield of Oat. *Journal of Integrative Agriculture*, vol.12 n. 8, p.p. 1441-1449.
- Baier A. C. and J. P. Gustafson (1996): Strategies for Improving Triticale. In: *Triticale: Today and Tomorrow: Developments in Plant Breeding*, Vol. 5. Springer, Berlin, p. 563-569.

- Bajji, M., Lutts, S., et Kinet, J. M. 2000** : La résistance au stress hydrique chez le blé dur : Comparaison des comportements au niveau cellulaire et au niveau de la plante entière. Zaragoza:
- Baldy C.,1974** . contribution à l'étude fréquentielle des conditions climatiques : leur influence sur la production des principales zones céréalières d'Algérie. Document technique, projet céréales. 152p
- Baldy C.,1993**. Effets du climat sur la croissance et le stress hydrique des blés en méditerranée occidentale. Relationships with osmotic potential, carbon isotop ratio and grain yield. In tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne. Diversité génétique et amélioration variétale. (Monneveux, P & -- Benselem, M. eds.). Colloque 55 : 83-99 INRA ed , Paris.
- Barati, V. et Bijanzadeh, E., 2021**. Triticale forage crop quality as affected by water stress and nitrogen biofertilizer in an arid climate. *Iran Agricultural Research*, **39**(2): 69-80.
- Barlow, E.W.K. (1988)**. The growth and functioning of leaves. Cambridge University Press, London, pp. 314–345
- Barnabás, B., Katalin, J., & Attila, F. (2008)**. The effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals. *Plant, Cell and Environment*, **31**(1), 11-38
- Beji, S., 2016**. Yield and quality of dual-purpose barley and triticale in a semi-arid environment in Tunisia. *Afr. J. Agric. Res.* **11** (30), 2730–2735
- Belaid., 1994**. Nutritional and Economic Value of Triticale as Poultry Feed Grain. CIMMYT Economic Working Paper 94-01. Mexico, DF, CIMMYT.
- Belhadia. Mohamed , Yakhlef.H, Bourbouze.A, Djermoun A., 2014**. Production et mise sur le marché du lait en Algérie, entre formel et informel. Stratégies des éleveurs du périmètre irrigué du Haut-Cheliff. *NEW MEDIT N.* 1/2014
- Belhassen E., This D., Monneveux P., 1995**. L'adaptation génétique aux contraintes de la sécheresse. *Cahiers Agricultures.* **4**. P : 251-261
- Belhouadjeb.F.A,et Chehat.F., 2013**. Le Coût De Production Et La Compétitivité De La Viande Ovine Algérienne :Cas De L'agneau De Djelfa Les cahiers du CREAD n°104-2013.
<https://www.businessfrance.fr/algerie/>.
- Belkharchouche, H., Fellah, S., Bouzerzour, H., Benmahammed, A., et chellal, N., 2009**. Vigueur de croissance, translocation et rendement En grains du blé dur (*Triticum durum* desf.) Sous conditions semi arides. *Courrier du Savoir.*, **09**:17-24.
- Belyavin G.C., 1987**. "Energy and protein matters to consider in poultry," 1987, 26-27 pp.
- Ben Abdallah, N. et Ben Salem, M., 1993**. Paramètres morphophysiologiques de sélection pour la résistance à la sécheresse des céréales. In : Monneveux, P. et Ben Salem, M. (Eds). Tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne. Diversité génétique et amélioration variétale. Montpellier (France), 15-17 décembre 1992, INRA, Les Colloques, pp : 173-190.
- Ben Rejeb Jenhani A, Fathalli A, Romdhane MS., 2012**. Phytoplankton Assemblages In Bir M'cherga Freshwater Reservoir (Tunisia). *Water resources wetlands conference proceedings* 14–16 September 2012, Tulcea-Romania, pp. 136–141.
- Benbelkacem A., 1991**. Triticale and Research in Algeria. *Cerealiculture, Technical and Scientific Review*

Published by ITGC, 25: 4.

- Bendada, H., Guendouz, A., Benniou, R., & Louahdi, N., 2020.** Indirect Selection of Tolerant Barley (*Hordeum vulgare* L.) Genotypes Under Semi-Arid Conditions Based on the Numerical Images Analysis Indices. *Indian Journal Of Agricultural Research*, 55(2), 151-156.
- Benlaribi L., Monneveux P., Grignac P., 1990.** Etude des caractères d'enracinement et leurs rôles dans l'adaptation au déficit hydrique chez l'orge. *Agronomie*, 10 : 369-379
- Benmahammed A., 2004.** La production de l'orge et possibilités de développement en Algérie. *Céréaliculture*, n° 41, 1^{er} semestre. PP 34 – 38.
- Benmahammed, A., 2005.** Hétérosis, 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 en Biologie végétale.
- Benmahammed, A., Bouzerzour, H., Mekhlouf, A., et Benbelkacem, A., 2008.** Variation de la teneur relative en eau, l'intégrité cellulaire, la biomasse et l'efficacité d'utilisation de l'eau des variétés de blé dur (*Triticum turgidum* L. var durum) conduites sous contraintes hydrique. *Recherche Agronomique, INRA.*, 21: 37-47.
- Bensalem M., Vierra Da Siva J.B., 1997.** Paramètres morphologiques de sélection pour la résistance à la sécheresse des céréales. Les colloques n. 64. Ed. INRA Paris, pp: 275-298.
- Bergmann, D. C, 2004** Integrating signals in stomatal development *Current Opinion in Plant Biology* 2004, 7:26–32 www.sciencedirect.com
- Berthet J., 2006.** Dictionnaire de biologie. De Boeck et Larcier s. a. 1ère édition.
- Bhullar SS, Jenner CF.,1985.** Differential responses to high temperature of starch and nitrogen accumulation in the grain of four cultivars of wheat. *Aust. J. Plant Physiol.*, 12: 363-75.
- Bishop-Hurley G.J., and R.L. Kallenbach., 2001.** The economics of grazing beef cows during winter. p. 274. In T. Terril (ed.) *Proc. Am. Forage Grassland Council*, Springdale, AR. 22–25 Apr. 2001. AFGC, Georgetown, TX.
- Blade S. F., K. Lopetinsky, T. Buss, P. Laflamme, R. El Hafid, R. Bjotklund, and N. Clark., 2002.** Mixed Cropping of Peas and Cereals for Silage Production. Special Report, Northern Diversification of Crops, AAFRD, Fort Saskatchewan, Alberta.
- Blount, A. R., Myer, B., Mackowiak, C., and Barnett, R.,2017b.** Triticale as a Forage Crop for the Southeastern United States. Gainesville, FL: University of Florida.
- Blum A, B. Sinmena, O Ziv., 1980.** An evaluation of seed and seedling drought tolerance screening tests in wheat. *Euphytica*, 29(3): 727–736.
- Blum A., 1996.** Crop responses to drought and interpretation of adaptation .*Plant Growth Regulation*, 20, pp: 135-148
- Blum A., 1988.** Plant breeding for stress environments. Boca, Roton, 4. CRC. Press.
- Blum, A., 2014.** The abiotic stress response and adaptation of triticale A review. *Cereal Res. Commun.* 42, 359–375. doi: 10.1556/CRC.42.2014.3.1
- Blum, A. et Nguyen, C.Y.,1997.** The effect of plant size on wheat response to agents of drought stress. II.

Water deficit, heat and ABA. *Plant Physiology*, 24: 35–41

-Blum, A., N. Klueva and H. Nguyen., 2001. Wheat cellular thermotolerance is related to yield under

-Blum, A., N. Klueva., Ebercom, A., 1981. Cell membrane stability as a measure of drought and heat tolerance in wheat. *Crop Sci.*, 21 : 43-7.

-Bois J. F. et Couchat Ph.,1985. Incidence d'une carence hydrique sur la transpiration et les échanges de CO₂ de quelques variétés de riz (*Oryza sativa*). *Bul. Soc. lettres bot.* pp283-288

-Bona, L., 2004. Triticale in Hungary. In: Mergoum, M., Gómez-Macpherson, H. (eds), *Triticale Improvement and Production*. FAO Plant Production and Protection Paper no. 179. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. pp. 119–122.

-Bonachela, S., F. Orgaz, and E. Fereres., 1995. Winter cereals grown for grain and for the dual purpose of forage plus grain I. Production. *Field Crops Res.* 44:1–11. doi:10.1016/0378-4290(95)00045-1

-Boros D., 2002 . Physicochemical Indicators Suitable for Triticale Selection with High Nutritional Value. In E. Arseniuk (Ed.), *Proceedings of the 5th International Symposium on Triticale*, Radzikow, Poland, June 30 - July 5, 2002, Vol. I, p. 239. Radzikow, Poland, Plant Breeding and Acclimatization Institute.

-Boufenar-Zaghouane F., Zaghouane O., 2006. Guide des principales variétés de céréales à paille en Algérie (blé dur, blé tendre, orge et avoine). ITGC d'Alger, 1ère Ed, 152p.

-Boutonnet J.P., Ould Said A., Benseddik B., 1990. La production de viande ovine en Algérienne est- elle encore issue des parcours steppiques ? IV th international range land congres : 906-908.

-Bouzerzour H.,1990. Caractéristiques d'adaptation des orges destinées aux hauts plateaux sétifiens. *Céréaliculture*, 23 : 11 – 18.

-Bouzerzour H.,1992. Synthèse des essais menés dans le cadre du thème d'écophysiologie de l'orge. Document interne, ferme expérimentale agricole, ITGC, Sétif, 21p.

-Bouzerzour H., Benmahammed A., Hassous K.L., 1997. Variabilité génétique, héritabilité et corrélation entre caractères mesurés sur orge en milieu semi-aride. *Céréaliculture*, n° 30. PP 11 – 15.

-Bouzerzour H., Benmohammad A., 1994. Environmental factors limiting barley grain yield in the high plateau of eastern Algeria. *Rachis*, 7 : 11 – 14

-Bouzerzour H., Djekoun A., Benmohammed A., Hassous K.L.,1998. Contribution de la biomasse aérienne, de l'indice de récolte et de la précocité au rendement en grain de l'orge (*Hordeum vulgare* L.) en zones semi arides d'altitudes. *Cahiers d'études et de recherche francophone. Agriculture, méthodes et techniques*, (7) 4 : 3-7

-Bouzerzour H., Zerargui H., Dekhili M., 1995. Relationships among duration of vegetative and grain filling periods, yield components and grain yield in durum wheat. *Awamia*, 75 : 15- 23.

-Bouzerzour, H., Dekhili, M., 1995. Heritability, gains from selection and genetic correlation for yield of barley grown in two contrasting environments. *Field Crops Res.*, 41:173-178.

-Boyer P., 1987: Plant productivity and environment. *Science* 218 : 443-448

- Brignall, D. M., Ward, M. R., Whittington, W. J., 1988. Yield and quality of triticale cultivars at progressive stages of maturity. *The Journal of Agricultural Science*, 111(1), 75–84.

<https://doi.org/10.1017/S0021859600082836>

- Broicher., 1999.** Triticale production in the prairies of western Canada. Diplomarbeit (academic thesis), University of Kassel Advantages of triticale as seen by triticale growers
- Brisset F., Repoux M., Ruste J., Grillon F., Robaut F., 2008.** Microscopie électronique à balayage et Microanalyses EDP Sciences ISBN: 978-2-7598-0082-7
- Brufau de Barberà J., 1990.** "Utilisation de l'orge dans l'alimentation des volailles en Espagne," Options méditerranéennes, sér. A/N° 7, 1990.
- Buchanan-Wollaston, V., 1997.** The Molecular Biology of Leaf Senescence. Journal of Experimental Botany, 48, 181-199.
- Butler, L. K. and Tibbitts, T. W.,1979.** Stomatal mechanisms determining genetic resistance to ozone in *Phaseolus vulgaris* L. J. Am. Soc. Hortic. Sci. L04: 213-216.
- Cakmak, I., Torun, B., Erenoçlu, B., Öztürk, L., Marschner, H., Kalayci, M., Ekiz, H., Yilmaz, A., 1999.** Morphological and physiological differences in the response of cereals to zinc deficiency. Euphytica 100:349–357.
- Carmo-Silva, E., Ralhoj, P.J., Scales, J.C., Driever, S.M., Mead, A., Lawson, T., Raney C.A., Parry, M.A., 2017.** Phenotyping of field-grown wheat in the UK highlights the contribution of light response of photosynthesis and flag leaf longevity to grain yield. Journal of Experimental Botany, 68(13), 3473-3486.
- Cazzato, E., V. Laudadio, and V. Tufarelli., 2012.** Effects of harvest period, nitrogen fertilization and mycorrhizal fungus inoculation on triticale (*× Triticosecale* Wittmack) forage yield and quality. Renew. Agric. Food Syst. 27:278–286. doi:10.1017/ S1742170511000482
- Ceccarelli S., Grandi S., Bailey E., Amri A., El Felah M., Nassif F., Rezgui S., Yahiaoui A., 2001.** Farmer participation in barley breeding in Syria, Morocco and Tunisia. Euphytica (3) 122 : 521 – 536.
- Ceulemans R, Impens I, Steenackers V., 1984.** Stomatal and anatomical leaf characteristics of 10 *Populus* clones, Canadian Journal of Botany, , vol. 62 (pg. 513-518)
- Chaker A., Brinis L., 2005.** Etude de l'impact de deux chocs thermiques (froid à 10°C et chaleur à 40°C) sur l'intégrité membranaires du blé dur. Céréaliculture N°44– 1er trimestre: 30- 35.
- Chapman B, Salmon D, Dyson C, Blacklery K., 2005.** Triticale production and utilization manual spring and winter triticale for grain, forage and value added agric.gov.ab.ca department/ deptdocs.nsf/2005triticale manual.pdf.
- Chehat F., Djenane A., Jouve M.A.,1993.** Les stratégies de mise en marché des céréales par les agriculteurs dans la région de Sétif. Rapport SEFCA. T III. 25p
- Chenafi, H., Aïdaoui, A., Bouzerzour, H., Saci, A., 2006.** Yield response of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivar Waha to deficit irrigation under semi-arid growth conditions. Asian J Plant Sci., 5: 854-860.
- Christensen, J. H., Hewitson, B., Busuioc, A., Chen, A., Gao, X., Held, R., . . . Laprise, R., 2007.** Regional climate projections Climate Change, 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working group to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, University Press, Cambridge, Chapter 11 (pp. 847-940).
- Christopher Kirchev M. 2019 :** TRITICALE Monographie ISBN 978-619-90861-5-5 Plovdiv, 2019
- Ckhart.NA. (2002).** Abscisic acid biosynthesis gene underscores the complexity of sugar, stress, and

hormone interactions. *Plant Cell*, 14: 2645-2649.

-Clarke J.M, Ronald M.D, Fred T.S., 1992. Evaluation of Methods for Quantification of Drought Tolerance in Wheat, *Crop Physiology journal*, Volume32, Issue3 723-728p

-Clarke J.M. et Mc Craig T.N., 1982. Evaluation of techniques for screening for drought resistance in wheat. *CropSci.*, 22:503-506p.

-Claudio Rojas G., Adrián Catrileo S., Moisés Manríquez B. et Francisco Calabí F., 2004. An evaluation of the cutting stage on triticale (*X Triticosecale* Wittmack) for silage¹ *Agricultura Técnica*. vol.64 no.1doi: 10.4067/S0365-28072004000100004 ISSN 0365-2807

-Collinson, S., Clawson, E., Azam-Ali, S., and Black, C., 1997. Effects of moisture deficits on the water relations of bambara groundnut (*Vigna subterranean* L. Verdc.). *J Exp Bo.*, 48 : 877-84.

-Cooper, P. J. M., Keating, J. D. H., and Hughes, G., 1983. Crop evapotranspiration – technique for calculation of its components by field measurements. *Field Crops Res.*, 7: 299-312.

-Çulha Erdal, Ş., and Çakırlar, H., 2014. Impact of salt stress on photosystem II efficiency and antioxidant enzyme activities of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars. *Turkish Journal of Biology.*, 38: 549-560.

-Darbyshire, B. 1974: The function of the carbohydrate units of tree fungal enzymes in their resistance to dehydration. *Plant Physiol.*, 54: 717-721

-Day A.D., Thompson R.K., Mc Caughey W.F., 1968. Effects of clipping on the performance of spring barley (*Hordeum vulgare* L.) seeded in October. *Agronomy Journal*, 60 : 11-12

-De Boer F. and Bichel H., 1988. Evaluation of Livestock Feeding in Europe. E.A.A.P. Publication. No. 37. Elsevier, Amsterdam: 249-278.

-De Raissac M., 1992. Mécanismes d'adaptation à la sécheresse et maintien de la productivité des plantes cultivées. *Agro Trop*. 46 : 29-39

-De Ruiter, J., R. Hanson, A. S. Hay, K. W. Armstrong, and R. D. Harrison-Kirk., 2002. Whole-crop cereals for grazing and silage: Balancing quality and quantity. *Proc. N. Z. Grassl. Assoc.* 64:181–190.

-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.

-Đekić V., M. Milovanović, Đ. Glamočlija, M. Staletić., 2009. Possibility of Triticale Use in Animal Nutrition. XXIII Agronomists, Veterinarians, and Technologists Meeting, Belgrade, Collection of Scientific Articles 15: (1-2), 39-48

-De Costa CT, Albuquerque ACS, do Nascimento A Jr et al., 2007. Genetic diversity of Brazilian triticales evaluated with genomic wheat microsatellites. *Pesq Agrop Brasileira* 42:1577–1586. doi.org/10.1590/S0100-204X2007001100009

-Demarquilly C., Andrieux J.P., 1998. Les fourrages. Alimentation des bovins, ovins et caprins. Jarrige R. (Ed.) INRA Eds., Paris : 315-335

-Dhanda, S. S., Munjal, R., 2012. Heat tolerance in relation to acquired thermotolerance for membrane lipids in bread wheat. *Field Crops Research*. 135:30–37

-Diehl, J. F., 1975. Thiamin in bestrahlen Lebensmitteln. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* 158:83.

- Djekoun A., Planchon C., 1992.** Stomatal conductance, photosynthesis and acetylene reduction rate in soybean genotypes Can. J. Plant Sci. 72: 383-390
- Djekoun A., Ykhlef N., 1996.** Déficit hydrique, effets stomatiques et nonstomatiques et activité photosynthétique chez quelques génotypes de blé tétraploïdes. Dans : 3ème Réunion du Réseau SEWANA, de Blé Dur, IAV Hassan II, 6-7 décembre 1996
- Dobrenz, A. K., Neal Wright' L., Humphrey' A. B., Massengale, M. A. and Kneebone' W. R., 1969.** Stomate density and its relationship to water-use efficiency of Blue Panicgrass (*Panicum antidotale* Retz.). Crop Sci. 9:354-357
- Doorenbos, J., Kassam, A.H., & Bentvelsen, C.I.M., 1979.** Yield Response to Water. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome, Italy, pp. 193.
- Doré, C. ; Varoquaux, F., 2006.** Histoire et amélioration de cinquante plantes cultivées. Éditions Quae, 840 p. <http://www.quae.com/fr/r183-histoire-et-amelioration-de-cinquante-plantes-cultivees>.
- Droushiotis D.S., 1984.** : Effect of grazing simulation on forage hay and grain yield of spring barleys in a low rainfall environment. Journal of Agricultural Science, Cambridge, 103 : 587-594
- Du Jinyou., Xiaoyang Chen. et Wei Li., 2004.** Osmoregulation mechanism of drought stress and genetic engineering strategies for improving drought resistance in plants Forestry Studies in China 6(2):56-62 DOI:10.1007/s11632-004-0021-5
- Dubos, C. 2001** : Réponse moléculaire de jeunes plants de pin maritime soumis à un stress
- Dunn P.R., Axelsen A.C., Edwards B.H., 1977.** The grain yield of winter grazed crops. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry, 17: 452-461
- Dunphy D.J., McDaniel M.E., Holt E.C., 1982.** Effect of forage utilization on wheat grain yield. Crop Science, 22 : 106 – 109
- Dunphy, D. J., E.C. Holt, and M.E. McDaniel., 1984.** Leaf area and dry matter accumulation of wheat following forage removal. Agron. J. 76:871-874.
- Durand, J. L., 2007.** Les effets du déficit hydrique sur la plante : aspects physiologiques
- Dvorak and D. B. Fowler., 1978.** Hardiness Potential of Triticale and Tetraploid Rye crop science, vol. 18,
- Edwards, J. T. B. F. Carver, G.W. Horn, et M. E. Payton., 2011.** Impact of Dual-Purpose Management on Wheat Grain Yield Crop Sei. 51:2181-2185 (2011). doi: 10.2135/cropsci2011.01.0043
- EL FAKHRI M. , MAHBOUB S. , BENCHEKROUN M. , NSARELLAH N., 2012.** Grain filling and stem accumulation effects on durum wheat (*Triticum Durum* Desf.) yield under drought, Nature & Technology Journal,73-73 p.
- El Jaafari, S., et Paul, R., 1993.** Accumulation foliaire de proline et résistance à la sécheresse chez le blé (*Triticum aestivum* L). Arch Int Physiol Biochem Biophys., 101: B8.
- El Midaoui, M., Benbella, M., Aït 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-Hakimi, A., Monneveux, P., & Galiba, G., 1995.** Soluble sugars, proline, and relative water content as traits for improving drought tolerance in *Triticum durum*.

- El-shatnawi, m. K. J., Al-Qurran, I. Z., Ereifej, k. I., & Saoub, h. M., 2004.** Management optimization of dual-purpose barley (*Hordeum spontaneum* C. Koch) for forage and seed yield. *Rangeland Ecology & Management*, 57(2), 197–02. doi:10.2111/1551-5028(2004)057[0197:moodbh]2.0.co
- Erchidi A.E., Benbella M., Talouizte A., 2000.** Relation entre certains paramètres contrôlant les pertes en eau et le rendement en grain chez neuf variétés de blé dur soumises au stress hydrique. *Options méditerranéennes, série A (Séminaires méditerranéens)*40, pp: 279-282.
- Estrada-Campuzano Gaspar, Gustavo A. Slafer b, Daniel J. Miralles a,c., 2012.** Differences in yield, biomass and their components between triticale and wheat grown under contrasting water and nitrogen environments *Field Crops Research* 128 (2012) 167–179
- FAO., 2020.** World Food and Agriculture Statistical Yearbook 2020. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. Italy.
- FAO., 2005.** Food and Agriculture Organization Données. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome. [<http://faostat.external.fao.org/default.jsp>](accès le 30/08/2023).
- FAO., 2021.** Food and agriculture organization of the United Nations. <http://faostat.fao.org>
- FAO., 2023.** Food and agriculture organization of the United Nations. <http://faostat.fao.org>.
- Farid M, Hussein S R, Ibrahim L, El Desouky M A, ELSayed A and Saker M.,2014.** Shoot regeneration, biochemical, molecular and phytochemical investigation of *Arum palaestinum* Boiss *African journal of Biotechnology*
- Farissi M., Bouizaren A. et Ghoulam C., 2014.** La symbiose légumineuse – rhizobia sous Conditions de salinité : aspect agro-physiologique et Biologique de tolérance. *Innovative space of scientific research journal*. Vol. 11. P : 99.
- Farooq, A R, Nusrullah K And Hafizur R., 2011.** Fruit Growth And Development In Three Cultivars Of Citrus: Orange, Kinnow And Feutrall's Early *Fuuast J. Biol.*, 1(2): 145-147
- Farooq, M., M. Habib, A. Rehman, A. Wahid and R. Munir., 2011b.** Employing aqueous allelopathic extracts of sunflower in improvingsalinity tolerance in rice. *J. Agric. Soc. Sci.*, 7: 75 –80
- Farquhar G.D., O'Leary M.H., Berry J.A., 1982.** On the relationship between carbon isotope discrimination and the intercellular carbon dioxide concentration in leaves. *Australian Journal of Plant Physiology* 9, 121–137.
- Farquhar GD, Richards RA., 1984.** Isotopic composition of plant carbon correlates with water-use-efficiency of wheat genotypes. *Australian Journal of Plant Physiology* 11: 539–552
- Fellah, A., Bouzerzour, H., Benmahammed, A., Djekoun ,A., 2002.** Sélection pour améliorer la tolérance aux stress abiotiques chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.). *Actes IAV Hassen II*
- Fieser, B. G., G. W. Horn, J. T. Edwards, and E. G. Krenzer., 2006.** Timing of grazing termination in dual-purpose winter wheat enterprises. *Prof. Anim. Sci.* 22:210–216
- Fischer R.A., Maurer R., 1978.** Drought resistance in spring wheat cultivars. 1. Grain yield responses. *Aust. J. Agric. Res.* 29, 897–912.
- Fokar M, Blum A, Nguyen HT., 1998.** Heat tolerance in spring wheat. II. Grain filling. *Euphytica* **104(1)**, 9-15

- Fox R. L., S. J. Logue, and J. K. Eglinton., 2001.** Fermentable Sugar Profile as an Alternative to Apparent Digestibility Limit for Selection in Barley Improvement. Technical Symposium on Australian Barley. University of Adelaide, Department of Plant Sciences, PMB 1, Glen Osmond, SA, 5064, Australia, 1-5.
- Francia, E., Pecchioni, N., Nicosia, O.L.D., Paoletta, G., Taibi, L., Franco, V., et al., 2006.** Dual-purpose barley and oat in a Mediterranean environment. *Field Crops Res.* 99 (2), 158–166
- Francois, T. J. Donovan, Maas E. V., Rubenthaler G. L. 1988:** Effect of Salinity on Grain Yield and Quality, Vegetative Growth, and Germination of Triticale *Agronomy Journal* 80 (4) DOI:10.2134/agronj1988.00021962008000040019x
- French, R.J., Schultz, J.E., 1984.** Water use efficiency of wheat in a Mediterraneantype environment. I. The relation between yield, water use, and climate. *Australian Journal of Agricultural Research*, 35(6), 743-764.
- Furman BJ, Qualset CO, Skovmand B et al.,1997.** Characterization and analysis of North American triticale genetic resources. *Crop Sci* 37:19511959
- Gaff, D. F., 1980.** Protoplasmic tolerance of extreme water stress. In : Turner, N. C., and Kramer,P. Jeds. *Adaptation of plants to water and high temperature stress.* Wiley, NY, 207-230.
- Gallais A., 2011.** Méthodes de création de variétés en amélioration des plantes. Editions Quæ. 278 pages.
- Gan, S., Amasino, R.M., 1997.** Making Sense of Senescence (Molecular Genetic Regulation and Manipulation of Leaf Senescence). *Plant Physiology*, 113(2), 313–319.
- Garcia del Moral L. F., Boujenna A., Yanez J. A, and Ramos J. M.,1995.** Forage Production, Grain Yield, and Protein Content in Dual-Purpose Triticale Grown for Both Grain and Forage *AGRONOMY JOURNAL*, VOL. 87, SEPTEMBER-OCTOBER DOI: 10.2134/agronj1995.00021962008700050021x
- García del Moral, L.F.,1992.** Leaf area, grain yield and yield components following forage removal in triticale. *J. Agr. Crop Sci.* 168:100-107.
- Gate P., Bouthier A., Casablanca H. et Beleens E., 1992 :** Caractères physiologiques décrivant la tolérance à la sécheresse de blé cultivés en France. Interprétation des corrélations entre le rendement et la composition isotonique du carbone des graines. Montpellier. France
- Gate P., Grimaud L.,1989.** L'épi de blé à la floraison : un outil remarquable pour l'analyse et la prévision du nombre de grains. *Persp. Agric*, 132: 18-30.
- Gate, P. H., 1995.** *Ecophysiologie du blé; Technique et documentation:* Lavoisier, Paris, 429 p.
- Gay et Bloc., 1992.** La tolérance au stress chez le maïs. *Persp.Agri* 175 : 100-106.
- Geddes W.F.,1944.** "The chemistry and technology of food products," Vol. II, Ed. By Morris B., Jacobs. Intrescience publishers, 1944, I.N.C,-N.Y.
- Gill, S. S., Nandpuri, K. S., 1978.** Thedowny mildew incidence as affected by a number of stomata in muskmelon cultivars. *Science and Culture* 4:372-373.
- Gillet M., 1980.** Les graminées fourragères : description, fonctionnement, application à la culture de l'herbe. « Collection Nature et Agriculture », Ed. Gauthier Villars : 42-70
- Gillet M., Lemaire G., Gosse G., 1984.** Essais d'élaboration d'un schéma global de la croissance des graminées fourragères. *Agronomie*, (4) 1 : 75-82

- Grennan A.K.,2006.** Plant Response to Bacterial Pathogens. Overlap between Innate and Gene-for-Gene Defense Response, *Plant Physiology*, Volume 142, Issue 3, November 2006, Pages 809–811
- Grillot., 1959.** La classification des orges cultivées. Au. Am. Plantes, 4. P : 446-486.
- Guendouz, A., Maamari, K., 2011.** Evaluating durum wheat performance and efficiency of senescence parameter usage in screening under Mediterranean conditions. *Electronic Journal of Plant Breeding*, 2(3), 400-404.
- Guendouz, A., Hafsi, M., Khebbat, Z., Moumeni, L., Achiri , A., 2014.** Evaluation of Grain yield, 1000 kernels weight and Chlorophyll Content As Indicators for Drought Tolerance In Durum Wheat (*Triticum durum* Desf.). *Advance in Agriculture and Biology.*, 2 (2): 89- 92.
- Guettouche, R. (1990).** Contribution à l'identification des caractères morphophysologiques d'adaptation à la sécheresse chez le blé dur (*Triticum durum* Desf). Thèse diplôme d'agronomie approfondie.
- Habtamu Ayalew, Tadele T. Kumssa, Twain J. Butler and Xue-Feng Ma., 2018.** Triticale Improvement for Forage and Cover Crop Uses in the Southern Great Plains of the United States *Front. Plant Sci.* 9:1130. doi: 10.3389/fpls.2018.01130
- Hadjichristodoulou, A., 1985.** Stability performance of cereals in low rainfall areas as related to adaptative traits. In : drought tolerance in winter cereals. Srivastava J.P., Porceddu E., Acevodo E., Varma S. (éd). John Wiley and sons. UK: 191 -200 p
- Hadjichritodoulou A. (1983) :** Dual purpose barley. Technical bulletin of Agricultural Research Institut, Nicosia, Cyprus, 46 : 9p.
- Hadjichritodoulou A.,1990.** Stability for 1000 grains weight and its relation with other traits of barley in dry areas. *Euphytica*, 51: 11-17
- Hadjichritodoulou A., 1991.** Dual purpose barley. *Rachis*, 10 : 13--16
- Hadjichritodoulou A., 1995.** Self residing pasture barley for Mediterranean dry land. *Experimental Agriculture*, 31: 361-370
- Hafsi, M., and Guendouz, A., 2012.** Some Aspects of Leaf Senescence. In Tetsuji Nagata, *Senescence*, IntechOpen, pp. 107-116. DOI: 10.5772/32787.
- Hafsi, M., Mechmeche, W., Bouamama, L., Djekoune, A., Zaharieva, M., Monneveux, P.,2000.** Flag leaf senescence as evaluated by numerical image analysis and its relationship with yield under drought in durum wheat. *J. Agronomy and Crop Sci.*, 185: 275-280.
- Hajighasemi, S.; Keshavarz-Afshar, R.; Chaichi, M. R., 2016.** Nitrogen Fertilizer and Seeding Rate Influence on Grain and Forage Yield of Dual-Purpose Barley *Journal:Agrology Journal*_DOI: 10.2134/agronj2015.0447:The American Society of Agronomy Volume: 108 Issue: 4 Pages:1486
- Hakimi M., 1989.** Les systèmes traditionnels basés sur la culture de l'orge. Proc. Symp. On the agro meteorology of rainfed barley based farming system. Eds WMO/ ICARDA : 179 – 183
- Hakimi, M., 1993.** L'évolution de la culture d'orge: Le calendrier climatique traditionnel et les données Agro- météorologiques modernes. In: The Agro meteorology of Rainfed Barley-based Farming Systems. Proc. Symp. WMO ICARDA. Tunis March 1989, 157-166.
- Halford, N.G., 2009.** New insights on the effects of heat stress on crops. *Journal of Experimental Botany*,

60(15), 4215-4216.

- **Hamadache A., 2001 b.** Les alternatives possibles à la jachère en relation avec le milieu physique et socio économique. Ecosystèmes (1) 1 : 13-18. Revue éditée par le laboratoire Eco développement des espaces. Université Djillali Liabés de Sidi Bel Abbés.

-**Hamrit S., 1995.** Situation des fourrages en Algérie. Al Awamia, 89 : 97-108.

-**Haque, M. E., Sufian, M. A., Waddington, S. R., Sarker, Z. I., Sarker, N. R., Meisner, C. A., 2007.** Triticale is a quality fodder, feed and food for small-scale farmers in Bangladesh. *In*: Proceedings of the 6th International Triticale Symposium, 3-7 September 2006, Stellenbosch, South Africa. Forthcoming

-**Harrath N., 2003.** Analyse génétique de l'intégrité cellulaire et de la vitesse de dessèchement foliaire chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.). Thèse de Magister. Institut des sciences de la nature, Centre Universitaire Larbi Ben Mhidi, OEB, 50 pages

- **HCDS 2010** Haut Commissariat de Développement de la steppe. Rapport d'action. Doc. Ronéotypé, 36 p.

-**Heba Sabry., Attia Salama1., 2019.** Dual Purpose Barley Production in the Mediterranean Climate: Effect of Seeding Rate and Age at Forage Cutting. International Journal of Plant Production. Springer Nature Switzerland AG doi:10.1007/s42106-019-00054-8

-**Heckenberger U, Roggatz U, Schurr U., 1998.** Effect of drought stress on the cytological status in *Ricinus communis*. Journal of Experimental Botany 49, 181–189.

-**Henchi, B., 1987.** Effets des contraintes hydriques sur l'écologie et l'écophysiologie de *Plantago albicans*. L. Thèse de doctorat d'État, univ Tunis.

-**Hikosaka, K., Ishikawa K., Borjigidai A., Muller O., Onoda Y., 2006.** Temperature acclimation of photosynthesis: mechanisms involved in the changes in temperature dependence of photosynthetic rate. J. Exp. Bot. 57:291–302.

-**Hochman, Z., 1982.** Effect of water stress with phasic development on yield of wheat grown in a semi-arid environment. Field Crops Research, 5, 55-67.

-**Hoffmann, A., Maurer, A., Pillen, K., 2012.** Detection of nitrogen deficiency QTL in juvenile wild barley introgression lines growing in a hydroponic system. BMC Genetics, 13, 88.

-**Holliday, R., 1956.** Fodder production from winter sown cereals and its effect upon grain yield. Field Crop Abstracts 9: 129-135, 207-213 sown cereals and its effect upon grain yield. Field Crop Abstracts 9: 129-135, 207-213

-**Hopkins, W. G., 2003.** Physiologie végétale. 2ème édition. De Boeck, Bruxelles: 61-476.

-**HUBER L., 2007.** Bioclimatologie. Concepts et applications de santé de Parcevaux. P : 246.

-**Hülkamp, M., Schnittger, A., Folkers, U., 1999.** "Pattern formation and cell differentiation: trichomes in Arabidopsis as a genetic model system". International Review of Cytology. **186**: 147–178. doi:10.1016/S0074-7696(08)61053-0. ISBN 9780123645906. ISSN 0074-7696. PMID 9770299

-**Hussain A, Qarshi IA, Nazir H, Ullah I., 2012.** Plant tissue culture: current status and opportunities. In: Leva A, Rinaldi LMR (eds) Recent advances in plant in vitro culture. InTech, Rijeka, pp 1–28. <https://doi.org/10.5772/52760>

-**INSID., 2012.** Institut national des systèmes d'irrigation et de drainage : Carte des pluies moyennes du nord

de l'Algérie.

-Intergovernmental Panel on Climate Change., 2007. Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II, and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

-Issolah R., Beloued A., 2005. the fodder legumes in Algeria: Distribution, Endemism and utilization. proceeding of the International conference on promoting community-

-Jacobs, J.L., Hill, J., Jenkin, T., 2009. Effect of different grazing strategies on dry matter yields and nutritive characteristics of whole crop cereals. *Anim. Prod. Sci.* 49 (7), 608–618.

-Jebbouj et Elyousfi., 2006 :Contribution des trois feuilles supérieures de l'orge défoliées tout le cycle de croissance au rendement et comparaison entre la défoliation et les inoculations successives par *Pyrenophora teres*. ALAWAMIA. Maroc. Vol. 3 N° 1. P : 25.

-Jessop, R. S., 1996. “Stress tolerance in newer triticales compared to other cereals,” in *Triticale: Today and Tomorrow. Developments in Plant Breeding*, Vol. 5, eds H. Guedes-Pinto, N. Darvey, and V. P. Carnide (Dordrecht: Springer), 419–427.

-Jestin L., 1992. L'orge. In *amélioration des espèces végétales cultivées*. INRA, Paris. PP 55 – 70.

-Kabouche S., Bouzerzour H., Benmahammed A., Hassous K.L., 2001. Les nouvelles variétés d'orge et les risques climatiques des hautes plaines de l'Est : cas de la région de Sétif. *Céréaliculture*, n° 35, 1^{ier} semestre. PP 4 - 12

-Keith G. Briggs, Ph.D., P.Ag., 2001. A study on The Growth Potential of Triticale in Western Canada A report that outlines the characteristics and potential of triticale as a crop in W. Canada, and identifies the barriers to reaching this potential March, 2001 GrainTek, 10903 – 35 Avenue Edmonton, Alberta T6J 2V2 Ph/Fax 780-434-4472

- Naveed K., Ayyaz Khan M., Safdar Baloch M., Khan N ., Amjad Nadim M., 2013. Effect of time of nitrogen application on morphological and physiological attributes of dual-purpose wheat *Pak. J. Bot., 45(4): 1299-1305, 2013*

-Khalil, I. H., Carver, B.F., Krenzer, E.G., MacKown, C. T. & Horn, G.W., 2002. Genetic trends in winter wheat yield and test weight under dual-purpose and grain-only management systems. *Crop Sci.* 42:710–715.

-Khan, I., Khalil, I.H. and Nisir-ud-Din., 2003. Genetic parameters for yield traits in wheat under irrigated and rainfed environments. *Sarhad. Journal Agriculture* No. 4.

-Khatoon S, Syed Abdul Majid, Asia Bibi, Ghazala Javed, Anila Ulfat, Khatoon et al.,2016. Yield stability evaluation of wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivated on different environments of district Poonch (AJK) Pakistan based upon water-related parameters nternational Journal of Agronomy and Agricultural Research (IJAAR) ISSN: 2223-V8, No. 4, p. 11-21, 2016.

-Kiani p., Talia p., Maury p., Grieu p., Heinz r., Perrault a., Nishinakamasu v., Hoppe., Gentzbittel I., Paniego n. et Sarrafi a., 2007. Genetic analysis of plant water status and osmotic adjustment in recombinant inbred lines of sunflower under two water treatments. *Plant Science* 172. P: 773-787.

-Kim, K.-S., Anderson, J. D., Webb, S. L., Newell, M. A., and Butler, T. J., 2017. Variation in winter forage production of four small grain species-oat, rye, triticale, and wheat. *Pak. J. Bot.* 49, 553–559.

- Kirby E.J.M., Appleyard M., Fellows G., 1985.** Effects of sowing date and varieties on main shoot leaf emergence and number of leaves of barley plant. *Agronomie*, 5 : 117-126
- Klein. H.D., Rippstein. G., Huguenin. J., Toutain. B., Guerin. H., Louppe. D., 2014.** Les cultures fourragères Agriculures tropicales en poche Quæ, CTA, Presses agronomiques de Gembloux 262p.
- Koc M, Barutcular C, Tiryakioglu M ., 2008.** Possible heat-tolerant cultivar improvement through the use of flag leaf gas exchange traits in a Mediterranean Environment. *J. Sci. Food Agric. Res.*, 88: 1638- 1647
- Kowieska A., R. Lubowicki, I. Jaskowska., 2011.** Chemical Composition and Nutritional Characteristics of Several Cereals. *Acta Sci. Pol., Zootechnica*, 10 (2): 37-50.
- Krause G. Heinrich and Engelbert Weis., 1984.** Chlorophyll fluorescence as a tool in plant physiology. In: Interpretation of fluorescence signals *Photosynthesis Research* 5, 139-157 (1984) © 1984 Martinus Ni/hoff/Dr W. Junk Publishers, The Hague. Printed in the Netherlands
- Krupinska, K., Humbeck, K., 2004.** Photosynthesis and chloroplast breakdown (Review). In: Noo'den LD (ed) *Plant cell death processes*. Elsevier, San Diego, CA, pp 169–188
- LABDELLI A., 2011.** Etude des effets des variations morpho-structurales du système racinaire pour la tolérance à la sécheresse du blé dur (*Triticum durum* Desf.). Magister en physiologie végétale. Université d'Oran ES-SENIA. P : 120.
- Lal R, Kimble JM, Levine E, Stewart BA., 1995.** Soils and global change. Florida: CRC/Lewis; 1995. ed. by - Boca Raton [etc.]: Lewis publ., cop. 1995. - 440, - (Advances in soil science).; ISBN 1-56670-118-X p. 131 – 41.
- Lamaze, T., Tusch, D., Sarda, X., Grignon, C., Depigny-This, D., Monneveux, P., Belhassen, E.,1994.** Résistance de plantes a la sécheresse: mécanismes physiologiques. *Le sélectionneur Français*, 45: 75-85.
- Lasseret V., 2000.** Les céréales ensilées pourquoi pas ? *Jeunes Agriculteurs*, 551 : 8-9.
- Lawlor D.W., 1987b.** Photosynthesis metabolism, control and physiology. Longman Scientific and technical, longman Group UK Ltd, England.
- Lawlor D.W., 1994.** Physiological and biochemical criteria for evaluating genotypic
- Lebiedzinska A. and Szefer P., 2006.** B Vitamins in Grains, Cereal Products, Soy-Based Products, and Seeds. *Food Chemistry*, 95: 116-122.
- Leclerc JC., 1988.** Ecophysiologie végétale. Editions l'université de Saint Etienne. 350 p.
- Lemaire G.,1991.** Physiologie des graminées fourragères : croissance. *Techniques Agricoles*, 78 : 3-18.
- LEVITT J., 1972.** Responses of plants to environmental stress. Vol.: 2. Academic press. New York. P: 697.
- Linné., 1975., in Benmahammed., 1996.** Association et héritabilités de quelques caractères à variation continue chez l'orge (*Hordeum vulgare* L.). Thèse de magister, INA, El Harrach. 80 p.
- Liu, W., Maurer, H. P., Leiser, W. L., Tucker, M. R., Weissmann, S., Hahn, V., et al.,2017.** Potential for marker-assisted simultaneous improvement of grain and biomass yield in triticale. *Bioenergy Res.* 10, 449–455. doi: 10.1007/s12155-016-9809-0
- Lorenz K., 2003.** TRITICALE. *Encyclopedia of Food and Nutrition Sciences*, 5873-5877.
- Maatallah S, Hajlaoui H, F. Boughalleb et Denden M., 2015.** Effet de l'interaction lumière-salinite sur l'activite du photosysteme ii des feuilles excisees de maïs *African Crop Science Journal*, Vol. 23, No. 4, pp. 221 – 226.

- MADR., 2021.** Ministère de l'Agriculture et de Développement Rural, 2021. Statistiques
- MADR., 2006.** Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural serie A 2006
- Makhlouf M., Benmahammed A., Hassous K.L., Bouzerzour H., 2003.** Variabilité génotypique de la réponse à la double exploitation chez l'orge (*Hordeum vulgare* L.) en zone semi-aride. *Céréaliculture*, n° 38, 1er semestre. PP 32 – 39.
- Malki M., Hamadache A., 2002.** Pratique céréalière et savoir traditionnel en Algérie : analyse du proverbe populaire relatif à la pratique céréalière à la lumière des sciences agronomiques modernes. I.T.G.C. 65
- Martines, D.E. and Guamet, J.J., 2004.** Distortion of the SPAD 502 chlorophyll meter readings by changes in irradiance and leaf water status. *Agronomie.*, **24**: 41-46.
- Martinez DE, Bartoli CG, Grbic V and Guamet JJ., 2007.** : Plant senescence and proteolysis: two processes with one destiny Vacuolar cysteine proteases of wheat (*Triticum aestivum* L.) are common to leaf senescence induced by different factors. *J Exp Bot* 58:1099-1107.
- Mathur S, Agrawal D, Jajoo A., 2014.** Photosynthesis: Response to high temperature stress. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology.*;137:116-126
- Mathur, S., Agrawal, D., Jajoo, A., 2014.** Photosynthesis: Response to high temperature stress. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 137, 116–126. doi:10.1016/j.jphotobiol.2014.01.010
- McMaster, G.S., Wilhelm, W., 2003.** Phenological responses of wheat and barley to water and temperature: improving simulation models. *Journal of Agricultural Science*, 141, 129-147.
- Mefi M., Bouzerzour H., Abdelguerfi A. et Nouar H., 2008.** Morphological and Growth Characteristics of Perennial Grass cultivars Grown under Semi- Arid Conditions of the Algerian High Plateaus. *Journal of Agronomy*, Vol. 7 (2): 138-147.
- Mebarkia.A, et Abdelguerfi.A., 2007.** Etude du potentiel agronomique de trois espèces de vesces (*Vicia* spp.) et variabilité dans la région semi-aride de Sétif (Algérie)
- Mekliche Hanifi L., 1983.** Etude agronomique, analyse diallèle et cytogénétique de quatre variétés de blé tendre cultivées en Algérie. Thèse de Magister INA, El Harrach, 150 pages.
- Mekni M.S., Koureih A., 1986.** Barley, its world and production conditions in West Asia and North Africa and neighboring countries. *Rachis*, (3) 2 : 2-8.
- Menad, A., 2008.** Rythme de développement, utilisation de l'eau et rendement de l'orge (*Hordeum vulgare* L.) sous climat méditerranéen. Mémoire de magister, ENSA, El Harrach, 70pp.
- Mergoum et Gomez-Macpherson., 2004.** Improvement and Production of Triticale. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Mergoum M, Pfeiffer WH, Pena RJ et al., 2004.** Triticale crop improvement: the CIMMYT programme. In: Mergoum M, Gomez-Macpherson H (eds) Triticale improvement.
- Mergoum M, Singh PK, Pena RJ et al., 2009.** Triticale: a “new” crop with old challenges. In: Carena MJ (ed) Cereals. Springer, New York, pp 267–287
- Meziani L., Bammoun A., Hamou M., Hrinis L., 1992.** Essai de définition des caractères d'adaptation du blé dur dans différentes zones agronomiques de l'Algérie. France. P : 191-203
- Michela P., Lorenz K., 1974.** Vitamins in Triticale, Wheat, and Rye. *Cereal Chemistry*, 53(6): 853-861.

- Mickelson S, See D, Fletcher D. Meyer, John P. Garner, Curt R. Foster, Tom K. Blake and Andreas M., 2003.** Fischer, Mapping of QTL associated with nitrogen storage and remobilization in barley (*Hordeum vulgare* L.) leaves. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 54, No. 383, pp. 801–812 DOI: 10.1093/jxb/erg084
- Miskin K. E. et Rasmusson D. C., 1970.** Frequency and distribution of stomata in barley. *Crop Sci.* 10:575-578
- Miskin.Koy E., Rasmusson. Donald C et Moss. Dale N., 1972.** Inheritance and Physiological Effects of Stomatal Frequency in Barley *Crop Sci.* 12: 780-783
- miyashita K., tanakamaru S., maitani T., kimura K., 2005.** Recovery responses of photosynthesis, transpiration, and stomatal conductance in kidney bean following drought stress. *Environmental and Experimental Botany*, 53(2), 205–214.
- Mohammadi, V., Quannadha, M.R., Zali, A.A., Yazdi-Samadi, B., 2004.** Effect of post-anthesis heat stress on head traits of wheat. *International Journal of Agricultural Biology*, 6(1), 42-44.
- Monneveux P., Caballier C., Lewicki S., Lafarga A., Sombrero A., Ontanon R., Romagosa I.,1992.** Étude du comportement de lignées d'orge dans différentes conditions de sécheresse en Espagne. Estimation du rôle de l'ajustement osmotique dans l'adaptation à la variabilité environnementale. In *Tolérance à la sécheresse des céréales en zones méditerranéennes* (pp. 217–237). Les colloques, 64, Paris: Inra éditions.
- Monneveux P., et This D., 1997.** La génétique face au problème de la tolérance des plantes cultivées à la sécheresse : espoirs et difficultés. *Sécheresse.*, 8: 29-37
- Morey D. D., 1983.** Amino Acid Composition of Six Cereals and Winter Wheat Forage. *Cereal Chemistry*, 60 (6): 461-464.
- Morgan J.M., 1984.** Osmoregulation and water stress in higher plants. *Ann Rev. Plant.*
- Morgan J.M., Hare R.A., Fletcher R.J., 1986.** Genetic variation in osmoregulation in bread and durum wheats and its relationship to grain yield in a range of field environments.
- Mossab M.,2007.** Contribution à l'étude de l'exploitation à double fin de l'orge *Hordeum vulgare* L. en zones semi-arides d'altitude. Magister, option production de végétale. Université Constantine de Sétif.
- Mossab M.,1991.** Culture à double fin, avec recours à l'irrigation d'appoint de quatre variétés d'orge (*Hordeum vulgare* L.) dans les hautes plaines sétifiennes.
- Mouellef A., 2010.** Caractères physiologiques et biochimiques de tolérance du blé dur (*Triticum durum* Desf.) au stress hydrique. Mémoire magister. Constantine. P : 118
- Mouhouche B., 2001.** Effets du stress hydrique appliqué à différentes phases phénologiques sur les composantes du rendement de quatre légumineuses alimentaires à grosse graine. Doctorat d'état en sciences agronomiques. Institut National Agronomique. El Harrache. Alger. P : 171.
- Muchow, R.C., Sinclair, T.R., 1994.** Nitrogen response of leaf photosynthesis and canopy radiation use efficiency in fieldgrown maize and sorghum. *Crop Sci.* 34, 721–727.
- Mukhametov E. M., Kazanina Ma, Tulikova L. K., Makaseeva O. N., 1996.** Technologie de production et qualité des céréales alimentaires. Minsk "Design-PRO", - P. 6-60.
- Muldoon, D. K., 1986.** Dry matter accumulation and changes in forage quality during primary growth and three regrowths of irrigated winter cereals. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 26, 87-98

- Munsif, F., Zahid M., Arif M, K. Ali and I. Ahmad., 2018. Influence of planting date on yield and quality of sugarcane under the agro-climatic conditions of Mardan. *Sarhad J. Agric.* 34(3): 649-655.
- Mwadzingeni, L., Shimelis, H., Dube, E., Laing, M.D., & Tsilo, T.J., 2016. Breeding wheat for drought tolerance: Progress and technologies. *Journal of Integrative Agriculture*, 15(5), 935-943.
- Nachit, M.M., Picard, E., Monneveux, P., Labhilili, M., Baum, M., & Rivoal, R., 1998. Presentation of an international program for the improvement of durum wheat for the Mediterranean basin. *Cahiers Agricultures*, 7(6), 510-515.
- Nadeau JA, Sack FD., 2002. Control of stomatal distribution on the Arabidopsis leaf surface. *Science* 296(5573), 1697-1700.
- Nautiyal et al., 2002, in Jongrungklang et al., 2013. Jongrungklang, N., Toomsan, B., Vorasoot, N., Jogloy, S., Boote, K.J., Hoogenboom, G., & Patanothai, A. (2013). Drought tolerance mechanisms for yield responses to pre-flowering drought stress of peanut genotypes with different drought tolerant levels. *Field Crops Research*, 144, 34–42.
- Nemmar M., 1980. Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.) en conditions de déficit hydrique. Thèse de magister en Biologie Végétale. P: 4-17
- Nezhadahmadi, A, Proadhan, Z. H., Faruq, G., 2013. Drought tolerance in wheat. *The Scientific World Journal*: 610721. doi: 10.1155/2013/610721.
- Noodén, L.D., Guiamét, J.J., John, I., 1997. Senescence Mechanisms. *Physiologia Plantarum*, 101, 746-753.
- Nouri L., 2002. Ajustement osmotique et maintien de l'activité photosynthétique chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.) en conditions de déficit hydrique. Thèse de magister en Biologie Végétale. P: 4-17
- Nurtjahya, E, Robika, R., Dorly, D., 2011. Can anatomical and physiological characters predict plant adaptation on tin-mined land in Bangka Island? *Mine Closure 2011 — A.B. Fourie, M. Tibbett and A. Beersing (eds) © 2011 Australian Centre for Geomechanics, Perth, ISBN 978-0-9870937-1-4*
doi:10.36487/ACG_rep/1152_09_Nurtjahya
- ONM., 2009. Office National de Météorologie) the local meteorological station
- Ori, N., Juarez, M.T., Jackson, D., Yamaguchi, J., Banowitz, G.M., & Hake, S., 1999. *The Plant Cell*, 11(6), 1073–1080.
- Ortiz, R., Sayre, K.D., Govaerts, B., Gupta, R., Subbarao, G.V., Ban, T., Reynolds, M., Hodson, D., Dixon, J.M., Ortiz, J.I., Ortiz-Monasterio, J.I., Reynolds, M., 2008. Climate change: Can wheat beat the heat? *Agriculture, Ecosystems, and Environment*, 126(1-2), 46-
- Osakabe, Y., Osakabe, K., Shinozaki, K., Tran, L.S., 2014. Response of plants to water stress. *Front Plant Sci* 5:86
- Ouattar, S., Ameziane, T.E., 1989. Les céréales au Maroc: de la recherche a l'amélioration des techniques de production. Casablanca, Morocco, Les Éditions Toubkal. 123 pp.
- Oudina M., Bouzerzour H., 1993. Variabilité du rendement de l'orge (*Hordeum vulgare* L.) sous l'influence du climat des hauts plateaux sétifiens. *In agrometeorology of rainfed barley-based farming systems*. Proceeding of an International symposium (6 – 10 march 1989, Tunis). Ed. Jones M., Marthys G., Rijks D. PP 110 – 120.

- Oudina, M., H. Bouzerzour., Makhoulf, M., 1988.** Variabilité du rendement de l'orge (*Hordeum vulgare* L.) variété Tichedrett sous l'influence du climat des hauts plateaux Sétifiens. In : Proc. Symp Inter. On the Agrometeorology of rainfed barley-based farming systems. Eds WMO / Icarda , 100-119
- Ouknider M., Jacquard P., 1988.** Un modèle d'association graminée – légumineuse : le mélange vesce (*Vicia sativa* L.), avoine (*Avena sativa* L.). *Agronomie* (8) 2 : 97-106
- Oweiss ThY., et H. Zhang., 1998.** Water use efficiency: index for optimizing supplemental irrigation of wheat in water scarce areas. *J. Applied Irrigation Science* 33, 321-336
- Ozkan, H., Yagbasanlar, T., Genc, I., 1998.** Tolerance and stability studies on durum wheat under drought and heat stress conditions. *Cereal Research Communications*, 26, 405- 412.
- Papadakis J.S., 1932.** *Ecologie agricole*. Eds Jules Duculot. Gembloux. 303 pp.
- Passioura, J.B., 1996:** Overview of the processes limiting crop production on du
- Patterson, T.G., Moss, D.N., 1979.** Senescence in field grown wheat. *Crop Science*, 19, 635-640.
- Paulsen G.M, Heysen E.G., 1983.** Grain production of winter wheat after spring freeze injury. *Agro. J.* 75 : 105-107
- Peleg Zvi., Smith R.H., 2022.** Plant responses to abiotic stress combinations <https://plantstress.com/stress-combination/#>
- Peña R.J., 2004.** Food uses of triticale. In: Mergoum M, Gómez-Macpherson H (eds) *Triticale improvement and production*. FAO Plant production and protection paper no. 179. FAO, Rome, pp 37–48
- Pfeiffer W.H., 1994.** Triticale: Potential and State of Research on a Man-Made Crop. In *Basic Materials for External Review of Germplasm Improvement Subprogram*, Ciudad Obregón, Sonora, Mexico, Wheat Program, Mexico, DF, CIMMYT, 82-92.
- Pinchak, W.E., W.D. Worrall, S.P. Caldwell, L.J. Hunt, N.J. Worrall and M. Conoly., 1996.** Interrelationships of forage and steer growth dynamics on wheat pasture. *J. Range Manage.* 49:126–130.
- Pluvinage J., 1996.** Un renouvellement de l'approche du choix et de la conduite des cultures fourragères en zones sèches méditerranéennes, à partir d'observations sur la gestion de l'association agriculture/ élevage dans les exploitations agricoles algériennes. 23-24 juin 1996, Banska-Bistrica (Slovakia). 1-7.
- Porter, J.R., & Gawith, M., 1999.** Temperatures and the growth and development of wheat: A review. *European Journal of Agronomy*, 10, 23-36.
- Poysa V.W., 1985.** Effect of Forage Harvest on Grain Yield and Agronomic Performance of Winter Triticale, Wheat, and Rye. *Canadian Journal of Plant Science*, 65: 879-888.
- Prasil I.T., Vitamvas P., Saalbach G., Capkova V., Opatrna J., Ahmed J., 2007.** WCS120 protein family and proteins soluble upon boiling in cold-acclimated winter wheat. *Journal of Plant Physiology*, 164: 1197-1207.
- Quézel P., Santa S., 1962.** *New flora of Algeria and southern desert regions*. 1962 pp.1170 ppNouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. C.N.R.S, Paris, 2 vol., 1170 p.
- Ramos J.M., Garcia del Moral M.B., Marinetto J., Garcia del Moral L.F., 1993.** Sowing date and cutting frequency effect on triticale forage and grain production. *Crop Science*, (33) 6 :1312 – 1315
- Randhawa, H., Bona, L., and Graf, R., 2015.** “Triticale breeding—progress and prospect,” in *Triticale*, ed.

F. Eudes (New York, NY: Springer), 15–32.

-Rao, S. C., 1989. Regional environment and cultivar effects on the quality of wheat straw. *Agron. J.* 81:939–943. doi:10.2134/agronj1989.00021962008100060018x

- Rebetzke, G.J., A.G. Condon, G.D. Farquhar, R. Appels, R.A. Richards., 2008. Quantitative trait loci for carbon isotope discrimination are repeatable across environments and wheat mapping populations. *Theoretical and Applied Genetics.* 118: 123–137.

-Redmond L.D., Horn G.W., Krenzer Jr. E.G., Bernardo D.J., 1995. A review of livestock grazing and wheat grain yield: boom or bust? *Agronomy Journal*, 87 : 137-147

-Rekika Dj., 1997. Identification et analyse génétique des caractères physiologiques liés au rendement en condition de sécheresse chez le blé dur. Intérêt potentiel des espèces sauvages apparentées pour l'amélioration de ces caractères. Thèse de Doctorat. ENSA de Montpellier. 158 p.

-Reynolds MP, Balota M, Delgado MIB, Amani I, Fischer RA., 1994. Physiological and morphological traits associated with spring wheat yield under hot, irrigated conditions. *Australian Journal of Plant Physiology* 21: 717–30

-Reynolds MP, Pellegrineschi A, Skovmand B. 2005. Sink-limitation to yield and biomass: a summary of some investigations in spring wheat. *Annals of Applied Biology* 146, 39–49.

-Reynolds, M.P., J.I. Ortiz-Monasterio, and A. McNab (eds.), 2001. Application of Physiology in Wheat Breeding. Mexico, D.F.: CIMMYT.

-Richards, R. A., Rebetzke, G. J., Van Herwaarden, A. F., Dugganb, B. L., Condon, A.G., 1997. Improving yield in rainfed environments through physiological plant breeding. *Dry land Agriculture.*, **36**: 254-266.

-Richards, R.A., Rebetzke, G.J., Condon, A.G., & van Herwaarden, A.F., 2002. Breeding Opportunities for Increasing the Efficiency of Water Use and Crop Yield in Temperate Cereals. *Crop Physiology & Metabolism*, 42(1), 111-121.

-Rodriguez, J.B., D.G. Westfall and G.A. Peterson., 1990. Dry matter and nutrient accumulation and partitioning by proso millet. *Agron. J.* 82: 183-189

-Rodziewicz P, Swarcewicz B, Chmielewska K, Wojakowska A, Stobiecki M., 2014. Influence of abiotic stresses on plant proteome and metabolome changes. *Acta Physiologiae Plantarum.* 2014;36(1):1-19.

-Rojas, C., A. Catrileo, y A. Letelier., 1991. Niveles de triticale en raciones para engorda de novillos Hereford. *Agric. Téc. (Chile)* 51:9-14.

-Rojas, C., Catrileo y A., 1998. Ensilaje de triticale en la engorda invernal de novillos Hereford. p. 19-20. (Resumen) XXIII Reunión Anual de la Sociedad Chilena de Producción Animal (SOCHIPA), Chillán, Chile.

-Rouabhi A., Hafsi M., Monneveux P., 2018. Climate Change During The Last Century In Setif Province, Algeria *Agriculture Volume 8, Numéro 4, Pages 60-75*

-Royo., 1993. El triticale: bases para el cultivo y aprovechamiento. Madrid, Ed. Mundi Prensa. 96 pp.

-Royo C., 1999. Plant recover and grain yield formation in barley and triticale following forage removal and two cutting stages. *Journal of Agronomy and Crop Science* (182) 3: 175-183

-Royo C., Lopez Q., Serra J., Tribo F., 1997. Effect of sowing date and cutting stage on yield and quality of

irrigated barley and triticale, used for forage and grain. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 179 : 227-234

-Royo C., Montesino E., Molina-Cano J.L., Serra J., 1993. Triticale and other small grain cereals for forage and grain in Mediterranean conditions. *Grass and Forage Science*, 48: 11-17

-Royo, C. & Parés, D., 1996. Yield and quality of winter and spring triticales for forage and grain. *Grass Forage Sci.*, 51: 449-455

-Royo, C. & Tribó, F., 1997. Triticale and barley for grain and for dual-purpose (forage + grain) in a Mediterranean-type environment. II. Yield, yield components and quality. *Austr. J. Agric. Res.*, 48: 423- 432.

-Royo, C., Insa, J.A., Boujenna, A., Ramos, J.M., Montesinos, E., García del Moral, L.F., 1994. Yield and quality of spring triticale used for forage and grain as influenced by sowing date and cutting stage. *Field Crops Res.*, 37: 161-168

-Saghir, Khan and Worzella., 1968. Effect of plant parts on the grain yield. Kernel weight and plant height of wheat and barley. *Agron. P*: 60-95-97.

- Sahnoune, F, Belhamel, M., Zelmat, M., Kerbachi, R., 2013. Climate Change in Algeria: vulnerability and Strategy of Mitigation and Adaptation. Energy Procedia. (36): Climate change impacts on water resources in the Cheliff basin, Algeria. *Arabian Journal of Geosciences*, 6(8), 2967-2982.

-Salmon, D., Mergoum, M., and Gomez-Macpherson, H., 2004. “Triticale production and management,” in *Triticale Improvement and Production*, eds M. Mergoum and H. Gomez-Macpherson (Rome: Food and Agriculture Organization), 27–34.

-Samars Y., Bressan R. A., Csonka L. N., Garcia-Rios M. G., Paino D’Urzo M., Rhodes D., 1995. Proline accumulation during drought and salinity. In: *Environment and plant*

-Sapkota S, Zhang Q, Chittem K et al.,2018. Evaluation of triticale accessions for resistance to wheat bacterial leaf streak caused by *Xanthomonas translucens* pv. *undulosa*. *Plant Pathol*

-Saulescu, N.N., Ittu, G., Ciuca, M., Ittu, M., Serban,G., Mustatea, P., 2011. Transferring useful rye genes to wheat, using triticale as a bridge. *Czech J. Genet. Plant Breed.*, 47: S56-S62.

-Sayre KD, Singh RP, Huerta-Espino J, Rajaram S., 1998. Genetic progress in reducing losses to leaf rust in CIMMYT-derived Mexican spring wheat cultivars, *Crop Science*, vol. 38 (pg. 654-659)

-Schlegel, R., Ozdemir, A., Tolay, I., Cakmak, I., Saberi, H., Atanasova, M., 1999. Localisation of genes for zinc and manganese efficiency in wheat and rye. In: Gissel-Nielsen, G., Jensen, A. (eds), *Proc. Sixth Intern. Symp. Genetics Mol. Biol. Plant Nutr.* Springer, New York, USA, pp. 417–424

-Schmalenbach, I., and Pillen, K., 2009. Detection and verification of malting quality QTLs using wild barley introgression lines. *TAG. Theoretical and Applied Genetics*.

-Schwarte A. J., L. R. Gibson, D. L. Karlen, M. Liebman., Jannink J., 2005. Effects of Sowing Date on Dry Matter and Nitrogen Accumulation of Winter Triticale. *Agronomy Journal*, 97: 1333-1341

-Shaar-Moshe, L., Blumwald, E. Peleg, Z., 2017. Unique Physiological And Transcriptional Shifts Under Combinations Of Salinity, Drought, And Heat. *Plant Physiology*, 174, 421–434.

-Shepherd, T., and Griffiths, D. W., 2006. The effects of stress on plant cuticular waxes. *New Phytol.*, 171: 469–499.

- SHIMAZAKI Y., OOKAWA T. et HIRASAWA T., 2005.** The root tip and accelerating region suppress elongation of the decelerating region without any effects on cell turgor in primary roots of maize under water stress. *Plant Physiol.* 139: 458–65
- Shinozaki, K. et Yamaguchi-Shinozaki K., 2007.** Gene networks involved in droughtstress response and tolerance. *Journal of Experimental Botany.* 58. P: 221–227.
- Singh, T. N., Paleg, L. G., Aspinall D., 1973.** Nitrogen metabolism and growth in barley plant during water stress. *Aust. J. Biol. Sci.,* 26: 45-56.
- Si Ziani.Y.et -Boulberhane.D., 2003.** Bilan fourrager 1998. Comparaison offre/besoins. In : Actes de l'atelier national sur la stratégie de développement des cultures fourragères en Algérie, ITGC (2001), Alger, 20-26P.
- Slafer G.A., Rawson H., 1994.** Sensitivity of wheat phasic development to major environmental factors: a re-examination of some assumptions made by physiologist and modellers. *Aust. J. Plant Physiol.* 21, 393–426.
- SlamaA., 2002.** Étude comparative de la contribution des différentes parties du plant du blé dur dans l'élaboration du rendement en grains en irrigué et en conditions de déficit hydrique. PhD Thesis, University of Tunis, faculté des sciences de Tunis.
- Slama, A., Ben Salem, M., Ben Naceur, M., et Zid, E., 2005.** Les céréales en Tunisie: production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance (*Inrat.*), 16 (3) : 225-229.
- Slayter, R., 1974.** The effect of internal water status on plant growth development and yield In: plant responses to climatic factors. Proc.of upsal simpsium, Unesco
- Smith, W.H.; Dochinger, L.S., 1976.** Capability of metropolitan trees to reduce atmospheric contaminants. In: Santamour, F.S., Gerhold, H.D., Little, S. (Eds.) *Better Trees for Metropolitan Landscapes.* GTR NE-22. Upper Darby, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service: 49–60.
- Sofield I., Evans L.T., Cook M.G., Wardlaw I.F., 1977.** Factors influencing the rate and duration of grain filling in wheat. *Australian Journal of Plant Physiology* 4: 785-797
- Soltner D., 2005.** Les grandes productions végétales. 20eme édition. Collection
- Spurway, R. A., Hedges, D. A., and Wheeler, J. L., 1976.** The quality and quantity of forage oats sown at intervals during autumn: effects of nitrogen and supplementary irrigation. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 16,555-63.
- Srivastava J.P.,1977.** "Barley production, utilization and research in the Afro-Asian region," *Barley.* Vol. II, Fourth regional winter cereal workshop, 1977, 242 p.
- Srivastava V. et Gopal L., 2008.**History of Agriculture in India, Up to C. 1200 A. D., Ed. concept publishing company. New Delhi. P: 2-120.
- Stace, C., 1987.** Triticale: a case of nomenclatural mistreatment. *Taxon* 36, 445–452. doi: 10.2307/1221447
- Stone, P., 2001.** The Effects of Heat Stress on Cereal Yield and Quality. In *Crop Responses and Adaptations to Temperature Stress* (Ed. Basra, A.S.). Food Products Press, pp. 243-291.
- Sullivan, C.Y., 1972.** Mechanism of heat and drought resistance in grain sorghum and methods of measurement. In: Rao NGP, House LR, editors. *Sorghum in the seventies.* New Delhi, India: Oxford & IBH publ Co., pp. 247–264.

- Susheng Gan.,2018.** Concepts and Types of Senescence in Plants. *Methods Mol Biol*, 1744, 3-8
- Sylvester-Bradley, R., Scott, R.K., & Wright, C.E., 1990.** Physiology in the Production and Improvement of Cereals. *HGCA Research Review* 1990 No. 18, pp. 156.
- Tardieu F, Tuberosa R., 2010.** Dissection and modelling of abiotic stress tolerance in plants. *Curr. Opin. Plant Biol.* 13:206–12
- Tardieu, F., 2005.** Plant tolerance to water deficit: Physical limits and possibilities for
- Teare I, Peterson C, Law A., 1971.** Size and frequency of leaf stomata in cultivars of *Triticum aestivum* and other *Triticum* species. *Crop Science* **11(4)**, 496-498
- Tester, M., et Bacic, A., 2005.** Abiotic stress tolerance in grasses. From model plants to crop plants. *Plant Physiol.* 137(3) : 791–793. doi:10.1104/pp.104.900138. PMID:15761207
- Thomas H, Ougham H, Canter P and Iain., 2002.** What stay-green mutants tell us about nitrogen remobilization in leaf senescence *Donnison Journal of Experimental Botany*, Vol. 53, No. 370, Inorganic Nitrogen Assimilation Special Issue, pp. 801–808, April 2002.
- Toutain B., 2003.** Dégradation et restauration/réhabilitation des parcours des zones semi-arides et arides : fiction ou réalité ? Synthèse des interventions de la conférence électronique francophone de novembre 2002 à janvier 2003, 11p.
- Turner N.C.,1997.** Further progress in crop water relations. *Advances in Agronomy* 58:
- Uauy, C., Distelfeld, A., Fahima, T., Blechl, A., and Dubcovsky, J., 2006.** A NAC Gene regulating senescence improves grain protein, zinc, and iron content in wheat.
- Van Oosterom, E.J., D. Klejin, S. Ceccarelli and M.M. Nachit., 1993.** Genotype by environment interactions of barley in the Mediterranean region. *Crop Sci.*, 33: 669-674.
- Varughese G, Pfeiffer W.H. & Peña R.J.,1996b.** Triticale (Part 2): A Successful Alternative Crop. *Cereal Foods World*, 41(7): 635-645.
- **Vile D., Garnier E, Shipley B., Laurent G., Navas ML., Roumet C., Lavorel S., 2005.** « *Specific Leaf Area and Dry Matter Content Estimate Thickness in Laminar Leaves* », *Annals of Botany*, vol. 96, no 6, 2005, p. 1129–1136
- Villegas, D., Casadesús, J., Atienza, S.G., Martos, V., Maalouf, F., Karam, F., ... ,Nogués, S., 2010.** Triticum, wheat, and triticale yield components under multi-local Mediterranean drought conditions. *Field Crops Research*, 116, 68–74.
- Virgona, J. M., Gummer F. A. J., Angus J. F., 2006.** Effects of grazing on wheat growth, yield, development, water use, and nitrogen use. *Crop Pasture Sci.* 57:1307–1319. doi:10.1071/AR06085
- Volenc J.J., Ourry A., Joern B.C., 1996.** A role for nitrogen reserves in forage regrowth and stress tolerance. *Physiology plant*, 97 : 185-193
- Wahid, A., Gelani, S., Ashraf, M., Foolad, M.R., 2007.** Heat tolerance in plants: an overview. *Environmental and Experimental Botany* 61,199-223
- Wang, H. and Clarke, J. M., 1993.** Genotypic, intraplant, and environmental variation in stomatal frequency and size in wheat. *Can. J. Plant Sci.* 73: 671-678.

- Wardlaw I.F., Moncur L., 1995. The response of wheat to high temperature following anthesis. I. The rate and duration of kernel filling. Australian Journal of Plant Physiology 22: 391-397
- Wardlaw, I. F., Willembrik, J., 1994. Carbohydrate storage and mobilisation by the culm of wheat between heading and grain maturity: The relation of sucrose
- Wardlaw, I.F., 1990. Tansley Review No. 27. The Control of Carbon Partitioning in Plants. New Phytologist, 116(3), 341-381.
- Wen A, Jayawardana M, Fiedler J et al., 2018. Genetic mapping of a major gene in triticale conferring resistance to bacterial leaf streak. Theor Appl Genet 131:649–658.
- Wheeler T.R., Hong T.D., Ellis R.H., Batts G.R., Morison J.I.L., Hadley P., 1996. The duration and rate of grain growth, and harvest index, of wheat (*Triticum aestivum*) in response to temperature and CO₂. Journal of Experimental Botany 47: 623-630.
- Willmer, C. M., Rutter, J. C., Meidner, H., 1983. Potassium Involvement in Stomatal Movements of *Paphiopedilum*. Journal of Experimental Botany, 34(5),
- Yaklef N., 2001. Photosynthèse, activité photochimique et tolérance au déficit hydrique chez le blé dur (*Triticum durum* Dref). Thèse de doctorat d'Etat, Université Mentouri, Constantine. 146 P
- Yamance, K., Hayakawa, K., Kawasaki, M., 2003. Bundle sheath chloroplasts of rice are more sensitive to drought stress than mesophyll chloroplasts. Journal of Plant Physiology, 160, 1319–1327.
- Yancey P.H., Clark M.E., Hand S.C., Bowlus R.D., Somero G.N., 1982. Living with water stress evolution of osmolyte system. Science, 217: 1214-1222.
- Yau S.K., 1999. Substaining barley yield by early planting and grazing. Rachis, 18 : 72-74
- Yau S.K., Mekni M.S., 1985. Characterization of dual purpose barley approach. Rachis, (4) 1 : 33-34.
- Yıldırım, M., Kılıç, H., Kendal, E., Karahan, T., 2011. Applicability of chlorophyll meter readings as yield predictor in durum wheat. Journal of Plant Nutrition, 34(2), 151-164.
- Ykhlef ., Djekoun A., 2000. Adaptation photosynthétique et résistance à la sécheresse chez le blé dur (*Triticum turgidum* L. var. *durum*) : Analyse de la variabilité génotypique
- Yokota, A., Takahara, K. et Akashi, K., 2006. Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants. Springer, 15-39.
- Yousufazi, A.H.K., Hashmi, D.R., Qaimkhani, M.I., Ahmed, F., Siddiqui, I., 2001. Determination of heavy metals in vegetables and soils at sewerage farm in Sindh Industrial Trading State (SITE), Karachi. J. Chem. Soc. Pak. 23(1):7–15.
- Zagouane ., Boufenar., 2002. La place du triticale dans le programme de production de semence certifiées .céréaliculture .37,p. 30-24éd. ITGC .Alger.
- Zahedi M, Jenner CF., 2003. :Analysis of effects in wheat of high temperature on grain filling attributes estimated from mathematical models of grain filling. Journal of Agricultural Science, Cambridge 141, 202–213.
- Zatout R., Berreki A ., Abdelguerfi A ., 1989. Contribution à l'étude des espèces spontanées du genre *trifolium*l. En algérie : répartition en fonction de quelques facteurs du milieu xvi Congrès International des Herbages, Nice, France, 1989

- Zeghida A., 2001.** Amélioration de la production fourragère : les associations pour la production de foin. Actes du premier Atelier national sur la stratégie de développement des fourrages en Algérie, 10- 12 juin 2001, Alger : 29-31.
- Zeraïa L., 1983.** Protection de la flore. Liste et localisation des espèces assez rares, rares et rarissimes. Station Centrale de Recherche en Ecologie Forestière, Alger, Algérie.
- Zhang, J., Nguyen, H. T., Blum, A., 1999.** Genetic analysis of osmotic adjustment in crop plants. J. Exp. Bot., **50**: 291-302.
- Zhang X.Y., Pei D., Chen S.Y., Sun H.Y., Yang Y.H., 2006.** Performance of double-cropped winter Wheat –summer maize under minimum irrigation in the North China Plain. Agron.J.98,1620–1626.
- Ziad A., 2009.** Vers la régulation du marché des viandes rouges. Journal « La tribune ».

ملخص: يعتبر إنتاج الأعلاف المحور والمحرك الرئيسي في نجاح الإنتاج الحيواني والذي يعتبر جزءا لا يتجزأ من أنظمة الإنتاج. تشهد الجزائر في السنوات الأخيرة انعكاس آثار التغير المناخي خاصة في المناطق شبه الجافة والجافة، هذه الأخيرة تختص بشكل رئيسي في إنتاج الحبوب والأعلاف التي تعتمد أساسا على التساقط. هذه الأعلاف هي عرضة لتأثيرات العوامل المناخية خاصة الإجهاد المائي والإجهاد الحراري. والذي هو محل هذه الدراسة والتي تنطلق إلى الجوانب المتعلقة بتأثير مزروعات الشعير والتريتكال بمثل هذه الإجهادات منطقة السهول المرتفعة بسطيف تحيز على نسبة كبيرة من المساحات المخصصة للحبوب والأعلاف وهي ليست بمنأى من التأثيرات السلبية لعوامل الإجهاد المائي والحراري والتي تعد من بين أسباب تدني إنتاج هذه المزروعات على الرغم من كل الجهود المبذولة لتحسينه، إلا أن مردودها لا يزال منخفض ولا يلبي الاحتياجات المتزايدة للقطيع حيوانات الغنم، الإبل... هذا البحث له أهدافا تتمثل في دراسة تأثيرات الإجهادات المائية والحرارية على مجموعة من أصناف الشعير والتريتكال تم الحصول عليها من المعهد التقني للمحاصيل الكبرى وكذا من المركز الدولي لتطوير زراعات الذرة والقمح المتواجد بولاية المكسيك. CIMMYT

عدة مناهج اتبعت في هذه الدراسة من بينها الخصائص الفيزيولوجية والمرفولوجية وكذا مدى تفاعل وتاقلم هذه الأصناف تجاه الإجهادات السالفة الذكر. من بين الجوانب الأخرى التي شملتها هذه الدراسة طريقة الرعي أو القطع المبكر لمزروعات الشعير والتريتكال (المعروفة باسم الكسيل) و إبراز مدى تحمل مثل هذه الأصناف لعملية القطع واحدة مبكرة والثانية متأخرة

ما اتاحت لنا فرصة استعمال المجهر الإلكتروني ومعاينة لورقة العلم لصف من التريتكال أثناء فترة تعبير الحبوب ومتابعة فترة الشيخوخة لهذه الورقة ومتابعة ضمور عنصر المنيزيوم Mg المكون للون الأخضر للنبات أثناء هذه الفترة، إضافة إلى ملاحظة خصائص سطح الورقة والدراسة الدقيقة لعدد وحجم ثغور الورقة التي تلعب أدوار فيسيولوجي أساسية في تعديل عملية التمثيل الغذائي الضوئي ومقاومة مختلف الإجهادات

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها من خلال تجربة دراسة ملائمة أصناف التريتكال أن تلك التي تحتوي على عدد أكبر من الأشطاءات، السنايل والحبوب في كل سنبلية ومؤشر مساحة الأوراق ومحتوى الأوراق من اليخضور (الكلوروفيل) أنتجت المزيد من الحبوب واستخدام المزيد من الماء بشكل فعال في مواجهة الجفاف والإجهاد الحراري في فترة ما بعد-مرحلة التحليل. بالإضافة إلى ذلك، فإن المحتوى العالي من الكلوروفيل والمحتوى المائي النسبي المرتفع والحفاظ على استقرار غشاء الخلية يؤخر الشيخوخة ومرحلة ملء الحبوب لفترات طويلة. كما ارتبط المحتوى المائي النسبي بارتفاع نسبة البروتين في الحبوب. قيم هذا العمل هذه المجموعة من الخطوط الثلاثية وحدد السمات المرتبطة بشكل إيجابي بإنتاجية الحبوب وكفاءة استخدام المياه في منطقة البحر الأبيض المتوسط.

أظهرت تجربة القطع أو الرعي المبكر والمتأخر للأصناف المدروسة بان عملية القطع المبكرة أعطت نتائج جيدة أما تلك المتأخرة فقد أثرت كثيرا على المردود ومكوناته لجميع الأصناف. كما بينت التجربة بان هناك اختلاف في ردة فعل الأصناف من بينها أصناف فوارا، تيشدتر، بربروس والباهية من جانب الشعير التي أعطت نتائج مقبولة خاصة في القطع المبكر بينما أظهرت أصناف تيسة ورحمة ذات الصنفين حساسية كبيرة لعملية القطع أما بالنسبة لأصناف التريتكال المدروسة أظهرت النتائج تباين في تحمل عملية القطع

الكلمات المفتاحية: الجفاف الإجهاد الحراري مزروعات الشعير أصناف التريتكال، عملية الرعي أو القطع، متابعة عملية شيخوخة ورقة العلم تحت المجهر الإلكتروني

ABSTRACT: Feed production is the main axis and the main engine in the success of animal production, which is an integral part of production systems. In recent years, Algeria has been witnessing the reversal of the effects of climate change, especially in semi-arid and arid regions, the latter specializing mainly in the production of cereals and feed, which depends mainly on precipitation. These feeds are susceptible to the effects of climatic factors, especially water stress and thermal stress. Which is the subject of this study, which touches on aspects related to the impact of barley and triticale crops with such stresses

The area of the High Plains in Setif is characterised by the large areas allocated for cereals and feed, which is affected by the negative effects of water and thermal stress factors. These are among the reasons for the low production of crops, despite all efforts to improve it, but their yield is still low and does not meet the increasing needs of the herd sheep, cows... This research has the objectives of studying the effects of water and thermal stresses on a group of barley and triticale varieties obtained from the Crop Field Institute, as well as from the International Center for the development of corn and wheat crops located in the state of Mexico, CIMMYT.

Several approaches, were followed in this study, including the physiological and agronomical characteristics, as well as the extent of interaction and adaptation of these species to the aforementioned stresses.

Among other aspects, this study focused on the method of dual purpose of barley and triticale crops and highlighting the tolerance of such varieties to the cutting process (cutting early and late).

We had the opportunity to use a MEB microscope for the observation of the senescence process (during the period of grain filling) of the flag leaf of one triticale variety brought from CIMMYT. The follow the aging period and follow the atrophy of Mg element menesium component of the chlorophyll of plant, in addition to observing the characteristics of leaf surface.

The results obtained through the experiment of studying suitable varieties of triticale showed that those with a larger number of spikelets, spikes and grains per spike, leaf area Index and chlorophyll leaf content produced more grains and used more water effectively in face of drought and heat stress in the post anthesis phase. In addition, the high content of chlorophyll, high relative water content and maintaining the stability of the cell membrane delay aging and the phase of prolonged grain filling. The relative water content was also associated with a high protein content in cereals. This work evaluated this set of trigraphs and identified features positively related to grain productivity and water efficiency in Mediterranean region.

The experience of cutting or early and late grazing of the studied varieties showed that the early cutting process gave good results, while the late ones greatly affected the yield and its components for all varieties. The experiment also showed that there are differences in the reaction of varieties, including Fouara, Tichdert, Barbaros and Bahia varieties of barley, which gave acceptable results, especially in early cutting, while the two-row TISA and Rahma varieties showed great sensitivity to the cutting process. For the studied triticale varieties, the results showed a difference in the tolerance of the cutting process.

RÉSUMÉ : La production de fourrage est l'axe principal et le moteur de la réussite de la production animale, qui fait partie intégrante des systèmes de production. Depuis quelques années, l'Algérie assiste aux effets du changement climatique, notamment dans les régions semi-arides et arides, ces dernières étant spécialisées principalement dans la production de céréales et d'aliments pour animaux, qui dépendent essentiellement des précipitations. Ces cultures fourragères sont sensibles aux effets des facteurs climatiques, en particulier le stress hydrique et le stress thermique.

C'est l'objet de cette étude, qui aborde les aspects liés à l'impact de ces stress sur les cultures d'orge et de triticale.

La zone des Hautes Plaines de Sétif est caractérisée par les grandes superficies allouées aux céréales et aux fourrages, qui est affectée par les effets négatifs des facteurs de stress hydrique et thermique. Ces facteurs sont parmi les raisons de la faible production des cultures, malgré tous les efforts déployés pour l'améliorer, mais leur rendement reste faible et ne répond pas aux besoins croissants du cheptel ovin, bovin... Cette recherche a pour objectifs d'étudier les effets des stress hydriques et thermiques sur un ensemble de variétés d'orge et de triticale reçues de l'Institut des Grandes Cultures, et du CIMMYT (Centre International pour le développement des cultures de maïs et de blé situé au Mexique).

Le suivi de la période de sénescence et de l'atrophie de l'élément Mg ménésium composant la chlorophylle de la plante, en plus de l'observation des caractéristiques de la surface foliaire ont été objet d'une observation au microscope électronique à balayage ainsi qu'à une analyse au rayons X (EDX).

Les résultats obtenus par l'expérience d'étude des variétés de triticale ont montré que celles qui ont un plus grand nombre d'épis, d'épis et de grains par épi, un indice de surface foliaire et un contenu foliaire en chlorophylle produisent plus de grains et utilisent plus efficacement l'eau durant la sécheresse et au stress thermique durant la phase post anthèse. En outre, la teneur élevée en chlorophylle, la teneur élevée en eau relative et le maintien de la stabilité de la membrane cellulaire retardent le vieillissement et la phase de remplissage prolongé des grains. La teneur en eau relative est également associée à une teneur élevée en protéines dans les céréales. Ce travail a évalué un ensemble de paramètres et a identifié des caractéristiques positivement liées à la productivité des grains et à l'efficacité de l'eau dans la région méditerranéenne.

L'expérience de la double exploitation ou du pâturage précoce et tardif soumise aux variétés étudiées a montré que la coupe précoce donnait de bons résultats, tandis que celle effectuée tardivement affectait considérablement le rendement et ses composantes pour l'ensemble des variétés. L'expérience a également montré qu'il existe des différences dans les réponses variétales, les variétés d'orge Fouara, Tichdert, Barbaros et Bahia, qui ont donné des résultats acceptables, en particulier pour la coupe précoce, tandis que les variétés TISA à deux rangs et RAHMA ont montré une grande sensibilité au processus de coupe. Pour les variétés de triticale étudiées, les résultats ont montré des différences dans la tolérance aux coupes.

