



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOULOU MAMMERI TIZI-OUZOU



FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET SCIENCES AGRONOMIQUES

Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique en
productions végétales

Intitulé

Synthèse bibliographique sur l'effet de l'itinéraire
technique sur le rendement du blé dur

(Triticum durum)

Présenté par :

ABDAT Lamia

HAMMACHE Dihya

Soutenu publiquement devant le jury composé de :

Président :	M ^{elle} Boutebtoub	M.C.B. UMMTO.
Examineur :	M ^r Arkoub	M.A.A. UMMTO.
Promoteur :	M ^{me} Taibi	M.A.A. UMBB.

Année universitaire : 2019/2020

REMERCIEMENT

Au terme de ce modeste travail, nous remercions avant tout Allah de nous avoir gardées en bonne santé afin de mener à bien ce mémoire de fin d'études. Nous remercions également nos familles pour les sacrifices qu'elles ont faites pour voir notre réussite.

Nos remerciements les plus sincères vont à notre promoteur Mme TAIBI maitre de conférence à l'UMBB, d'avoir accepté de nous encadrer, pour sa simplicité, pour la confiance qu'elle nous a accordée et sa gentillesse à notre égard.

*Nous remercions **M^{elle} Boutebtoub et Mr Arkoub** d'avoir accepté d'être notre jury.*

*Notre remerciement s'adresse également à tous nos professeurs de la faculté de science de la nature et de la vie plus particulièrement ceux de spécialité **PRODUCTION VEGETALE** et pour les enseignements, aide, et conseils qu'ils nous ont donnés.*

Enfin nous tenons à remercier toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

MERCI



Dédicace

Ce n'est que des lignes à écrire, que des simples paroles à dire pour toi ma chère maman, mon cher papa : je vous remercie énormément d'être toujours à mes côtés, de votre soutien sempiternel. Si j'ai atteint ce stade la c'est grâce à vous mes parents bien aimés.

Je dédie ce modeste travail :

A mes très chers frères

A mes chères sœurs,

A mon soutien, mon chéri ZA

A toute ma famille

A mes chers amis

A tous ceux que j'aime et qui m'aiment.

A tous ceux qui connaissent LAMIA

A tous les amis d'études surtout ceux d'Agronomie

De la Promotion 2019/2020

LAMIA





Dédicace

Ce n'est que des lignes à écrire, que des simples paroles à dire pour toi ma chère maman, mon cher papa : je vous remercie énormément d'être toujours à mes côtés, de votre soutien sempiternel. Si j'ai atteint ce stade la c'est grâce à vous mes parents bien aimés.

Je dédie ce modeste travail :

A mes très chers frères

A ma sœur, à ma chère grand-mère

A mon soutien, mon chéri Nounours

A toute ma famille

A mes chers amis spécialement

A tous ceux que j'aime et qui m'aiment.

A tous ceux qui connaissent DIHYA

A tous les amis d'études surtout ceux Agronomie

Promotion 2019/2020

DIHYA



Liste des abréviations

-AC : Agriculture de conservation

-FAO : Food and agricultural organisation (Organisation de l'alimentation et de l'agriculture).

-ICARDA : international center agricultural research in the dry area

-INRA : institut national de la recherche agronomique d'Algérie.

-ITGC : institut technique des grandes cultures

-K : potassium

-MO : matière organique

-N : azote

-NE : nombre d'épis

-P : phosphore

-pH : cologarithme décimal de la concentration en ions H⁺

-PMG : poids mille grain

-Q/q : quintaux

-TC : travail conventionnel

Liste des tableaux

Tableaux	Page
Tableau 1 : Classification botanique du blé dur	4
Tableau 2 : Evolution de la superficie, production et le rendement du blé dur en Algérie	9
Tableau 3 : Principales wilayas productrices du blé dur en Algérie	10
Tableau 4 : Calendrier indicatif des périodes d'intervention pour le contrôle des maladies du blé.	16
Tableau 5 : Variétés du blé dur recommandées en fonction de leurs aires d'adaptation au Maghreb.	19
Tableau 6 : Variétés et type de précocité de l'espèce blé dur au Maghreb.	20
Tableau 7 : rappel des principaux précédents culturaux du blé par zone climatique.	23
Tableau 8 : Effet du mode de semis sur le rendement et ses composantes chez le blé dur.	30
Tableau 9 : Périodes de semis et densités de semis recommandées par zone agro-écologique	32
Tableau 10 : Effet de roulage sur quelques paramètres de croissance chez le blé dur en fonction du mode de semis à Tipaza.	33
Tableau 11 : Rendement en grain relatif (% du témoin) du blé dur infesté par deux groupes d'adventices (monocotylédones et dicotylédones) durant trois phases de son cycle de développement.	34
Tableau 12 : Effet de l'application du désherbage chimique à différents stades sur le rendement du blé dur.	36
Tableau 13 : Besoins azotés du blé établis par zone agro-climatique en fonction du rendement prévisionnel de la culture dans le Maghreb.	38
Tableau 14 : Besoins en phosphore du blé établis par zone agro-climatique en fonction du rendement prévisionnel.	40
Tableau 15 : Effet de la fertilisation phosphatée sur le rendement du blé, dans le Sersou.	40

Liste des tableaux

Tableau 16 : Effet de la fertilisation phosphatée (TSP) sur le développement et la production du blé local en zone nord de Sétif.	41
Tableau 17 : Besoins en potasse du blé établis par zone agro-climatique en fonction du rendement prévisionnel.	42
Tableau 18 : Effets des doses croissantes de potassium (Kg/ha de K) sur la réponse du rendement du blé dur (q/ha), variété Waha, à la fertilisation azotée.	42
Tableau 19 : Symptômes de carences du blé en azote, phosphore et potassium	43
Tableau 20 : Stade optimal de récolte des céréales d'automne.	46
Tableau 21 : Effet de la date de récolte sur le rendement en grain du blé.	47
Tableau 22 : Effet de type de travail du sol sur le PH à différents horizons.	55
Tableau 23 : Avantages et les inconvénients du système de semis direct.	55
Tableau 24 : Résultat statistiques du rendement réel	56

Liste des figures

Figures	Page
Figure 1 : Morphologie de la plante du blé dur	5
Figure 2 : structure schématique d'un grain du blé dur	7
Figure 3 : Modèles de développement de différentes maladies durant tout le Cycle végétatif du blé.	15
Figure 4 : Effet de type de rotations sur les rendements en grain du blé dur dans un essai conduit à la station INRA de Sidi El Aidai.	21
Figure 5 : Effet de la rotation sur le niveau d'azote dans le sol au moment du semis (mois de novembre) dans deux sites : Sidi El Aidi et Jamaa Shaim. Mazhar (1986) modifié.	22
Figure 6 : Outils du labour (chisel, charrue à disque et charrue à soc)	25
Figure 7 : Effet de la période du labour et de l'outil de travail du sol sur le rendement en grain du blé dur.	27
Figure 8 : Effet de la date de semis sur le rendement en grain de blé tendre et du blé dur (moyenne de trois compagnes agricoles).	29
Figure 9 : Effet de la profondeur de semis sur le taux de levée et le rendement en grain du blé dur en zone semi-aride.	31
Figure 10 : Pertes en rendements en grain du blé dur causés par la présence des adventices dans deux sites semi-arides du Maroc.	35
Figure 11 : Effet de l'irrigation de complément, durant la campagne 1996/97, sur le rendement en grain de blé dur dans les hauts-plateaux d'Algérie.	45
Figure 12 : Moissonneuse-batteuse.	46
Figure 13 : Silos en béton armé.	50
Figure 14 : Silos en métal.	50
Figure 15 : Cases en métal.	51
Figure 16 : Stockage en sacs dans les entrepôts.	51
Figure 17 : Stockage dans des sacs en plein air.	52
Figure 18 : Effet de technique culturale sur le rendement réel (q/ha)	56

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des Figures

Introduction générale..... 1

Chapitre I : Généralités sur le blé dur

I.1 Historique du blé dur 3

I.2 Origine du blé dur 3

I.3 Définition et caractéristiques du blé dur 4

I.4 Classification du blé dur 4

I.5 Morphologie du blé dur 5

I.5.1 Composition histologique et biochimique du grain 5

I.6 Cycle de développement du blé dur 7

I.6.1 Période végétative 7

I.6.2 Période de reproduction 8

I.7 Importance de la culture de blé dur..... 9

I.7.1 Dans le monde..... 9

I.7.2 En Algérie 9

I.8 Exigences de la culture de blé dur 10

I.8.1 Exigences pédo-edaphiques 10

I.8.2 Exigences climatiques..... .11

I.9 . Contraintes et Maladies 14

I.9.1 Les contraintes de la production de blé en Algérie 14

I.9.1.1 Les contraintes climatiques 14

I.9.1.2 Les contraintes pédo-edaphiques 15

I.9.2 Maladies 15

Chapitre 02 : Itinéraires techniques du blé dur

II.1	Notion d'itinéraire technique.....	18
II.1.1	Choix variétal	18
II.1.2	Conduite du blé dur dans une agriculture conventionnelle	21
II.1.2.1	Travail du sol	24
II.1.2.2	Semis	28
II.1.2.3	Roulage	32
II.1.2.4	Désherbage	33
II.1.2.5	Raisonnement de la fertilisation minérale	37
II.1.2.6	Irrigation	43
II.1.2.7	Récolte	45
II.1.2.8	Stockage des grains	49
II.1.3.	Conduite du blé dur dans une agriculture de conservation.....	53
II.1.3.1	Système non labour ou le semis direct	53
II.1.3.2	Semis direct et la qualité du sol	54
II.1.3.3	Performances de rendement du blé dur dans le système de semis direct	55
III.	Conclusion générale.....	57

III. Références bibliographiques

Résumé

Introduction générale

Un système de culture est un ensemble de procédés utilisés pour exploiter la terre dans le but de produire des végétaux utiles à l'homme, il peut être défini comme l'ensemble des modalités techniques mises en œuvre de parcelles cultivées de manières identiques.

Chaque système se définit par :

- La nature des cultures et leur ordre de succession : rotation culturale
- Les itinéraires techniques appliqués à ces différentes cultures, ce qui inclut le choix des variétés.

Un itinéraire technique se définit comme une combinaison logique et ordonnée de techniques qui permettent de contrôler le milieu et d'en tirer une production donnée (Sebilotte M., 1990), en vue d'atteindre un objectif donné de rendement. IL consiste dans le choix d'outils, les interventions successives et les décisions d'apport de tel ou tel fertilisant ou pesticide, de la mise en place d'une culture à sa récolte.

Un itinéraire technique comprend les opérations suivantes : le choix de la variété et le traitement de semences, le travail du sol (le labour, préparation du lit de semences), le semis, le roulage, désherbage, fertilisation minéral (les apports d'engrais minéraux NPK), la récolte, stockage de graines et les pratiques post-récolte qui préparent la saison de culture suivante.

Toutes ces opérations sont raisonnées en interactions avec pour objectif d'optimiser les productions (en fonction des objectifs et des moyens), en assurant aux cultures (et éventuellement aux plantes associées) une bonne alimentation hydrique et en éléments nutritifs, en les plaçant dans de bonnes conditions. L'atteinte de ces objectifs passe en particulier par :

- l'obtention et le maintien d'une bonne structure du sol (qui permet infiltration et stockage de l'eau, et enracinement profond des plantes) ;
- le contrôle des adventices (dont la compétition pour l'eau, les éléments nutritifs et la lumière est très dommageable aux cultures).

La production mondiale de blé dur a atteint 40 millions de tonnes en 2009, puis a baissé vers 34 millions de tonnes en 2014. L'Europe a assuré en moyenne, au cours de la décennie 2000, 26 % de la production mondiale. Viennent ensuite l'Amérique du Nord, la Turquie et la Syrie.

De nos jours, les céréales en général, le blé dur en particulier constituent la principale base du régime alimentaire pour les consommateurs Algériens. Il présente, un rôle social, économique et politique dans la plupart des pays dans le monde.

C'est dans ce cadre d'idées que s'insère notre travail qui constitue une synthèse bibliographique sur les travaux réalisés sur l'effet de l'itinéraire technique sur le rendement du Blé dur (*Triticum durum*) et des possibilités d'amélioration de la production du blé dur en fonction du changement de chaque itinéraire technique.

Cette synthèse a visé plusieurs aspects depuis les généralités sur le blé dur après la définition des différentes étapes d'un itinéraire technique jusqu'à la comparaison entre l'aspect d'une agriculture conventionnelle et une agriculture de conservation.

Chapitre I :

Généralités sur le blé dur

I.1. Historique du blé dur

La culture des céréales a permis l'essor des grandes civilisations, car elle a constitué l'une des premières activités agricoles. En effet, Il ya plus de trois millions d'années, l'homme préhistorique était nomade, pratiquait la chasse et la cueillette des fruits pour assurer sa nourriture. Le nomadisme a progressivement laissé la place à la Sédentarité qui a permis la culture des céréales. Le blé est l'une de ces céréales connues depuis l'antiquité (Ruel, 2006). Sa culture remontée au mésolithique vers 7000 ans avant Jésus-Christ (anonyme1, 1981 ; Ruel, 2006). Le blé dur provient des territoires de la Turquie, de la Syrie, de l'Iraq et de l'Iran (Feldman, 2001). Le terme blé vient probablement du gaulois blato (à l'origine du vieux français blaie, blee, blaiier, blaver, d'où le verbe emblaver, qui signifie ensemercer en blé) et désigne les grains qui broyés, fournissent de la farine, pour des bouillies (polenta), des crêpes ou du pain. On trouve sous le nom de blé des espèces variées : le genre *Triticum*: le blé moderne (froment), l'orge(*Hordeum*) et le seigle (Secale céréale), le blé noir (sarrasin). C'est en l'an 300 ans avant JC que les premiers procédés de panification ont été élaborés par les Egyptiens qui préparaient déjà les premières galettes à base de blé. L'homme savait alors produire sa propre nourriture, en même temps, celui-ci acquiert son autosuffisance alimentaire et en ces temps-là, apparaissent les premiers échanges commerciaux. Par la suite, les techniques de panifications se sont améliorées grâce au hébreux, grecs et enfin romains qui en répandent l'usage à travers l'Europe et le blé devenue, un des constituant essentiel de l'alimentation humaine (Yves et de Buyer, 2000).

I.2. Origine du blé dur :

Le blé appartient à la famille des graminées (Gramineae = poaceae), qui comprend plus 10.000 espèces différentes Plusieurs espèces de ploïdie différentes sont regroupées dans le genre *Triticum* qui est un exemple classique d'allo-polyploïdie, dont les génomes huméologues dérivent de l'hybridation inter espèces appartenant à la même famille (Levy et Feldman, 2002). Le blé dur (*Triticum turgidum*ssp. durum Desf.) est une espèce allo-tétraploïde (2n=28, AABB) qui a pour origine l'hybridation suivie par un doublement chromosomique entre *Triticum urartu* (génome AA) et une espèce voisine de *Aegilops speltoides* (génome BB) (Huang et ,2002). La domestication du blé diploïde s'est produite dans le nord du croissant fertile au proche Orient. Le blé tétraploïde a été domestiqué dans le bassin du Jourdain, plus au sud. Le blé tétraploïde s'est diversifié dans les centres secondaires

représentés par les plateaux éthiopiens, le bassin méditerranéen et la Transcaucasie (Levy et Feldman, 2002).

I.3. Définition et caractéristiques du blé dur :

Le blé dur est une plante herbacée annuelle aux tiges dressées et aux inflorescences en épis linéaires, monocotylédone appartient au genre *Triticum* de la famille des **graminées**. C'est une céréale dont le grain est un fruit sec et indéhiscent, appelé **caryopse**, constitué d'une graine et de téguments. On définit deux types de blé ; le blé dur et le blé tendre.

Le blé dur est une espèce connue pour son grain dur et vitreux. Cultivée depuis la préhistoire, cette céréale est riche en protéines, y compris en gluten. Il ne peut donner que des pains peu levés mais convient parfaitement à la fabrication des pâtes alimentaires, couscous et boulgour.

I.4. Classification du blé dur :

Le blé dur est une céréale appartenant à l'embranchement des phanérogames (règne végétal), au sous-embranchement des angiospermes regroupant les plantes à fleurs et à fruits typiques et la classe des monocotylédones (Tableau 1).

Classification botanique :

Tableau 1 : Classification botanique du blé dur. (Brouillet et al., 2006).

Embranchement	Spermaphytes
Sous_ embranchement	Angiospermes
Classe	Monocotylédones
Ordre	Commélimiflorales
Sous-ordre	Poales
Famille	Graminae ou poaceae
Genre et espèce	<i>Triticum durum</i>

I.5. Morphologie du blé dur :

Le blé dur se développe plusieurs tiges à la base sous forme de talles qui peuvent atteindre un mètre à un mètre et demi de hauteur.

Les inflorescences du blé sont des épis qui se forment à l'extrémité supérieure des tiges. Le grain du blé dur est un caryopse ovale avec une rainure centrale. Le grain est enveloppé par le palea et le lemma. Il est généralement de couleur brune (*Grignacs, 1987 in Ghanem, 1995*).

Les variétés à taille réduite offrent l'avantage de pouvoir être semées à plus forte densité et résister à la verse. Il forme des feuilles longues avec des ligules membraneuses courtes et des auricules poilues.



Figure 01 : photographie de l'épi du blé dur. (terre-net.fr).

I.5.1 Composition histologique et biochimique du grain :

Le grain de blé se compose de trois parties principales :

A. les enveloppes : Les enveloppes sont de nature cellulosique qui protège le grain et représentent 14% à 16% de la masse du grain. Elles renferment une teneur importante en protéines, en matières minérales et en vitamine du complexe B ; elles contiennent en outre les

pigments qui donnent la couleur des grains. Les enveloppes ont une épaisseur variable et sont formées de trois groupes de téguments soudés ; le péricarpe ou tégument du fruit constitué de trois assises cellulaires :

- épicarpe, protégé par la cuticule et les poils.
- mésocarpe, formé de cellules transversales
- endocarpe, constitué par des cellules tubulaires.

Le péricarpe est riche en celluloses, hémicelluloses et pentosanes ainsi qu'en éléments minéraux (Godon et William, 1991).

B. L'endosperme (amande ou albumen) :

Constitue presque tout l'intérieur du grain et se compose principalement de minuscules grains d'amidon. On y trouve l'essentiel des réserves énergétiques qui nourrissent la plantule au moment de la germination. Il forme environ 80% du poids d'un grain et est constitué de granules d'amidon enchâssés dans le réseau protéique (gluten).

C. Le germe (embryon) :

Partie vivante du grain, riche en protéines et en lipides pour la jeune plantule et forme environ 2,5% du grain de blé. Le germe comprend deux parties : la plantule (future plante) et le cotylédon (réserve de nourriture très facilement assimilable, destinée à la plantule) qui contient l'essentiel des matières grasses du grain. Enfin, le germe est riche en vitamine B1, B6 (Surget et Barron, 2005).

Le grain de blé est principalement constitué d'amidon (environ 70%), de protéines (10 à 15% selon les variétés et les conditions de culture) et de pentosanes (8 à 10%). Les autres constituants, pondéralement mineurs (quelques % seulement), sont les lipides, la cellulose, les sucres libres, les minéraux et les vitamines (Feuillet., 2000).

Ces constituants se répartissent de manière inégale au sein des différentes fractions histologiques du grain. L'amidon se retrouve en totalité dans l'albumen amylicé, les teneurs en protéines du germe et de la couche à aleurone sont particulièrement élevées ; les matières minérales abondent dans la couche à aleurone. Les pentosanes sont les constituants dominants de cette dernière et du péricarpe. La cellulose représente près de la moitié de celui-ci, les lipides voisinent ou dépassent les 10% dans le germe et dans la couche à aleurone.

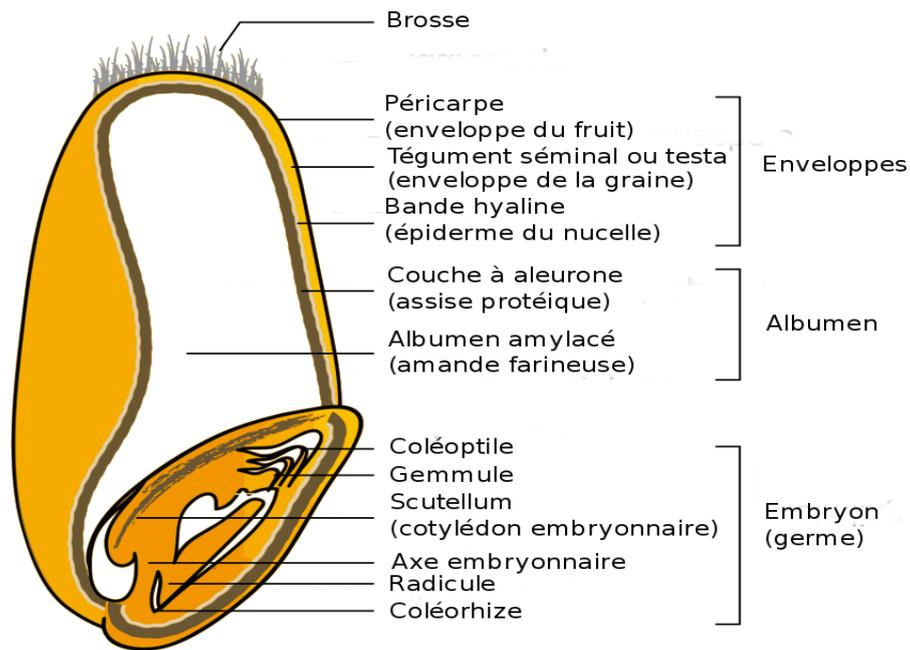


Figure 02 : structure schématique d'un grain de blé (Lullien-Pellerin V., 2014).

I.6. Cycle de développement du blé dur :

Le cycle de développement du blé est constitué d'une série d'étapes séparées par des stades repères, permettant de diviser en deux périodes la vie des céréales. Une période végétative durant laquelle la plante ne différencie que des feuilles et des racines et une période reproductrice dominée par l'apparition de l'épi et la formation du grain (Soltner, 2005).

I.6.1 Période végétative :

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

a) La germination levée :

La germination de la graine se caractérise par l'émergence du coléorhize donnant naissance à des racines séminales et la date de la levée est définie par l'apparition de la première feuille qui traverse la coléoptile, gaine rigide et protectrice enveloppant la première feuille. La levée se fait réellement dès la sortie des feuilles à la surface du sol (Soltner, 2005). Au sein d'un peuplement, la levée est atteinte lorsque la majorité des lignes de semis est

visible (Gate, 1995). Les principaux facteurs édaphiques qui interviennent dans la réalisation de cette phase sont la chaleur, l'aération et l'humidité (Eliard, 1979).

b) Tallage :

Lorsque la plante possède 3 à 4 feuilles, une nouvelle tige, la talle primaire, apparaît à l'aisselle de la feuille la plus âgée. Après l'émission de la première talle, la plante va émettre des talles primaires, qui prennent naissance à l'aisselle du maître-brin (tige principale). Lorsque le maître-brin a 6 feuilles au moins, des talles secondaires dont les bourgeons seront alors situées à l'aisselle des feuilles des talles primaires. Le tallage herbacé s'arrête dès l'évolution de l'apex de la formation d'ébauches de feuilles à celle d'ébauches florales (futurs épillets) qui sont suffisamment avancées (Gate et Giban, 2003).

I.6.2 Période de reproduction :

Elle comprend la formation et la croissance de l'épi.

a) Phase de la montaison :

Au cours de cette phase, un certain nombre de talles herbacées vont évoluer vers des tiges couronnées d'épis, tandis que d'autres commencent à régresser. La croissance en taille et en matière sèche est alors active. Cette phase se termine au moment de la différenciation des stigmates. La durée de cette phase est de 29 à 30 jours (Clément-Grandcourt; Prat, 1971).

b) Phase de l'épiaison et de fécondation :

Elle est marquée par la méiose pollinique, l'éclatement de la gaine avec l'émergence de l'épi. C'est au cours de cette phase que s'achève la formation des organes floraux et s'effectue la fécondation (Soltner, 2005). La vitesse de croissance de la plante est maximale. Cette phase correspond à l'élaboration d'une grande quantité de la matière sèche. Cette phase dépend étroitement de la nutrition minérale et de la transpiration qui influence le nombre final de grains par épi (Masle, 1980 ; Soltner, 2005).

c) La maturation du grain :

Au cours de cette phase, l'embryon se développe et l'album se charge de substances de réserve. On observe une augmentation du volume du poids des graines. La phase se termine par le stade laiteux. Ensuite, le poids frais des grains continue à augmenter alors que celui des tiges et des feuilles diminue. La phase se termine par le stade pâteux. Puis les grains deviennent durs et leur couleur devient jaunâtre (Boufnar-Zaghoune et Zaghouane, 2006).

I.7 Importance de la culture de blé dur :

I.7.1 Dans le monde :

Dans le monde, l'union européenne (principalement l'Italie, l'Espagne et la Grèce) est le plus grand producteur de blé dur, avec une récolte annuelle moyenne de huit millions de tonnes métriques (Mouellef, 2010). Le Canada arrive au deuxième rang avec 4,6 millions de tonnes métriques par année, suivi de la Turquie et des Etats-Unis, avec respectivement 4 et 3,5 millions de tonnes métriques (Anonyme, 2008). Du point de vue importance alimentaire, les céréales occupent une place de choix parmi toutes les autres spéculations car elles constituent la base alimentaire qui fournit l'essentiel des apports énergétiques et protéiques. En effet, le blé a l'avantage de fournir en abondance des calories sous la forme la moins couteuse qui soit : un kilo de pain fournit plus de 3000 calories, 14% de protéines et de 1 à 2% de matière grasse assurant ainsi une énergie suffisante pour travailler chaque jour (*Universalisé, 1998 cité par Mammeri et al., 2010*).

I.7.2 En Algérie :

En Algérie le blé dur occupe une place très importante vu la superficie consacrée. Le tableau 2, cité ci-dessous, présente l'évolution de la superficie, de la production et le rendement de blé dur en Algérie durant la période 2010-2015. On remarque que la production durant la période 2010-2015 et passé de 20.385.000 de quintaux à 20.199.390 quintaux, soit une chute de production; ceci est expliqué par la sécheresse surtout pendant le stade de remplissage du grain et également par les mauvaises conditions d'installation de la culture. Parmi les wilayas les plus productives, on note Tébessa, Tiaret et Sétif (Tableau 3).

Tableau 2 : évolution de la superficie, production et le rendement du blé dur en Algérie (2010- 2015)

Année	Superficie- ha	Production q	Rendement t /ha
2010	1.181.774	20.385.000	17.2
2011	1.230.414	21.957.900	17.8
2012	1.342.881	24.071.180	17.9
2013	1.180.332	23.323.694	19.8
2014	1.182.127	18.443.334	15.6
2015	1.314.014	20.199.390	15.4

Source : (MADR, 2017)

Tableau 3: les principales wilayas productrices du blé dur en Algérie.

Année	wilaya	Superficie ha	Production t	Rendement q/ha
2011	Tébessa	105.000	556.000	05.7
	Tiaret	105.000	1.010.395	13.8
	Sétif	104.512	1.733.000	16.6
2012	Tébessa	91.000	275.000	06.9
	Tiaret	120.249	2.280.600	19.0
	Sétif	104.540	1.479.608	14.2
2013	Tébessa	91.000	141.900	21.3
	Tiaret	110.000	2.127.500	19.5
	Sétif	106.564	1.818.420	17.1
2014	Tébessa	92.000	220.400	11.8
	Tiaret	110.000	1.579.000	16.1
	Sétif	110.989	905.000	09.3
2015	Tébessa	88.000	312.000	08.0
	Tiaret	125.000	1.770.600	16.0
	Sétif	114.958	682.730	7.2

Source: (MADR, 2017)

I.8 Exigences de la culture de blé dur :

I.8.1 Exigences Pédéo-édaphiques :

Le blé exige un sol bien préparé, meuble et stable, résistant à la dégradation par les pluies d'hiver pour éviter l'asphyxie de la culture et permettre une bonne nitrification au printemps. Sur une profondeur de 12 à 15 centimètre pour les terres battantes (limoneuses en générale) ou 20 à 25 cm pour les autres terres et une richesse suffisante en colloïdes, afin d'assurer la bonne nutrition nécessaire aux bons rendements (Soltner, 1990). Particulièrement un sol de texture argilo-calcaire, argilo-limoneux, argilo-sableux ne présentent pas de risques d'excès d'eau pendant l'hiver. Les séquences de travail du sol à adopter doivent être en fonction du précédent cultural, de la texture du sol, et de la pente. Le pH optimal se situe dans une gamme comprise entre 6 à 8. La culture de blé est modérément tolérante à l'alcalinité du sol.

I.8.2 Exigences climatiques :**a. La température :**

La température conditionne à tout moment la physiologie du blé. Une température supérieure à 0°C (zéro de végétation du blé) est exigée pour la germination des céréales. La température conditionne la nitrification et l'activité végétative du blé au cours du tallage et de la montaison, en plus l'intensité de l'évaporation peut amener l'échaudage (Soltner, 2005). Un abaissement brutal de la température, associé à un dessèchement intense en surface, provoque les dégâts de nécroses (Soltner, 2005). La somme des températures nécessaires durant le cycle du blé dur est de 2350°C (Baldy, 1986).

b. L'eau :

Le blé peut être considéré comme une plante ayant de faibles exigences en eau, pour qu'il puisse germer ; les semences doivent assimiler une quantité d'eau égale au moins à 50% de leurs poids en matière sèche, c'est-à-dire pour élaborer 1 gramme de matière sèche, il faut environ 500 gramme d'eau. Les besoins maximaux en eau du blé dur se situent pendant la montaison et pendant les quatre semaines qui suivent l'épiaison. En Algérie l'humidité nécessaire pour le développement est en principe à partir d'octobre jusqu'à la fin du mois de mars. L'eau est un facteur limitant en Algérie, au moment du remplissage de grain la plante elle est besoins d'une quantité importante durant cette phase sinon elle va avoir apparition des maladies physiologiques tel que l'échaudage. C'est pour cela que le semis est recommandé en période pluviale.

c. La lumière :

Une certaine durée du jour (photopériodisme environ 12 heures) est nécessaire pour la réalisation du stade B précédant la montaison (Soltner, 2005). Quant à l'intensité lumineuse, et à l'aération, elles agissent directement sur l'intensité de la photosynthèse, dont dépendent à la fois, la résistance des tiges à la verse et le rendement (Soltner, 2005).

d. La fertilisation :

Les cultures annuelles telles que les blés craignent la carence en phosphore (P) et en potassium (K) quand elles sont jeunes car leurs racines n'exploitent qu'une faible partie du sol. L'engrais doit donc être apporté en début de cycle et au plus près des jeunes racines.

❖ Rôle des éléments fertilisants :**• L'azote :**

L'azote est un élément indispensable à la culture et à la croissance du blé. En effet, c'est le pivot de la production de biomasse, du rendement et de la qualité des produits récoltés. C'est l'élément essentiel de la synthèse protéique par la formation du radical amine (NH₂) indispensable aux liaisons peptidiques (Mazliak, 1998). Les besoins de la culture sont

essentiellement azotés. Ainsi pour les satisfaire au mieux, il est conseillé de semer une culture de blé après un précédent cultural du type légumineux, car la légumineuse laisse au sol une

grande quantité d'azote sous forme organique. Dans le cas d'un apport unique, s'il est trop précoce, il entraîne la formation des talles, mais peut provoquer un risque de carences à la montaison (mitadinage). L'apport est dans ce cas mal valorisé. Situé en fin de tallage, il est beaucoup mieux utilisé. En effet après minéralisation, l'azote disponible à la montaison favorise la montaison et la formation des épis et permet un bon remplissage du grain et un taux protéique satisfaisant (Grignac, 1965). La meilleure façon d'apporter une fertilisation azotée est la technique fractionnée, c'est-à-dire diviser les besoins globaux de la culture en phases critiques de croissance telles que : la levée, le tallage et le début floraison.

- **Le phosphore :**

Le phosphore est un élément piégé parmi les trois éléments majeurs (N, P, K) apportés par les engrais. Le phosphore se trouve dans la plante sous forme minérale (Duthil, 1973). Mais il est beaucoup plus fréquemment présent combiné sous forme organique. Sa répartition dans les tissus est très inégale et augmente généralement avec la teneur en azote (D'après ce dernier auteur, Gervy, 1970). la teneur des végétaux en phosphore est soumise à des variations très importantes ; elle dépend principalement de la nature de l'espèce, de l'âge de la plante et de l'organe analysé ; elle dépend également, dans une moindre mesure, de la richesse du sol en P₂O₅; elle dépend enfin très faiblement de la présence d'autres éléments minéraux donnant lieu à des antagonismes avec l'acide phosphorique. Le phosphore joue également plusieurs rôles dans la vie des plantes.

Il est considéré comme un constituant essentiel des chromosomes, il intervient partout où il y a une multiplication cellulaire d'où l'importance du phosphore dans les phénomènes de croissance et de reproduction. Il joue aussi, un rôle déterminant dans le transfert d'énergie, il est indispensable à la photosynthèse et aux processus chimio-physiologiques de la plante (Lambert, 1979). Selon Moughli (2000), le phosphore participe dans :

- la maturation des grains : des teneurs élevées en phosphore réduisent le temps de maturité et donnent une paille plus solide.
- la formation des graines : des quantités importantes de phosphore sont stockées dans les semences.
- la stimulation de la croissance des racines : un apport localisé de phosphore (et nitrate) entraîne une prolifération des racines dans cette zone.

- **Le potassium :**

Pour certains minéraux, la quantité présente dans le sol doit être supérieure à la quantité nécessaire ; en effet ils peuvent être présents dans le sol, mais non disponibles pour autant pour la plante. Le potassium est essentiellement retenu par l'humus ou l'argile (dans certains sols, il pourra donc être perdu en grande quantité par lessivage). Le potassium n'est pas très mobile dans la plante. Il joue un rôle primordial dans l'absorption des cations, dans l'accumulation des hydrates des protéines, le maintien de la turgescence des cellules et la régulation de l'économie d'eau de la plante. C'est aussi un élément de résistance des plantes au gel, à la sécheresse et aux maladies. Il est essentiel pour le transfert des assimilât vers les organes de réserves (grains, bulbes et tubercules).

I.9 Contraintes et Maladies :**I.9.1 Les contraintes de la production de blé en Algérie :****I.9.1.1 Les contraintes climatiques :****A. Le stress thermique :**

Dans les zones arides et semi-arides d'altitude, le stress thermique peut intervenir même en début du cycle. L'effet des hautes températures au semis se manifeste par une réduction de la longueur de la coléoptile (Hazmoune, 2000). (Wardlawetal, 1989) montrent que la température optimale pour le développement et le remplissage du grain varie de 12 à 15 °C pour de nombreux génotypes de céréale à paille. Ils observent une diminution de 3 à 5 % du poids du grain pour chaque degré d'augmentation de la température à partir de la base de 12 à 15°C. Dans l'écart des moyennes de températures de 12 à 15 °C, une réduction de la durée de remplissage est compensée par une augmentation du taux de remplissage, avec pour effet peu de variation du poids moyen du grain (Wardlawetal., 1989).

L'altitude et un climat de type méditerranéen imposent un hiver très froid et pluvieux, le froid hivernal limite la croissance au moment où l'eau est disponible et allonge le cycle de la plante pour l'exposer à la sécheresse du début de l'été (Chenaffietal., 2006). Les dégâts de gel tardif sont très fréquents sur céréales, rendant l'adoption des variétés précoces trop risquée (Bouzerzour et Benmahammed, 1994). L'adoption de la stratégie de l'esquive comme moyen pour échapper au stress thermique de fin de cycle, est peu opérante dans le cas où les génotypes précoces sélectionnés ne sont pas génétiquement résistants au froid (Mekhlouf et al., 2006).

B. Le stress hydrique :

C'est un problème sérieux dans beaucoup d'environnements arides et semi-arides, où les précipitations changent d'année en année et où les plantes sont soumises à des périodes plus ou moins longues de déficit hydrique (Boyer, 1982). En effet, on assiste à un stress hydrique lorsque la demande en eau dépasse la quantité disponible pendant une certaine période ou lorsque sa mauvaise qualité en limite l'usage (Madhava Rao et al., 2006). Les conséquences du stress hydrique sur le blé dur sont la réduction de la surface foliaire, une diminution de l'intégrité cellulaire et de la teneur relative en eau.

I.9.1.2 Les contraintes Pédéo-édaphiques :

Selon Kribaa (2003), les contraintes édaphiques des zones de culture de blé dur agissent par une profondeur du sol réduite par des accumulations calcaires dures, limitant la réserve hydrique et le développement racinaire. Elles agissent également par l'état structural de l'horizon de surface qui détermine en grande partie le fonctionnement hydrique du sol. Les caractéristiques chimiques, biochimiques et biologiques du sol peuvent constituer également des contraintes.

I.9.2 Maladies:

La figure démontre que le blé dur est soumis à un stress biotique causé par la présence de différentes maladies tout au long de son cycle végétatif. Ceci a une incidence sur les rendements ainsi que sur le bon développement du blé dur.

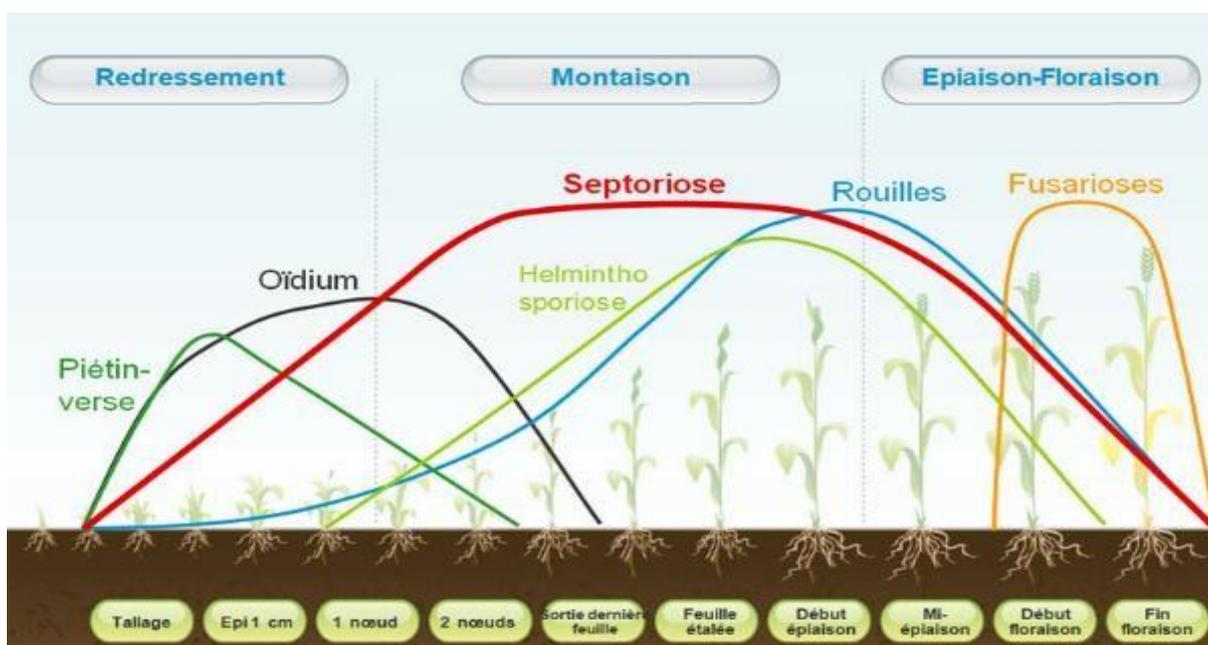


Figure 3 : Modèles de développement de différentes maladies durant tout le Cycle végétatif du blé. (Anonyme, 2011).

Tableau 4 : Tableau récapitulatif des maladies du blé dur.

Maladies	Agent pathogène	Symptômes	La lutte
Les rouilles (jaunes, brunes, noires).	<ul style="list-style-type: none"> _ <i>Puccini striiformis</i> _ <i>Puccinia triticina</i> _ <i>Puccinia graminis</i> 		<ul style="list-style-type: none"> _ Utilisation des variétés résistantes. _ l'emploi de produits fongiques.
Le charbon (nu, foliaire).	<ul style="list-style-type: none"> _ <i>Ustilago tritici</i> 		<ul style="list-style-type: none"> _ Utilisation des semences sélectionnées traitées au moyen d'un fongicide.
Septoriose	<ul style="list-style-type: none"> _ <i>Septoria tritici</i> _ <i>Septoria nodurum</i> 		<ul style="list-style-type: none"> _ Le choix de variétés résistantes à la maladie. _ La rotation avec des cultures autres que les céréales. _ Traitement des semences avec des fongicides.
Fusariose (pourritures racinaires)	<ul style="list-style-type: none"> _ <i>Microdochium nivale</i> _ <i>Fusarium roseum</i> 		<ul style="list-style-type: none"> _ désinfecter les semences. _ éliminer les résidus des plantes contaminées. _ éviter les rotations blé continu, blé/orge, blé/maïs, lorsqu'on laisse des résidus de ces cultures.

(Source : Original).

L'Oïdium	_ <i>Erysiphe graminis</i> f. sp. <i>tritici</i>		<ul style="list-style-type: none"> _ Utilisation des variétés résistantes. _ traitement des semences. _ pratique d'une rotation qui délaisse le blé sur au moins 2 ans.
Les caries	<ul style="list-style-type: none"> _ <i>Tilletia caries</i> _ <i>Tilletia foetida</i> 		_ Traitement des semences.
Helminthosporiose du blé	_ <i>Drechslera tritici-repentis</i>		<ul style="list-style-type: none"> _ Traitement des semences _ Utilisation des variétés résistantes. _ éviter les rotations blé/blé ou blé/orge.

(Source : Original)

Chapitre 02 :

Itinéraires techniques du blé dur

II.1 Notion d'itinéraire technique :

L'itinéraire technique est une combinaison logique et ordonnée de techniques appliquées à une culture en vue d'atteindre un objectif donné de rendement qui consiste dans le choix d'outils, les interventions successives et les décisions d'apport de tel ou tel fertilisant ou pesticide, de la mise en place d'une culture à sa récolte (Sebillote, 1978; Cedra, 1993). Le choix de l'itinéraire technique du blé dur repose sur certains nombres de critères dont les principaux sont:

- **La culture considérée:** en effet, chaque culture a ses exigences spécifiques quant aux techniques à lui appliquer : de la préparation du sol (sol plus ou moins ameubli), à la mise en place de la culture (semis direct ou semis en pépinière puis implantation), jusqu'à la récolte (récolte mécanisable ou non).
- **Les pratiques culturales:** celles-ci diffèrent des techniques culturales par le fait que ce sont des opérations culturales liées souvent à l'environnement économique ou socioculturel d'une région donnée (Prevost, 2006).

II.1.1 Le choix variétal :

Le choix variétal constitue un facteur primordial dans l'élaboration de l'itinéraire technique. La variété à cultiver doit être choisie en fonction de sa capacité à produire le maximum de grains (ou paille) et de la régularité de son rendement en relation avec son adaptation biotique et abiotique. Sans omettre de prendre en considération la disponibilité de sa semence sur le marché. Dans ce cas depuis les années 80, la mise en œuvre de programmes nationaux en collaboration avec les organismes internationaux (CIMMYT et l'ICARDA), ont permis la création de variétés précoces, productives, résistantes aux maladies et ayant une bonne qualité technologique. Ces progrès ont permis d'augmenter les rendements du simple au double en blé dur (Deghais et al., 1999).

En plus de leur productivité, le choix des variétés appropriées doit être raisonné en fonction des zones d'adaptation (zone semi-aride, zone favorable pluviométrie >450mm, zone irriguée et zone de montagnes).

Dans le tableau figurent des variétés recommandées selon leur adaptation aux zones agro-climatiques du Maghreb.

Tableau 5 : variétés du blé dur recommandées en fonction de leurs aires d'adaptation au Maghreb. (ITGC Oued Smer).

Pays	Aire de production	Variétés recommandées
Algérie	Sub-aride 200-350mm (hauts plateaux)*	Waha, Sahel 77, Vitron, ZbxFg, Ofanto, Or jaune, Paggio, Mohamed Ben Bachir, Mexicali, ACSAD 65, Polonicum, Gta dur, Bidi 17, Oum Rabi09, Karim.
	Semi-aride 350-450 mm (plaines telliennes)*	Waha, Sahel 77, Vitron, ZbxFg, Chen « s », oued Zenati, Mexicali, Bidi 17, Gta dur, Hedba3, Ofanto, Or jaune, Paggio, Kebir, Polonicum, Oum Rabi 09, Simeto, Cirta, Karim.
	Humide et sub-humide >450mm (littoral et sub-littoral)*	Waha, Sahel77, Vitron, ZbxFg, Mexicali, Chen « s », Gta dur, Karim, Ardente, Belikh02, Eider, Oum Rabi09, Ofanto, Simeton Bidi 17, Carioca, Cirta, Or jaune, Paggio.
Maroc	Semi-aride 250-450mm	Cocorit, ACSAD 65, Marzak, Karim, Bel Bachir, Sarif, Massa, Isl ? Oum Rabiàa, Tassaout, Tensift, Jawhar, Anouar, Yasmine, Amjad, Tarek, Ourgh, Marjana, Tomouh, Irden, Nassira, Chaoui, Amria, Maroune.
	Bour favorable 450-600mm	Cocorit, ACSAD 65, Marzak, Karim, Bel Bachir, Sarif, Massa, Isl ? Oum Rabiàa, Tassaout, Tensift, Jawhar, Anouar, Yasmine, Amjad, Tarek, Ourgh, Marjana, Tomouh, Irden, Nassira, Chaoui, Amria, Maroune.
	Montagne >600mm	Keyperounda, ACSAD 65, Sebou, Oum Rabiàa.
	irrigué	Karim, Jawhar, Bel Bachir, Sebou, Massa.
Tunisie	semi-aride	Karim, Razzak, khiar, Om Rabia, Ben Bachir.
	Sub-humide >450mm	Karim, Razzak, Khiar
	Humide, 700mm	Karim, Razzak, Khiar

*Baghdali, 1987 cités par Ben belkacem, 1997-zones agro climatiques de l'Algérie.

La précocité à l'épiaison est un caractère qui permet d'échapper au risque de sécheresse terminale. Une variété de blé dur qui présente une période végétative (levée-floraison) tardive

ou longue et une période (floraison- maturité physiologique) courte est pour certains auteurs à rechercher pour les conditions des hauts plaines et les plaines littorales de l'Ouest. L'amélioration génétique a permis de créer des variétés avec des précocités intermédiaires. Le tableau représente l'ensemble des variétés de blé dur ayant différentes précocité et cultivées à travers le Maghreb.

Tableau 6 : variétés et type de précocité de l'espèce blé dur au Maghreb. (ITGC Oued Smer).

Pays	Variété et type de précocité			
	Précoce	Semi-précoce	Semi-tardive	Tardive
Algérie	<ul style="list-style-type: none"> - Capeiti - Belikh 02 - Cham 4 - Chen S - Gta dur - Vitron - Kebir - Sahel - Tassili - Waha «S » - Oum Rabi 09 	<ul style="list-style-type: none"> - Bibans - Bidi 17 - Sebaou - Simeto - Ardente - Capeiti - Karim - Or jaune - Poggio - Carioca - Cirta 	<ul style="list-style-type: none"> - Polonciu m - Mohamed Ben - Bachir - Ofanto - Zibans 	<ul style="list-style-type: none"> - Eider - Hebda 3 - Oued Zenati
Maroc	<ul style="list-style-type: none"> - Acsad 65 - Marzak - Amjad - Massa - Tensift - Sarif - Jouda - Amira - Marouane 	<ul style="list-style-type: none"> - Cocorit - Jori - Bel bachir - Oum rabiàa - Karim - Jawher - Vitron - Yasmine - Ourgh - Tarek - Tassaout - Isly - Sebou - Anouar - Marjana - Tamouh - Irden - Nassira - Chaoui 		<ul style="list-style-type: none"> - keyperounda
Tunisie	<ul style="list-style-type: none"> - karim - Razzak 	<ul style="list-style-type: none"> - Khiar - Oum rabia 	<ul style="list-style-type: none"> - Ben - Bachir 	

II.1.2 Conduite du blé dur dans une agriculture conventionnelle :

➤ La place du blé dur dans la rotation :

Les rotations des cultures permettent l'amélioration de la fertilité, et la structure du sol, le contrôle des maladies, des insectes et des adventices. Pour le blé dur, le choix d'un précédent cultural est très important car il permet à la culture de bénéficier des avantages apportés par son précédent. Il ya deux types de rotations ; une rotation simple de type jachère

/blé ou blé/blé et une rotation plus longue (triennal ou quadriennale) impliquent diverses types de cultures (légumineuses alimentaires ou fourragères, pomme de terre ou autres). En effet, la culture d'un blé après un blé ou une orge est pénalisante pour les rendements réalisés (figure 4).

Sachant que le choix des rotations dépend plus particulièrement de considérations socio-économiques, on citera dans ce document les rotations les plus pratiquées dans le Maghreb.

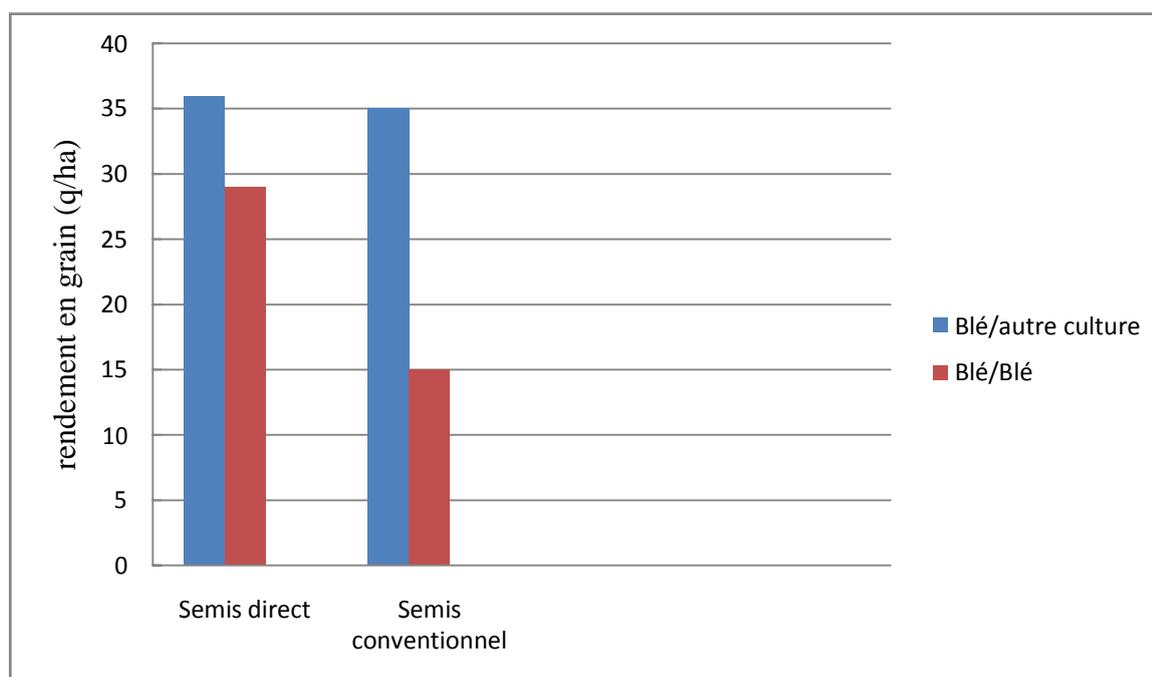


Figure 4: Effet de type de rotations sur les rendements en grain du blé dans un essai conduit à la station INRA de sidi El Aidai (El Brahli et Bouzza, 1996).

La rotation jachère/blé :

Ce type de rotation est le plus recommandé dans les zones semi-arides. On distingue deux types de jachère, la jachère travaillée (mécaniquement ou climatiquement) et la jachère enherbée (les mauvaises herbes sont gardées sur la parcelle). Dans le cadre de plusieurs travaux de recherche, la comparaison de deux types de jachère et de leurs effets sur la culture suivante, a montré que la jachère « climatique » ou les mauvaises herbes sont contrôlées entièrement et uniquement par les herbicides permet une meilleure conservation de l'eau et une amélioration des rendements du blé par rapport au blé continu et à la jachère conventionnelle (travaillée ou non travaillée) (El Mourid et al., 1993 ; Mrabet et El Brahli, 2001). Parmi les autres avantages cités de la jachère travaillée, il ya aussi son pouvoir de conserver plus d'azote au niveau du sol par rapport à d'autres rotations.

La rotation céréale/légumineuse :

Le choix d'une légumineuse comme précédent à une céréale, joue un rôle positif sur la fertilité du sol, que ce soit par l'enrichissement du sol en azote, ou par le travail en profondeur des systèmes racinaires (figure 5).

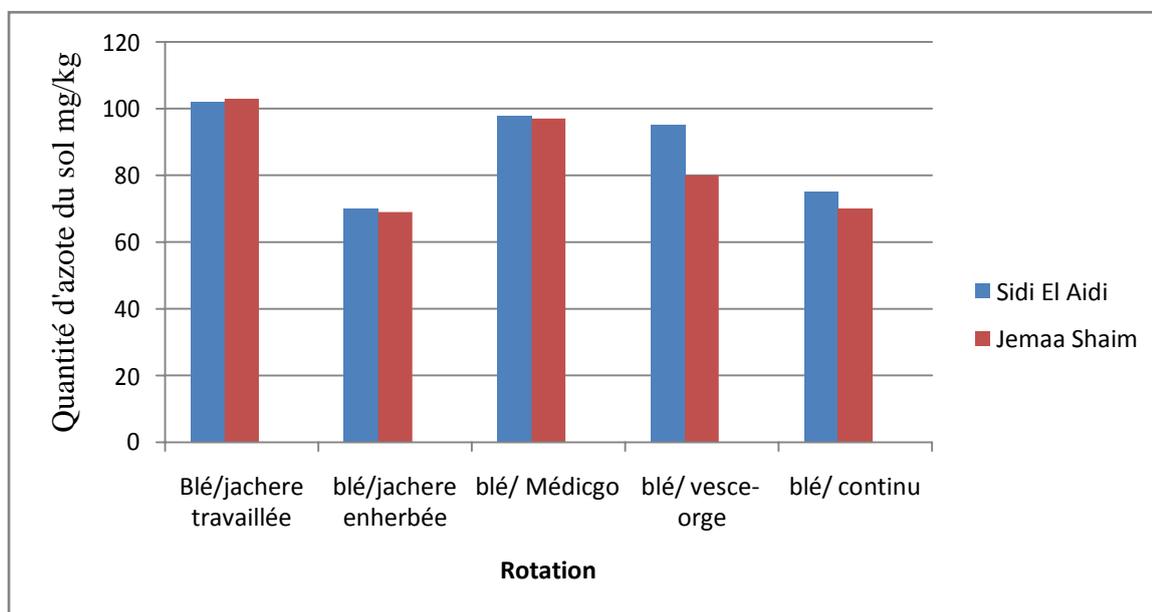


Figure 5 : Effet de la rotation sur le niveau d'azote dans le sol au moment du semis (mois de novembre) dans deux sites : Sidi El Aidi et Jema Shaim. Mazhar (1986) modifié.

La rotation maïs/blé :

Dans ce système de rotation, le maïs est considéré comme une culture nettoyante pour les céréales car pendant sa culture, il subit le désherbage manuel et mécanique en plus des labours pratiqués avant son installation. Ceci, permet au blé d’être installé sur un bon lit de semis.

La rotation oléagineuse/ blé :

Ce type de rotation est pratiqué en zone favorable.

La rotation betterave/ blé :

Cette rotation est pratiquée principalement en zone irriguée. La betterave est considérée comme une plante nettoyante car elle exige de nombreuses façons culturales, binages et sarclages.

- **Les principaux précédents culturels recommandés pour le blé dur en fonction des zones :**

Tableau 7 : rappel des principaux précédents culturels du blé par zone climatique (Benyassine, 1991 ; Mazhar, 1986).

Zone semi-aride	Zone favorable-potentielle	irrigué
- Jachère travaillée - Légumineuse - Maïs	- Légumineuses alimentaires - oléagineux - les cultures fourragères (vesce/ avoine ; Bersim) - Maïs	- betterave - légumineuse alimentaire - maïs grain ou fourrager - Bersim

II.1.2.1 Le travail du sol :

Le travail du sol est une étape importante pour la réussite de la culture du blé dur. C'est l'opération la plus mécanisée et elle est basée sur l'utilisation d'outils (charrues, cover crop, chisel, etc...) en traction mécanique principalement et traction animale pour l'araire (labour traditionnel) dans certaines conditions. Il comprend à la fois le labour et les travaux superficiels de préparation du lit de semis. La qualité du travail du sol dépend de la nature des outils utilisés et de la période d'intervention de chaque outil.

Une bonne préparation du lit de semence est donc nécessaire pour assurer une bonne germination des graines et un meilleur contact entre le sol et la graine. Parmi les avantages du travail du sol, il faut souligner son rôle à diminuer la résistance du sol à la pénétration des racines par une amélioration de sa structure et parfois de son humidité. Il améliore aussi l'aération du sol, facilite les échanges gazeux au niveau de la racine, et contribue à l'enfouissement des semences produits par les adventices.

a. Le labour :

Le travail du sol conventionnel ou labour consiste à découper une bande de terre et la retourner. Les outils mis en œuvre sont les charrues à socs ou à disque. La profondeur de travail varie en fonction du type d'outil et peut atteindre 25 à 35 cm (Aboudrare, 2009).

Le labour constitue la principale étape du travail du sol pour l'installation de la culture. Il est recommandé d'éviter les labours trop profonds qui demandent beaucoup de puissance et qui ont pour effet de diluer la matière organique et les éléments minéraux (Simon et al., 1989).

b. Les outils du labour et leur aire d'utilisation :

Trois types d'outils sont souvent utilisés pour le labour : le chisel, la charrue à socs et la charrue à disques. Dans certaines zones accidentées, le recours à l'araire reste une alternative pour le travail du sol bien que la profondeur réalisé par cet outil soit faible ;

En zones arides et semi-arides, le labour avec retournement du sol est à éviter (Anonyme, 1995). En effet, dans ces zones où le souci majeur est la conservation de l'eau, les outils à dents tel que le chisel sont les mieux conseillés. Le passage des dents du chisel, entraîne le fendillement du sol et son éclatement.



Figure 6: a : Charrue à socs
d : Herse

b: Chisel
e : cover-crop

c: Charrue à disques
f : cultivateur

L'avantage essentiel du chisel par rapport aux charrues à disques ou à socs et de permettre de travailler les sols à l'état sec même s'ils sont caillouteux (Jouve et Berrada, 1993). Les chisels sont aussi mieux adaptés que les charrues au travail du sol en terres caillouteuses, sur les pentes et dans les parcelles de formes irrégulières (Berrada et Gandah, 1994). Cependant, si le sol est humide, le chisel peut créer de grosses mottes qui peuvent être remontées en surface et devenir très dures à l'état sec (Berrada et Gandah, 1994). Des essais réalisés sur sols caillouteux ont montré que les outils à dents ont de meilleures performances en comparaison à la charrue à disques car ils laissent en profondeur des sols meubles et ne remontent pas les pierres en surface. En cas d'utilisation d'outils à disques ou à lames en zones arides et semi-arides, il est conseillé de travailler le sol en réduisant au maximum le nombre de passages pour éviter les pertes d'eau.

En zones favorables avec des sols profonds, la charrue à socs est l'outil le plus conseillé. Elle est utilisée dans les zones Nord-Ouest du Maroc (Ouattar et Ameziane, 1989). C'est un outil qui retourne bien le sol, cependant il exige une puissance de traction importante.

La charrue à disques est un outil conçu pour les sols profonds, cependant le retournement du sol est moins complet par rapport à la charrue à socs. Elle est surtout conçue pour les terrains caillouteux où les disques roulent sur les obstacles. En terre humide, le labour avec la charrue à disques crée une semelle de labour dont l'importance est fonction de l'humidité du sol et du poids du disque.

c. Le choix des périodes de labour :

La période de labour dépend du type de précédent cultural. Ainsi, cette période diffère en fonction de plusieurs facteurs et caractéristiques des systèmes de cultures pratiqués au niveau de chaque région.

Dans les zones où la jachère se pratique en rotation avec le blé, les premiers travaux du sol peuvent être pratiqués dès l'hiver. Des travaux de recherche réalisés sur la période de travail de la jachère précédant la culture de blé dur, ont montré que quelque soit l'outil utilisé, les travaux d'hiver permettent d'atteindre les meilleurs rendements en grain (figure3). Dans ce cas, seules des façons superficielles en automne sont recommandées avant le semis (Ould Said, 2004).

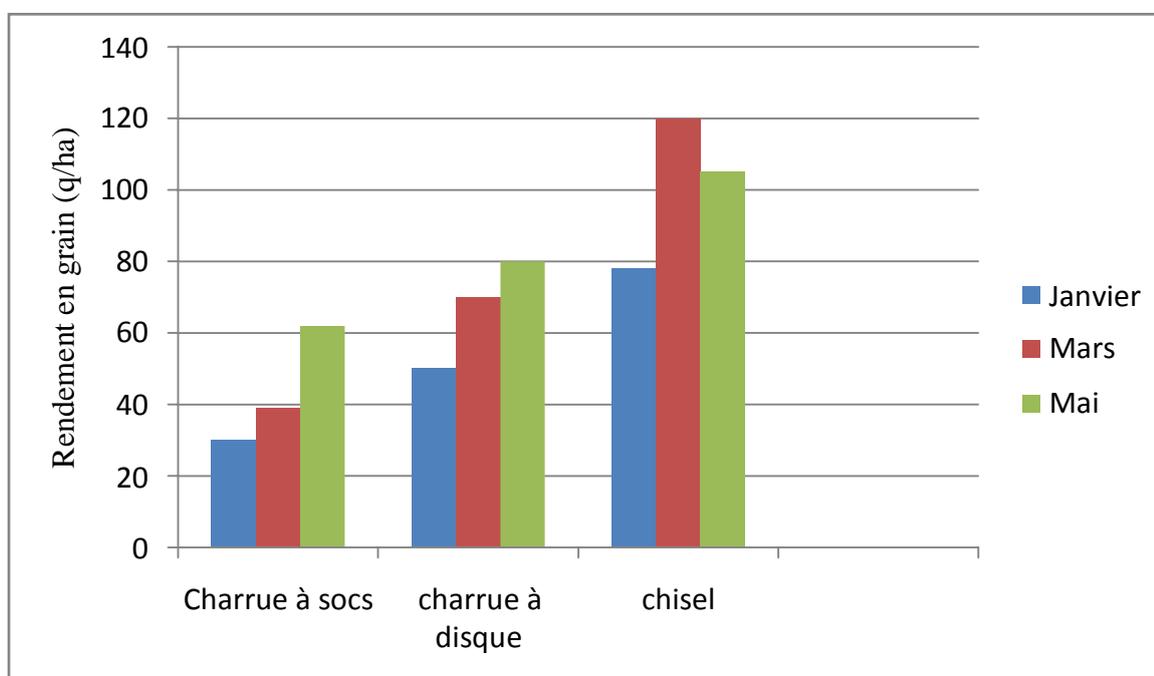


Figure 7 : Effet de la période du labour et de l'outil de travail du sol sur le rendement en grain du blé dur (Ould Said, 2004).

d. L'orientation des labours :

Sur les terrains plats, l'orientation du labour peut être réalisée dans n'importe quelle direction. Sur les terrains en pente, il est recommandé de travailler le sol perpendiculairement au sens de la pente, ceci afin d'éviter les problèmes d'érosion.

e. La préparation du lit de semis :

La bonne préparation du lit de semence s'avère fondamentale pour assurer les meilleures conditions de température, d'humidité et d'aération aux semences en germination.

Pour la préparation du lit de semences, on distingue trois types d'outils : les cultivateurs, les cover-crop et les herses. Ces outils permettent un bon émiettement des mottes. Le travail superficiel réalisé par ces outils en affinant le sol, en répartissant et en enfouissant partiellement les résidus, facilite le travail du semoir et améliore la qualité du lit de semences. Cependant, il faut souligner que leur utilisation dans un sol trop humide entraîne la formation de semelles superficielles, limitant la propagation des racines (Simon et al., 1989). Cette opération doit être réalisée le même jour ou la veille du semis.

II.1.2.2 Le semis :

Le semis consiste à placer les graines à une certaine profondeur dans le lit de semences. Il faut placer les graines à une profondeur régulière de 4 à 6 cm pour faciliter la levée des plantules (Jouve et Berrada, 1993 ; Benaouda, 1994). Au moment de semer, il faut intégrer plusieurs facteurs tels que la date, le mode et la dose de semis afin de réussir cette opération.

f. La date de semis :

La date de semis est déterminante pour la réussite de la levée de la plante et aussi pour l'évolution de la culture pendant tout son cycle. Aussi, le choix de la date de semis des céréales d'automne est raisonné en fonction des régions climatiques. Ainsi, en fonction de chaque zone agro-écologique, le blé risque de rencontrer des aléas climatiques qui peuvent engendrer des pertes de rendement. Dans les zones où la fréquence des sécheresses de fin de cycle est élevée, les dates de semis doivent être choisies de telle sorte que la variété atteigne le stade épiaison avant le début de la période sèche. C'est pour cette raison que les études fréquentielles du climat sont importantes pour l'estimation des dates optimales de semis. Les études réalisées dans ce cadre ont permis d'orienter les dates de semis à recommander pour chaque zone agro-écologique.

Dans les zones semi-arides, il est recommandé de semer entre le 10 et 15 novembre. En effet au-delà de ces dates, la culture risque les effets de sécheresse de fin de cycle et également les attaques de cécidomyie dès le stade tallage. De plus, dans ces zones, selon Jouve et Daoudi (1984), les semis très précoces sont plus favorables aux orges par rapport

blés en raison de leurs aptitudes à une couverture du sol plus rapide qui leur permet de supporter la concurrence des adventices et une sensibilité moindre vis-à-vis des prédateurs.

En zone humide, il est impératif de semer précocement. Des semis étalés entre le 15 et le 30 novembre sont les mieux conseillés. Au delà de ces dates, on risque de pénaliser la production. Des études réalisées dans la région de Chaouia ont montré que les pertes de rendement peuvent atteindre jusqu'à 50% entre les semis de début novembre et ceux de début janvier (Bouchoutrouch, 1996).

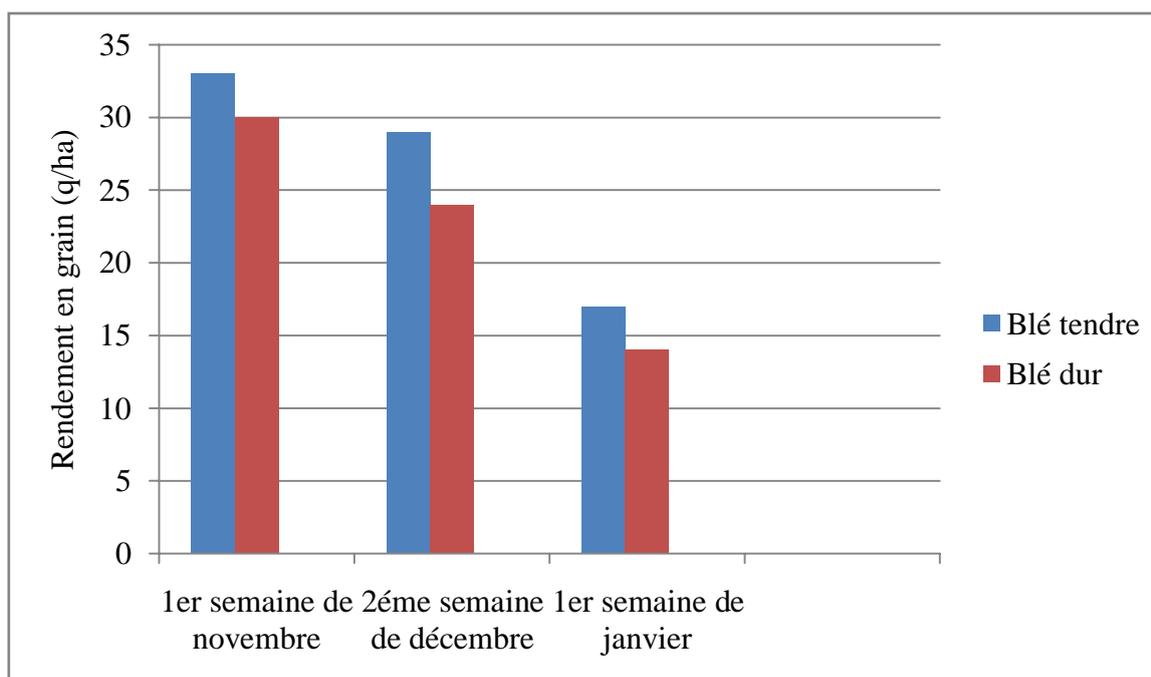


Figure 8 : Effet de la date de semis sur le rendement en grain de blé tendre et du blé dur (moyenne de trois campagnes agricoles) (Bouchoutrouch, 1996).

Dans les périmètres irrigués, une étude réalisée par Bouaziz (1999) a permis de recommander une date de semis située entre le 15-20 novembre.

g. Le mode de semis :

Deux modes de semis conventionnels sont pratiqués dans la culture du blé, le semis manuel à la volée et le semis mécanique en ligne ou à la volée.

Dans les zones accessibles à la mécanisation, il est recommandé d'utiliser le semoir pour assurer une distribution et un emplacement homogène des graines. En effet, les semis en

ligne favorisent une bonne germination et une levée homogène des plantes, ce qui justifie les meilleurs rendements atteints avec un semis au semoir par rapport au semis à la volée (Tableau 2).

Tableau 8 : Effet du mode de semis sur le rendement et ses composants chez le blé dur (Hamadache et al., 2002).

Mode de semis	Peuplement à la levée (plantes/m ²)	Hauteur à l'épiaison (cm)	Nombre d'épis/m ²	Nombre de grains/épi	PMG (g)	Rendement (qx/ha)
-A la volée	179	74	152	64	33	11
-Au semoir	193	82	280	62	37	25

Dans les zones où l'utilisation du semoir ne serait pas possible, le semis à la volée demeure l'unique alternative malgré les nombreux inconvénients qu'il présente. Avec ce mode de semis, l'emplacement des graines au niveau de la parcelle est hétérogène et dépend des types d'outils utilisés pour le recouvrement de la semence.

En cas de retard des pluies, il est impératif de procéder à des semis en sec en respectant une profondeur de semis suffisante (environ 5cm) et le passage de rouleau pour permettre un bon contact sol-graine (MADPRM, 1999). En cas de semis profond, la levée est retardée et les plantes qui atteignent la surface sont chétives, les réserves sont parfois épuisées avant la sortie du sol de la première feuille et la plante meurt, ce qui entraîne le plus souvent des rendements faibles (**figure 9**).

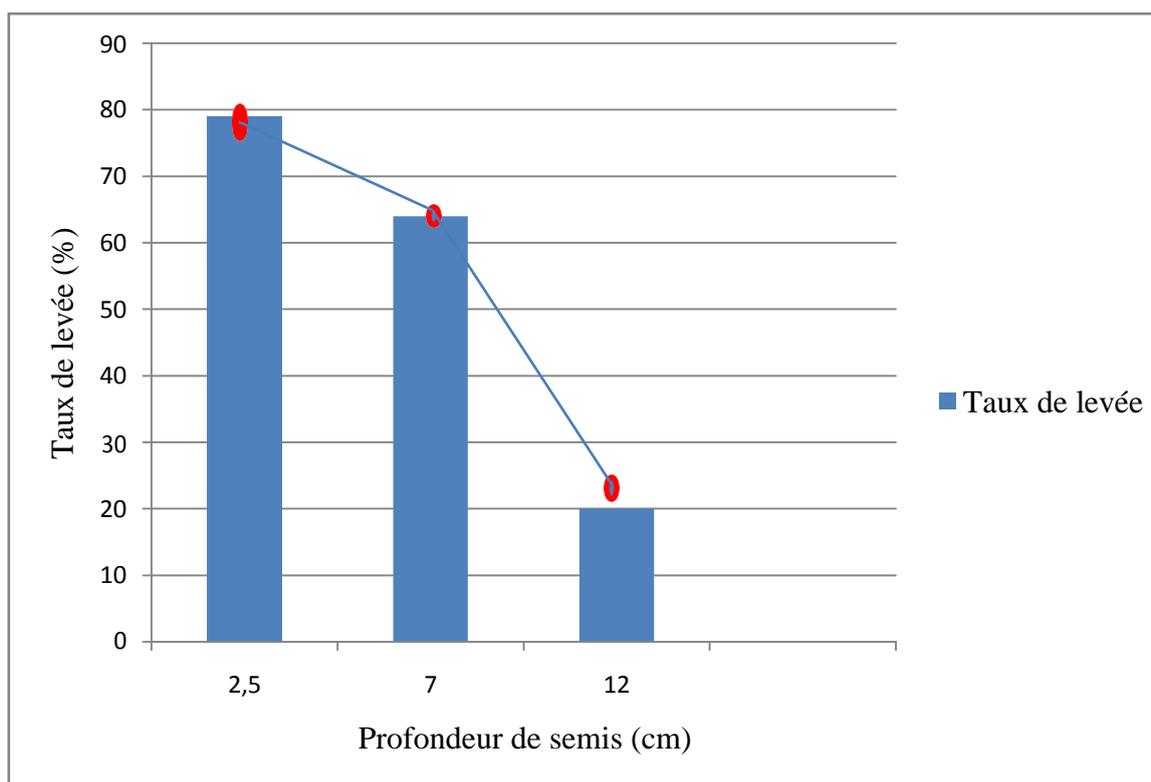


Figure 9 : Effet de la profondeur de semis sur le taux de levée et le rendement en grain du blé dur en zone semi-aride (Hazmoune et Ben Larbi, 2001).

h. La dose de semis :

Le raisonnement de la dose de semis doit viser l'obtention d'un peuplement optimal. La détermination de la dose de semis à l'hectare dépend du nombre de pieds souhaités au mètre carré, du poids de mille grains et de la faculté germinative des semences. Ainsi, en tenant compte des ces derniers paramètres, la dose de semis Q est calculée selon la formule suivante :

$$\text{La dose de semis } Q \text{ (kg/Qha)} = \frac{\text{Nombre de pieds souhaités/m}^2 \times \text{poids de mille grains (g)}}{\text{Faculté germinative de la semence (\%)}}$$

Le nombre de pieds/m² recommandé varie en fonction des conditions du milieu. Ainsi, il varie de 200 pieds/ m² en zone aride à 450 pieds/m² en irrigué (tableau 4). Dans certaines zones irriguées, comme c'est le cas du périmètre irrigué des Douklala (Maroc) ; Bouaziz

(1999), a conclu que les meilleurs rendements du blé peuvent être atteints avec un peuplement de l'ordre de 350 pieds / m².

Tableau 9 : Périodes de semis et densités de semis recommandées par zone agro-écologique. (Bouaziz, 1999).

Zone agro-écologique	Période de semis recommandés	Densité de peuplements recommandés (pieds/m ²)
	Blé	Blé
Aride	1 ^{er} nov. _ 15 nov.	250 – 300
Semi-aride	10 nov. _ 20 nov.	250 – 350
Subhumide	10 nov. _ 30 nov.	300 – 350
Humide	1 ^{er} nov. _ 30 nov.	300 – 400
irrigué	10 nov. _ 10 déc.	350 _ 450

II.1.2.3 Roulage :

Le roulage du sol, juste après semis ou au stade deux feuilles, est toujours bénéfique pour la culture du blé. Le roulage assure en effet :

- Un bon contact semences-terre ;
- Une levée rapide et homogène ;
- Un bon développement racinaire par un meilleur contact sol-racines ;
- Un bon tallage-épis ;
- Un bon nivellement de la surface du sol.

Le roulage est à réaliser, de préférence avec un rouleau lisse ou croskill dans le sens de semis avec une vitesse d'avancement de 6 à 8 km/h.

L'application de l'ensemble des éléments de cet itinéraire garantit un rendement élevé et assez stable dans le temps.

Tableau 10: Effet de roulage sur quelques paramètres de croissance chez le blé dur en fonction du mode de semis à Tipaza. (ITGC Oued Smer 2003-2004).

	Roulage après le semis			
	Oui		Non	
	Plantes/m ²	Epis/m ²	Plantes/m ²	Epis/m ²
- Mode de semis :				
- A la volée	150	320	100	135
- En ligne	300	390	250	290

II.1.2.4 Le désherbage :

L'une des principales contraintes des céréales au Maghreb est l'envahissement des parcelles par les adventices. C'est dernières par leur présence dans les champs de céréales rentrent en compétition avec les plantes pour l'eau, la lumière et les éléments nutritifs. Ceci engendre souvent des pertes en rendement. Il faut noter également que la nuisibilité biologique et économique des adventices varie selon l'espèce, le degré d'infestation, la durée de la présence dans la culture et aussi le stock grainier dans le sol.

Ainsi, le rôle du désherbage est de réduire la population des adventices à un niveau n'affectant ni le rendement ni la qualité de la récolte. Dans une année favorable caractérisée par une forte infestation des adventices, les pertes de rendement enregistrées au niveau des parcelles de céréales non traitées peuvent atteindre 70% ou même plus. En plus des effets directs sur le rendement, la présence des adventices sur les parcelles cause d'autres effets indésirables. Ainsi, les graines d'adventices constituent une source de ré- infestation des parcelles en rotation. Les adventices peuvent également être les hôtes de maladies ou de ravageurs, gêner la récolte mécanique et déprécier sa qualité.

De ce fait, la protection des cultures céréalières comme toutes les autres cultures, est essentielle pour l'amélioration de la productivité qui dépend de plusieurs facteurs dont le contrôle des mauvaises herbes.

Tableau 11 : Rendement en grain relatif (% du témoin) du blé dur infesté par deux groupes d'adventices (monocotylédones et dicotylédones) durant trois phases de son cycle de développement (Hamadache, 1995).

	monocotylédones			dicotylédones		
	Levée-tallage	Tallage-épiaison	Epiaison-maturité	Levée-tallage	Tallage-épiaison	Epiaison-maturité
Parcelle témoin (non désherbé)	100	100	100	100	100	100
Parcelle désherbé	393	288	162	275	197	104

• **L'importance du contrôle des mauvaises herbes dans les cultures céréalières :**

Les nombreux essais et prospections réalisés sur la conduite des céréales d'automne ont démontré la nuisibilité des adventices aussi bien en conditions pluviales qu'en irrigué. En effet, la présence des adventices dans les champs de céréales entraîne souvent des chutes de rendement qui sont variables en fonction des zones agro-climatiques, du précédent cultural et du type de semences utilisé. En culture pluvieuse, il a été démontré que les zones les plus arides sont celles où les rendements en grain sont les plus affectés.

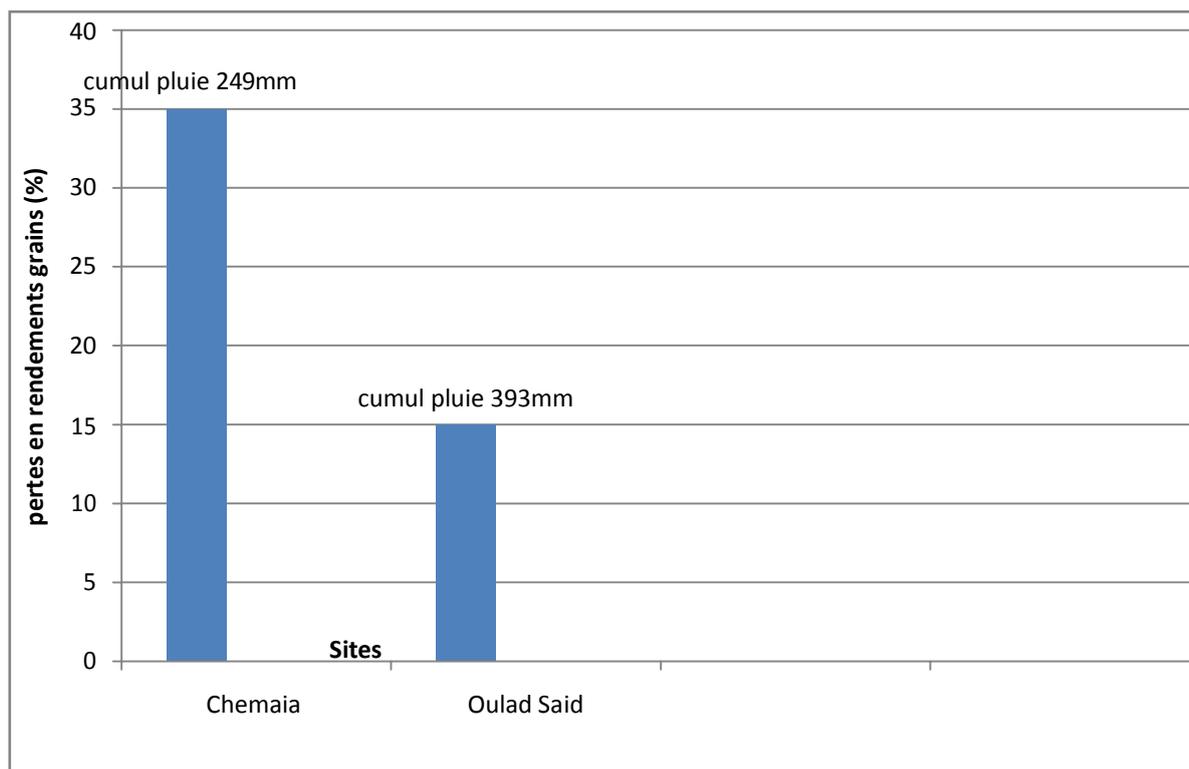


Figure 10: Pertes en rendements en grain du blé dur causés par la présence des adventices dans deux sites semi-arides du Maroc (tanji et al., 1987).

Pour lutter contre les adventices présents au niveau de la parcelle, il est fortement recommandé de choisir le bon moment du désherbage à moindre coup. C'est pour cette raison qu'il faut trouver un compromis entre les différentes techniques qui sont proposées pour répondre à ces objectifs. En effet, la lutte contre les adventices doit être raisonnée en tenant compte de plusieurs facteurs étroitement liés et aussi importants les uns que les autres pour un contrôle efficace.

➤ **L'arrachage manuel :**

L'arrachage manuel des adventices c'est une technique anciennement pratiquée. Cependant, cette pratique n'est recommandée que sur les petites parcelles et en cas de faible infestation de mauvaises herbes, de préférence avant le stade épiaison (TANJI, 1986).

➤ **Le désherbage chimique :**

Aujourd'hui, la protection chimique des cultures demeure un moyen efficace de lutte contre les mauvaises herbes. Les herbicides ont pour rôles de lutter contre les mauvaises herbes, soit on les supprime, soit on inhibe leur développement.

Le meilleur moyen de lutte contre les adventices est de les combattre dès les premiers stades du développement des céréales. Le désherbage précoce au stade 3 feuilles de la culture est le plus conseillé car il permet aux plantes d'éviter la compétition des mauvaises herbes pour l'eau et les éléments minéraux. Par contre, le désherbage tardif peut être moins efficace, car certaines espèces de mauvaises herbes sont difficiles à contrôler lorsqu'elles atteignent des stades avancés. Ainsi, les gains de rendement en grains et en pailles obtenus avec un désherbage précoce étaient souvent meilleurs que ceux obtenus après un désherbage tardif (Tanji et Karrou, 1993 ; Bouhache et al., 2000) . Ces gains de rendement dépassent les 50% en conditions pluviales et même les 70% en irrigué.

Tableau 12 : L'effet de l'application du désherbage chimique à différents stades sur le rendement du blé dur (Bouhache et al., 2000) .

Traitements	Stades d'application	En pluvial (Bour)		En irrigué	
		Rendement en grain (q /ha)	Le gain (%)	Rendement en grain (q /ha)	Le gain(%)
Désherbage précoce	2-3 feuilles début tallage	56.5	54.0	62.5	76.1
Désherbage semi-précoce	Début tallage Mi-tallage	52.5	43.9	55.7	56.9
Désherbage tardif	Début montaison	44.9	22.3	48.6	36.9
Aucun désherbage		36.7	-	35.5	-

II.1.2.5 Le raisonnement de la fertilisation minérale :

Les cultures annuelles telles que les blés craignent la carence en phosphore (P) et en potassium (K) quand elles sont jeunes car leurs racines n'exploitent qu'une faible partie du sol. L'engrais doit donc être apporté en début de cycle et au plus près des jeunes racines. Ce qui correspond à la fertilisation.

Pour atteindre le meilleur rendements, il faut satisfaire les besoins des cultures en éléments fertilisants par des apports d'engrais en quantités suffisantes et au moment opportun (EL GHAROUS ET AL ., 1993) . Une bonne gestion de la fertilisation minérale est une étape importante de la conduite culturale pour améliorer le rendement et de maximiser les gains à l'hectare. La dose totale de l'engrais à apporter doit fournir la différence entre les besoins de la culture et la quantité disponible de l'élément dans le sol.

Par ailleurs l'intégration de l'application des engrais dans un ensemble de bonnes pratiques agricoles permet de subvenir au besoins des plantes en éléments nutritifs , en quantité suffisante et dans des proportions équilibrés , sous des formes assimilables et au moment où les plantes manifestent leurs besoin avec l'importance du respect des conditions de cultures régionales tels que le climat , le type du sol , la pratique de l'irrigation , les variétés ... etc.

La meilleure recommandation pour chaque région devrait être déterminée en collaborations avec les centre et stations expérimentales de recherches locaux et régionaux.

➤ Déterminer la quantité d'engrais à apporter :

La dose à apporter dépend des conditions de conduite de la culture (en irrigué ou pluvial), de précédent cultural et de la variété cultivée. Une méthode estimative simplifiée permet de calculer la dose à apporter en tenant compte du bilan prévisionnel qui correspond à la différence entre les besoins de la culture en éléments fertilisants et la quantité de chaque élément nutritif dans le sol selon la formule suivante :

Dose d'engrais = Besoins de la culture – fournitures d'azote par le sol

Cette formule de détermination de la dose d'engrais à apporter est valable aussi pour l'azote le phosphore et le potassium. Elle préconise donc de raisonner la fumure à partir d'une analyse de sol et d'une évaluation du potentiel de rendement de l'espèce dans la zone.

Ce rendement peut être évalué par la moyenne des rendements observés au cours des dernières années dans la même situation.

a. la fertilisation azotée :

Les besoins en azote d’une culture de céréale varient au cours du cycle de la culture en fonction des différentes phases de développement.

➤ **Les apports azotés :**

La fertilisation azotée doit être raisonnée en fonction de la disponibilité hydrique, du potentiel de production du sol, de la variété utilisée, du précédent cultural, de la richesse du sol en cet élément et de l’objectif de rendement.

L’apport peut être effectué mécaniquement avec un épandeur d’engrais ou un semoir combiné (au moment du semis) et manuellement dans certaines conditions.

Le raisonnement de cette fertilisation a pour objectif d’éviter tout excès ou déficit des apports qui pourrait pénaliser le rendement.

Les fournitures azotées du sol dues à la minéralisation de la matière organique, mais aussi aux résidus de la culture précédente.

Sachant que le rendement des céréales varie en fonction des conditions agro-climatiques de chaque région :

Tableau 13 : Les besoins azotés du blé établis par zone agro-climatique en fonction du rendement prévisionnel de la culture dans le Maghreb. (Jouve, 1993).

Zone agro-climatique	Rendement en grain prévisionnel (q/ha)	Besoin en azote (kg/ha)
		Blé
Semi-aride	10	30 - 35
	20	60 - 70
	30	75- 90
Humide et Sub- humide	40	120 -140
	50	150 -175
irrigué	60	180 -210
	70	210 – 245

Les doses d'azote sont réduites dans le cas des parcelles ayant conçu du fumier ou ayant servi précédemment à la culture d'une légumineuse.

- **La fertilisation azotée et son effet sur le rendement :**

La plus grande partie des travaux réalisés sur la fertilisation azotée a mentionné un effet significatif de la dose d'azote sur le rendement en grain du blé (Mossedaq, 1990 ; Khatibi, 1993 ; Benihya, 1993 ; Mekli et Ben Frej, 1999 ; Mossedaq et Moughli, 1999 ; Halilat et Dogar, 2000). Ces effets de la fertilisation azotée se répercutent particulièrement sur les composantes du rendement. Le nombre de grains /m² (NGR/m²) est la composante la plus dépendante de la fertilisation azotée. Cette composante du rendement est déterminée par le nombre d'épis/m² et le nombre de grains/épi.

De plus des carences en azote au alentour de la floraison provoquent des avortements de fleurs (Jeuffroy, 1994 ; Gate ,1995) ce qui réduit le nombre de graines par épi. Ainsi, il s'avère que des carences azoté avant le début de la floraison réduisent significativement le nombres de graines par m² (Jeuffroy et bouchard, 1999).

En effet, des doses élevées d'azotes apportés pendant la phase végétative, favorisent l'élaboration d'une grande quantité de matière sèche et du nombre de graines / m² et créent une forte compétition pour les assimilats, ce qui va se répercuter sur le remplissage des grains et de ce fait réduire le PMG.

- b. La fertilisation phosphatée :**

- **Les apports d'engrais phosphatés :**

En raison de la faible mobilité de l'ion PO₄⁻ dans le sol, les engrais phosphatés sont enfouis au niveau du sol avant ou au moment du semis.

- **Les quantités d'engrais phosphatés à apporter :**

Des études réalisées dans les périmètres irrigués du Gharb et de Tadla au Maroc et en zones semi-arides des hauts-plateaux de Tiaret en Algérie, ont montré que lorsque le sol présente des teneurs en phosphore assimilable supérieur à 12ppm, l'apport des engrais phosphatés n'est plus justifié (Moughli, 1991, Anonyme, 1991). Les recherches entamées en zones arides et semi-arides du Maroc ont montré que les seuils critiques pour l'apport du phosphore varient de 5 à 8 ppm (Farihane, 1996). De plus, les résultats de travaux de

recherche menés en Tunisie, ont prouvé l'efficacité de l'apport phospho-potassique sur l'accroissement des rendements en grain, de la biomasse et de la qualité des grains du blé dur conduit en intensif ainsi que sur l'amélioration de la résistance au stress thermique de la culture (Daly Aissa et Mhiri , 2002)

Tableau 14: Les besoins en phosphore du blé établis par zone agro-climatique en fonction du rendement prévisionnel. (Daly Aissa et Mhiri , 2002)

Zone agro-climatiques	Rendement en grains Prévisionnel (qx /ha)	Besoin en phosphore
		Blé
Semi-aride	10	12-15
	20	24-30
	30	36-45
Humide et sub -humide	40	48-60
	50	60-75
Irrigué	60	72-90
	70	84-105

D'autre part, les enquêtes menées par l'ITGC dans le Sersou (Tiaret) ont révélé que le phosphore est un facteur limitant de la production du blé dans cette zone. Ce résultat est confirmé par des essais de fertilisation menés dans la région. (Tableau 15).

Tableau 15 : Effet de la fertilisation phosphatée sur le rendement du blé, dans le Sersou (ITGC – Tiaret, 1975).

Dose de super 46%	0.5 q/ha	1.5 q/ha
Rendement blé (q/ha)	17	20
Rendement paille (q/ha)	20	36
Peuplement épis/ m ²	268	320

Ces résultats montrent donc l'effet positif et significatif du phosphore sur le rendement en grain, en paille et sur le rendement-épis chez la variété locale de blé.

Les résultats des enquêtes, observations et essais menés au niveau des Hautes plaines céréalières, ou les sols sont généralement calcaires, ont bien mis en évidence l'importance de phosphore pour la croissance, le développement et la production du blé en grain et en paille.

Tableau 16 : Effet de la fertilisation phosphatée (TSP) sur le développement et la production du blé local en zone nord de Sétif (Anonyme, 1978).

Traitements	Hauteur de la paille à la floraison (cm)	Longueur d'épis (cm)	Nombre de grains/m ²	Poids de la paille/m ²	Rendement en grains/ m ²
Sans phosphore	62.8	3.4	3 908	178.8 (g/m ²)	150.9
Avec phosphore	93.2	6.3	5 459	232.3	215.3
signification	HS	HS	S	HS	HS
Légende : HS =hautement significatif au seuil de p<0.05, S= significatif					

c. La fertilisation potassique :

Les engrais potassiques sont des engrais de fond et leur apport se fait avant ou au moment de semis.

➤ **Les quantités de potasse à apporter :**

Une étude réalisée dans la zone du Gharb, sur les sols Dehs ou Tirs ayant des teneurs en K₂O échangeable <140 mg/Kg ; a montré que l'apport du potassium pour la culture du blé n'est plus justifié (Badraouio et al., 2001).

Le tableau ci-dessous, résume les apports potassiques recommandés en fonction des zones agro-climatiques.

Tableau 17: Les besoins en potasse du blé établis par zone agro-climatique en fonction du rendement prévisionnel. ((Badraouio et al., 2001).

Zone agro-climatique	Rendement en grain prévisionnel (q/ha).	Besoins en potasse
		Blé
Semi-aride	10	15-20
	20	30-40
	30	45-60
Humide et Sub-humide	40	60-80
	50	75-100
irrigué	60	90-120
	70	105-140

➤ **Interactions entre les éléments fertilisants majeurs (NPK) :**

L'interaction, souvent positive, entre les éléments fertilisants majeurs est bien connue. Ainsi, l'action de potassium est améliorée par l'azote. Une culture bien alimentée en azote, répond mieux aux apports de potassium. Un essai de fertilisation NxK mis en place à la station de l'ITGC de Oued Smar a mis en évidence cette interaction positive.

Tableau 18 : Effets des doses croissantes de potassium (Kg/ha de K) sur la réponse du rendement du blé dur (q/ha), variété Waha, à la fertilisation azotée (Kacem, 1992).

	0K	100K	200K	Moyenne
0 KgN	40.69	37.03	32.63	36.78
67 KgN	43.90	47.28	58.58	47.92
134KgN	50.80	48.97	64.61	54.79
Moyenne	45.13	44.42	49.94	

On note donc, que la réponse du blé aux doses croissantes de potassium en l'absence de l'azote (ON) était nul voir négative .elle passe en effet, de 40.69 q/ha à la dose 0K kg/ha à 32.36q/ha à la dose 200kg K/ha. Par contre, en présence de l'azote, la réponse à l'apport de K a été positive et significative et le rendement passe ainsi de 58.58 q/ha à 67kg N et à 64 .61 q/ha à 134kg N.

➤ **Les symptômes de carences du blé en NPK :**

Tableau 19 : Les symptômes de carences du blé en azote, phosphore et potassium. (Original).

Les éléments majeurs NPK	Les symptômes de carences en NPK
L'azote	<ul style="list-style-type: none"> - plantes chétives ; - décoloration des feuilles qui prennent une couleur jaunâtre du sommet vers la base ; - sénescence prématurée des feuilles ;
Phosphore	<ul style="list-style-type: none"> - Croissance ralentie et plantes chétives ; - Les feuilles âgées sont vert foncé à rouge violet ;
Potassium	<ul style="list-style-type: none"> - Croissance ralentie ; - Les bords des feuilles jaunissent, se dessèchent et meurent ;

II.1.2 6 L'irrigation :

La culture des céréales dans le Maghreb est pénalisée par la faiblesse des précipitations, leur irrégularité et une évaporation élevée. Ceci occasionne des déficits hydriques à différents stades de la culture. Pour faire face à ces aléas, l'irrigation des céréales constitue une solution pour assurer l'amélioration et la stabilité des rendements.

Les études réalisées sur les besoins en eau des céréales et les stades critiques au déficit hydrique impliquent une meilleure gestion de l'irrigation.

Etant donné que la culture des céréales dans le Maghreb est localisée principalement dans les régions arides et semi-arides, caractérisées par des conditions de milieu très difficiles et où l'eau reste le principal facteur limitant la production, l'irrigation d'appoint ou de complément demeure indispensable pour sécuriser la production.

➤ **Les modes d'irrigation :**

L'irrigation est définie comme étant un apport d'eau, afin d'augmenter et de stabiliser la production. Deux types d'irrigation sont pratiqués actuellement : l'irrigation d'appoint et l'irrigation totale.

- **L'irrigation totale ou systémique :**

Ce type d'irrigation est basé sur la satisfaction totale des besoins en eau de la culture pour atteindre les rendements potentiels. L'objectif de cette irrigation est d'atteindre l'ETM de la culture. Les besoins en eau sont apportés à différentes périodes du cycle de la culture en complément aux précipitations. Dans ce cas, la période d'apport des irrigations est fonction de l'humidité du sol et des précipitations.

Ainsi, le nombre des irrigations pour satisfaire le besoin total des plantes est fonction de la zone agro-climatique :

- Dans les zones humides ou favorables : 1 à 3 irrigations sont suffisantes pour combler le déficit hydrique ;
- Dans les zones semi-arides : il est recommandé d'apporter 2 à 3 irrigations ;
- Dans les zones arides : 5 à 6 irrigations doivent être apportées ;
- Dans les zones sahariennes (système oasien) : 8 à 10 irrigations peuvent être apportées.

- **L'irrigation de complément ou d'appoint :**

L'irrigation d'appoint se distingue de l'irrigation pérenne par le fait qu'elle consiste à apporter une quantité d'eau limitée aux cultures pour pallier au déficit hydrique et ceci dans le but de stabiliser les rendements. Ce type d'irrigation est d'autant plus bénéfique qu'il est appliqué aux stades critiques de la culture.

Les recherches menées sur les stades d'apport de l'irrigation d'appoint montrent que l'irrigation au tallage, à l'épiaison et au cours du remplissage des grains peut accroître sensiblement et même fortement le rendement. Cependant, avec une irrigation bien ciblée au stade tallage ou à l'épiaison, on peut atteindre des gains de rendement de plus de 50% par rapport aux rendements réalisés en régime pluvial.

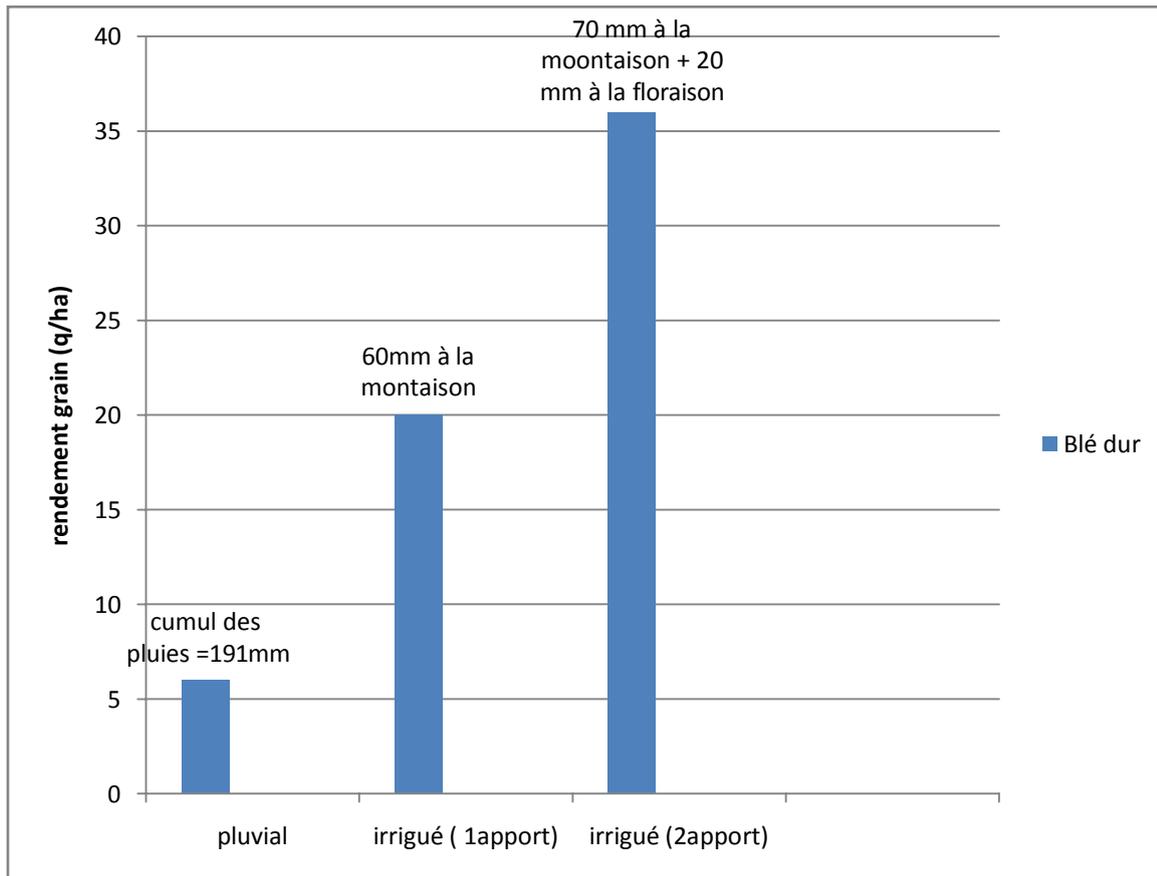


Figure 11 : Effet de l'irrigation de complément, durant la campagne 1996/97, sur le rendement en grain de blé dur dans les hauts-plateaux d'Algérie (Ameroun et al., 2002).

II.1.2.7 .La récolte:

La récolte est une étape importante et ultime pour la culture des céréales. Elle est aussi l'aboutissement d'une année d'efforts intenses pour assurer la réussite de la culture et l'obtention d'un rendement optimal.

Après avoir été basé sur un système en majorité traditionnel, la mécanisation de la récolte s'est largement développée depuis le début des années 80. Cependant malgré l'extension du parc de moissonneuses –batteuse, cette opération est encore peu maîtrisée et la manipulation de ces derniers ne répond pas aux normes et exigences du produit de la récolte (grain et paille). En fait, ce manque de maîtrise dans l'utilisation des machines ainsi que la récolte toujours tardives, engendrent beaucoup de pertes qui peuvent atteindre 30 %. Aussi le choix de la période de récolte en plus de la connaissance des réglages de la machine sont des éléments essentiels qui méritent une meilleure maîtrise pour la réussite de la récolte.



Figure 12 : Moissonneuse-batteuse

Après le stade pâteux, les grains commencent à perdre l'excès d'eau qu'ils contiennent. A partir de cette date, on surveillera l'état des grains pour fixer la date de récolte. Ainsi, on estime que les grains sont murs et bons à récolter lorsque leur humidité est d'environ 14 %. A ce moment-là, la végétation est de couleur jaunâtre, la tige casse facilement, les grains sont cassants et se détachent facilement lorsque l'épi est écrasé entre les mains.

Tableau 20 : Stade optimal de récolte des céréales d'automne (Thibaud et Lajoux, 2000).

Humidité du grain (%)	Grains	Paille
< 10%	Risque de grains cassé très important	Effet brisant
10 – 12 %	Risques qualitatif –réglages plus fins	Bon battage si 10% des tiges vertes maximum
13 - 15 %	Idéal pour la maîtrise de la qualité	

Les résultats des essais conduits chez les agriculteurs, ont montré que la récolte tardive des céréales, pénalise fortement les rendements en grain. Les pertes de rendements augmentent au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la date optimale de récolte, et elles peuvent atteindre 30% pour des récoltes réalisées un mois après cette date (Nait- Dahmane, 1987).

Tableau 21 : Effet de la date de récolte sur le rendement en grain du blé (Nait-Dahmane, 1987).

Date de récolte	Rendement obtenu (q/ha)	Ecart de rendement par rapport à la première date	
		qxha	%
- 1 ^{er} date	27.75	-	-
- 2e date (retard de 10 jours)	24.65	3.10	11.2
- 3e date (retard de 20 jours)	21.35	6.40	23.0
- 4e date (retard de 30 jours)	19.20	8.55	30.1

La récolte peut être effectuée en vrac ou en sac. Celle en vrac est potentiellement plus efficace et plus économique (Kaci, 1983). Cependant, elle nécessite des moyens spécifiques pour le transport et la manutention. Cette opération peut être réalisée :

- Manuellement : ce type de récolte est en déperdition, mais il reste utile dans les zones accidentées ou la moissonneuse-batteuse ne peut pas accéder comme les zones montagneuses.
- Mécaniquement : récolte directe et récolte en 2 temps.
 - **Récolte directe** : la moissonneuse-batteuse constitue l'outil primordial pour la récolte directe des céréales.
 - **Récolte en deux temps** : la récolte peut être effectuée avec une faucheuse lieuse manuellement, et le battage manuellement ou avec une batteuse à poste fixe. Elle est pratiquée uniquement dans les zones accidentées et aussi dans le cas où la moissonneuse-batteuse n'est pas disponible et que tout retard peut engendrer des pertes considérables.

Calendrier indicatif de suivi d'un champ de blé (cas de jachère/blé – blé/blé –fourrages sec ou légumes secs/blé).

Mois	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout
Stades du blé		semis		Levée	3-4 feuilles	Tallage	Montaison	Epiaison	Floraison	Maturité	Récolte	
Préparation du sol Mise en place	Acquérir la semence certifiée	Préparation du lit de semence. supprimer les repousses du blé. Semis à la correcte dose.		Semis Roulage après semis	Roulage pour favoriser le tallage		Labour de printemps sur jachère	Reprise du labour de la jachère avec des outils à dents.			Déchaumage Apport d'azote	
Fertilisation Irrigation	Analyse de sol pour teneur en azote assimilable.	Apport de phosphore et premier apport d'azote si précédent blé.				Premier apport d'azote si précédent jachère ou légumineuse.	Second apport d'azote dans tous les cas.	Irrigation d'appoint si risque de sécheresse présent.			analyse de sol	
Lutte contre les adventices	Façons superficielles avec cultivateur et herse.					Application séparée d'herbicide en fonction de la flore présente (anti-graminées suivi 10 jours après d'un anti-dicotylédones ou vice versa).		En cas de jachère, reprise du sol avec des outils à dents en cas de levée de mauvaises herbes.				
Lutte contre les maladies et les insectes	Observer s'il y a présence de vers blancs dans le sol.	Lutte contre les vers blancs et autres insectes de sol avec de la semence traité au cruiser.			Pâturage possible du blé par des brebis en zones littorales.	Observation des maladies et insectes foliaires Première application foliaire d'un fongicide en préventif.		Seconde application fongicide+ insecticide en végétation.		Estimation du rendement.		
Récolte							Vérifier l'état de la moissonneuse-batteuse et faire les réparations nécessaires.		Récolter quand l'H% dans le grain est de 12-15% bottelage de la paille Pâturage rapide des chaumes en cas de semis conventionnel/			

II.1.2.8 .Le stockage des grains :

La préservation de la qualité des grains depuis leur récolte jusqu'au moment de leur utilisation dépend largement de la maturité physiologique des grains après la récolte (Bartali et al., 1994). En termes de préservation, les bonnes pratiques de conservation consistent à maintenir le plus longtemps possible la qualité du produit sans qu'elle soit détériorée. Dans le Maghreb, le stockage des grains de céréales se pratique avec soit les techniques modernes (unités modernes industrielles), soit avec les techniques traditionnelles à la ferme. En effet, les systèmes traditionnels de stockage des grains de céréales sont pratiqués généralement à la ferme, à l'opposé des systèmes modernes qui sont pratiqués pour le stockage de tonnage important.

Il est indispensable de connaître l'humidité et la température du grain avant le stockage. Ainsi, pour les grains de céréales, cela peut être réalisé au moment de la récolte ou au moment de les stocker.

➤ **Les techniques traditionnelles :**

Les principales techniques traditionnelles utilisées au Maghreb pour le stockage des céréales sont : les entrepôts souterrains (matmoras), le silo en roseau et le silo en matériaux locaux.

- **Les entrepôts souterrains (matmoras) :** Il s'agit d'un local souterrain, sous forme sphérotronconique, ayant un diamètre de moins de 60 centimètre et une profondeur de 2.5 à 5m (Bartali et al., 1994). La conservation des grains dans la matmora se fait en vrac.
- **Silo en roseau :** appelé également « sella », est d'une forme plus au moins cylindrique, il a une hauteur de l'ordre de 1.5 m et un diamètre de 1mètre et 1.2 mètre à la mi-hauteur (Ait-Bella et El Arabi, 1993). Sa capacité est en moyenne de 15 à 20 quinteux, sa structure est aérée et sa durée de vie est de 4 années (Bartali et al., 1994). L'avantage de cette technique de stockage est son faible cout. Afin d'améliorer ce système de stockage, il est recommandé d'utiliser un film plastique pour le revêtement interne, sur la face externe de la sella, un enduit avec de la bouse de vache et de l'argile permet d'améliorer l'efficacité de stockage de cette technique (Ait Bella et El Arabi, 1993).
- **Silo en matériaux locaux :** cette technique est utilisée à vaste échelle en chine et elle a été adaptée dernièrement au Maroc (Ait Bella et El Arabi, 1993. Bartali et al.,

1994). Sont sous forme de cuves circulaires ayant des parois en argile-paille armées par des cordons de paille disposés en cercles.

➤ **Les techniques modernes :**

Les silos modernes sont des lieux de stockage de grande dimension fabriqués principalement en métal et en béton armé.

- **Les silos en béton armé :** sont fabriqués en béton armé et ont de grande capacités de stockage. Il se caractérisent par de grandes hauteurs allant de 50 à 70m (Bartali et al., 1994).



Figure 13 : Les silos en béton armé.

- **Les silos en métal :** ils sont fabriqués en métal léger, soit en tôles d'acier galvanisé ou en tôles d'aluminium planes ou ondulées. Les avantages de ce type de silos résident d'une part dans son montage qui est souvent facile et rapide, et d'autre part, dans le poids du métal qui par sa légèreté, permet de construire ce type de silos sur différents types de sols (Ait Bella et El Arabi, 1993).



Figure 14 : Les silos en métal.

- **les cases en métal ou en béton** : les avantages de ce type de structure résident dans le fait que les cloisons utilisées en métal ou en béton sont mobiles, de dimensions variables et facilement modifiables en fonction des besoins.



Figure 15 : Les cases en métal.

- **Le stockage en sacs dans les entrepôts** : la conservation dans des sacs empilés sur des palettes, permet une grande souplesse, une manutention aisée, mais les risques d'altération par les attaques d'insectes et de rongeurs sont importants et doivent être pris en compte dans ce cas. Cependant, il reste le plus économique (Appert, 1985).



Figure 16 : Le stockage en sacs dans les entrepôts

- **Le stockage en vrac** : il est très utilisé en principalement dans des silos verticaux métalliques ou en béton armé. Il manque de souplesse car il faut vider les sacs à la réception mais la manutention est plus rapide et les risques d'attaques et de dégâts de rongeurs sont limités (Appert, 1985).

Le stockage en plein air : il constitue une solution à caractère provisoire. La production doit être disposée sur des palettes pour éviter que l'humidité du sol n'y pénètre. Elle peut aussi être placée sur des bâches. En plus, à titre de protection, elle peut être recouverte de bâches pour la protéger des intempéries.



Figure 17 : Le stockage dans des sacs en plein air

❖ **Avantages et inconvénients de travail conventionnel :**

A. Avantage:

(1) les principaux avantages du labour est qu'il permet un bon ameublissement du sol sur la profondeur travaillée, ce qui engendre une meilleure infiltration de l'eau dans le sol et un bon développement racinaire suite à l'amélioration de la porosité du sol (Aboudrare, 2009),

(2) il permet l'enfouissement des semences des adventices, ce qui réduit l'infestation des cultures par celles-ci et diminue ainsi l'utilisation des herbicides chimiques et améliore le rendement (Aboudrare, 2009),

(3) débarrasser la parcelle des mauvaises herbes, des parasites animaux ou végétaux et des résidus gênants de la culture suivante,

- (4) facilite la mise en place et l'implantation des cultures en favorisant l'approvisionnement en eau, en augmentant la circulation de l'air dans le sol, en régulant la température et en réduisant les anomalies structurales: tassement, battance, lissage,,
- (5) enfouissement de la matière organique et favoriser des micro- organiques,
- (6) mélange des engrais chimiques et organique du profile, et créer une structure légèrement motteuse surtout dans les sols limon-sableux (Chopart et pitrot, 1996 in Mémento de l'agronome, 2009).

B. Inconvénients:

- (1) un retournement excessif du sol, remontant de la terre infertile de profondeur,
- (2) un travail en sol humide, provoque une compaction importante,
- (3) un travail trop rapide produisant beaucoup de terre fine,
- (4) il risque de bouleverser l'équilibre biologique du sol, facteur important d'amélioration de la structure (Chopart et Pitrot, 1996 in Mémento de l'agronome, 2009).

II.1.3. Conduite du blé dur dans une agriculture de conservation :**II.1.3.1 .Le système non labour ou le semis direct :**

Le semis direct est une partie intégrante de l'agriculture de conservation que l'on peut définir comme étant un ensemble de pratiques qui visent : une bonne gestion des ressources édaphiques altérant au minimum la composition et la structure du sol et le préservant de la dégradation et de l'érosion.

Le semis direct est un travail minimum du sol sans retournement effectué sur un couvert de résidus en surface. Les semis sont réalisés en utilisant un semoir adapté qui combine ensemble : les disques à l'avant pour couper les résidus, les socs pour pénétrer et sol et ouvrir le sillon, les organes semeurs et d'engrais pour le placement des semences et des fertilisants au niveau du sillon, et les roues tasseuses placées en arrière pour couvrir le sillon, pour les conditions semi-arides de l'Afrique du Nord, l'utilisation d'un semoir doté de socs est conseillée pour le semis précoces et les sols secs e moment du semis (Bourarach et al .., 1998).

Il faut également savoir que l'utilisation du semis direct doit tenir compte de la gestion des fertilisants, de la rotation et de la lutte contre les adventices.

Lorsqu'on évoque le semis direct, le sol n'est travaillé que sur la ligne de semis. Le lit de semences correspond donc à un volume très réduit de terre. Cependant, l'absence de labour peut avoir certaines conséquences sur la qualité du lit de semences (Labreuche et al., 2001) qui se traduisent par :

- Un sol en général un peu plus humide et qui se réchauffe un peu moins vite ;
- Un moindre contrôle de la quantité en terre fine et de la profondeur de placement des semences.
- Des résidus végétaux non enfouis.

Ce sont ces deux derniers critères qui constituent la principale difficulté à maîtriser lors des semis en l'absence de labour. Cela est surtout vrai derrière des précédents laissant sur le sol beaucoup de biomasse (céréale à paille, maïs grain).

II.1.3.2 .Le semis direct et la qualité du sol :

Les essais réalisés sur le semis direct depuis plus d'une dizaine d'années, ont montré que certaines caractéristiques physique et chimique des sols non travaillés et couverts de résidus sont modifiées. Ainsi, la structure, la teneur en matière organique, l'humidité et le PH sont les principales propriétés du sol affectées par le semis direct. La pratique du semis direct, après plusieurs années, améliore le contenu des sols en matière organique, plus particulièrement au niveau des premiers centimètres de surface (Mrabe et al., 2001 ; Saber et Mrabet, 2002 ; Bessam et Mrabet, 2003). Cet enrichissement en matière organique à la surface permet une accumulation d'azote et de carbone en comparaison aux systèmes conventionnels. Avec le temps, le PH du sol subi également une baisse sur la couche superficielle non travaillée (tableau 22). Cette dés-alcalinisation serait due aux taux de séquestration de la matière organique sous le non labour. De plus, le semis direct permet une conservation de l'eau du sol supérieure par rapport aux autres types de travaux du sol (tableau 23).

- ❖ pH1 et pH2 représentent respectivement les pH du sol après 4 et 11 années d'expérimentations.

Tableau 22 : Effet de type de travail du sol sur le PH à différents horizons (Bessam et Mrabe, 2003).

travail du sol	Horizon 0-25 mm		Horizon 25 -70mm		Horizon 70 –200mm	
	PH1	PH2	PH1	PH2	PH1	PH2
- Non labour	8,1b	7,8b	8,4a	8,1a	8,5a	8,2b
-Labour conventionnel	8,3a	8,0a	8,3b	8,0b	8,5a	8,2b

Tableau 23 : Les avantages et les inconvénients du système de semis direct

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> - Limite l'érosion - Améliore la structure du sol - Conserver l'eau - Augmente le taux de matière organique - Réduit les charges de mécanisation 	<ul style="list-style-type: none"> - Gestion spécifique de la rotation - Difficulté à gérer les adventices - Apparition de maladies racinaires - Difficulté d'action de certains herbicides racinaires

II.1.3.3 . Les performances de rendement du blé dur dans le système de semis direct :

L'étude a porté sur une culture de céréale, en utilisant une seule variété de blé dur dénommée Bousselam. La variété Bousselam est caractérisée par un gros grain (PMG= 41,08 g) de couleur jaune-clair. L'épi de la plante est blanc avec une barbe noir-grise, long et robuste, à forte tallage, la hauteur de la plante est de 90-100 cm ; c'est une variété résistante aux maladies cryptogamiques, tolérante au froid, à la sécheresse et à la verse. Le cycle végétatif est mi- tardif comparée à la variété Waha et mi-précoce en comparée à la variété Mohamed Ben Bachir considérée comme variété locale. La variété Bousselam est originaire de l'ICARDA (Syrie) et sélectionnée par la station expérimentale de l'ITGC de Sétif (ITGC, 2009).

Trois techniques du travail du sol qui diffèrent par leur degré de fragmentation de la couche arable, par l'effet de retournement ou non de la couche du sol travaillé, par leur degré

de mélange de la matière organique au sol et par le tassement du sol qui engendrent, ont été comparées.

Les résultats d’essais chez des agriculteurs ont montré que le semis direct (semis direct à dent et semis direct à disque) permet généralement des rendements de blé largement plus élevés comparés à ceux obtenus avec les façons culturales conventionnelles (Mrabet, 2001).

Tableau 24 : résultat statistiques du rendement réel. (Mrabet, 2001).

Techniques Culturales			
TC	TCS	SD à dent	SD à disque
37.63	45.3	47.08	46.23

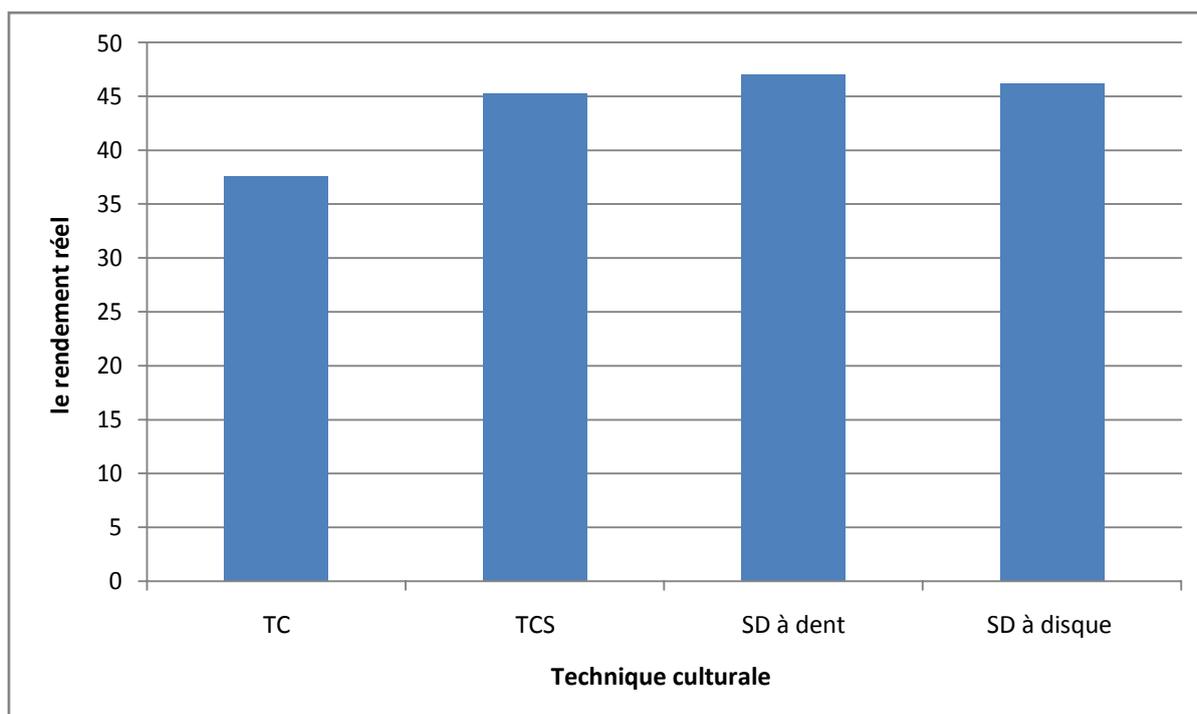


Figure 18 : Effet des techniques cultural sur les rendements (q/ha)

Légendes : SD : semis direct ; TCS : techniques cultural simplifié ; TC : travail conventionnel

Conclusion générale

Les techniques culturales représentent le facteur essentiel à respecter pour augmenter le rendement et améliorer la production. Des anomalies dans les itinéraires techniques qui transforment celles-ci en obstacle pour le développement optimal des végétaux exploitées.

La première anomalie est l'utilisation de certains agriculteurs de doses de semi élevées, certes bien adapté à la propriété de la région. Le semi dense devient un obstacle au développement des végétaux en cas de manque d'eau, la compétition entre les plantes d'une même parcelle impose un stress additionnel à celui qu'elles subissent déjà.

Les dosages abusifs ont également pu être remarque dans l'apport d'intrants, les doses importantes vont avoir un effet opposé à celui escompté, et donc entrainer une baisse de rendement importante.

Egalement une mauvaise appréciation des conditions de la campagne agricole de la part des agriculteurs, qui s'est manifesté par l'apport d'urée en période de manque d'eau, l'urée ayant pour catalyseur le H₂O pour faire pénétrer l'azote chez la plante. Cette dernière a eu un effet toxique sur la partie basse des tiges ce qui a entraîné leur jaunissement.

Un autre point important à souligner est le manque de spécialisation de la main d'œuvre. Les ouvriers sont souvent saisonniers et ne sont pas spécialisés en agriculture. Ceci a pu être remarque pendant les différents apports en fertilisants, herbicides ou pesticides.

L'opération d'épandage est effectuée dans des conditions inappropriées et des doses trop importantes ou trop faibles sont répandues, conduisant à une répartition hétérogène des produits, ce qui peut être remarqué par l'apparition de parcelles hétérogènes en matière de taille des plantes, présence ou absence de mauvaises herbes, et dans la couleur des plantes.

Ainsi, malgré tous les efforts de développement et d'investissements consentis au cours des dernières décennies, l'utilisation des techniques de production inadéquates ne permettent pas d'obtenir des rendements élevés. Aussi, afin de pouvoir améliorer les rendements et par la même, la production céréalière, il est nécessaire d'encourager et de convaincre les agriculteurs à adopter des techniques de production adéquates dans la zone où ils sont localisés. Il faut orienter les techniciens de l'agriculture à réfléchir sur la meilleure stratégie à suivre pour améliorer le niveau de productivité des céréales dans l'exploitation agricoles.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- **Aboudrare A., 2009.** Agronomie durable : principe et pratique, Ed. Rapport de formation continue, p 46.
- **Ait Bella, J., El Arabi, E. 1993.** Suivi et évaluation des performances de cinq systèmes de stockage de céréales et légumineuses dans le Sais. Mémoire de 3ème cycle IAV, institut agronomique et vétérinaire Hassan II, Dept Equipement Hydraulique, Rabat (Ma), 200p.
- **Ameroun R, 2002.** Programme de développement de l'irrigation d'appoint des céréales. Document de travail élaboré par l'ITGC en collaboration avec l'INSID.
- **Anonyme, 1995.** La production agricole en climat aléatoire : acquis et possibilités de régulation. Commission de réflexion sur la sécheresse. Ministère de l'agriculture et de la mise en valeur agricole.
- **Appert, J. 1985.** Le stockage des produits vivriers et semenciers. Le technicien de l'agriculture tropicale. Ed. Maisonneuve & Larose. Centre technique de coopération agricole et rurale. 98p.
- **Baldy C. 1986.** Effets du climat sur la croissance et le stress hydrique des blés en méditerranée occidentale in: tolérance à la sécheresse des céréales en zones méditerranéenne, diversité génétique et amélioration variétale. Les colloquents, n° 64, Montpellier .Ed .INRA, Paris 1993
- **Bartali, E.H., Persoons E., Verstraeten Ch. 1994.** La conservation des denrées : cas des céréales. In : Agronome Moderne, bases physiologiques et agronomiques de la production végétale. T.E. Ameziane et Persoons (eds). HATIER- AUPELF- UREF (ed). pp : 465-486.
- **Benouada H., 1994.** Installer les céréales d'automne. Guide de développeur en aridoculture n°10. Service Recherche et Développement, INRA Settat. Dounia eds., Maroc. 2p.
- **Benbelkacem A., 1997.** Etude de l'adaptation variétale des céréales cultivées en Algérie sous différentes conditions agro-écologiques. Céréaliculture. ITGC
- **Benyassine A., 1991.** Caractéristiques des exploitations agricoles et adaptation du système Ley-farming. In : Ley-farming, M.Amine ed., ACTES ed .pp : 9-28.
- **Berrada A., Gandah M., 1994.** Le travail du sol. In : AGRONOMIE MODRNE, Bases physiologiques et agronomiques de la production végétale. T.E. Ameziane and E. Persoons (eds). HATIER-AUPELF.UREF ed. pp : 339-360.

Références bibliographiques

- **Boyer J. S., 1982.** Plant productivity and environment. Sci, New series. 218, pp: 443 - 448.
- **Bouaziz A., 1999.** Intensification de la céréaliculture en irrigué, cas des Doukkala. Bulletin transfert de technologie en agriculture, MADRPM/DERD, n°59 : 1-4.
- **Bouchoutrouch M., 1996.** Effect of date of seeding on wheat water use and weed infestation in the Chaouia Region. In : Acquis et perspectives de la recherche agronomique dans les zones arides et semis arides de Maroc. MIAC-CRRA Settlat ed. , MARA-INRA. Rabat, 24-27 Mai 1994. Pp164-169.
- **Boufenar- Zaghouane F. et Zaghouane O., 2006.** Guide des principales variétés de céréales à paille en Algérie (blé dur, blé tendre, orge et avoine). ITGC, ICARDA., Alger. 154 p.
- **Bouhache M., Rzozi S.B., Taleb A., Sakhi M., 2000.** Nécessité de désherbage précoce des céréales pour la valorisation des inputs. In : Proceedings journée nationale sur le désherbage des céréales, AMM, Settlat, 23 novembre 2000, pp : 93-98.
- **Bouzerzour H., Mahnane S., Makhoul M. 2006.** Une association pour une agriculture de conservation sur les hautes plaines orientales semi-arides d'Algérie. Options méditerranéennes. Série a. n) 69, pp: 107-111
- **Cedra C., 1993.** Les matériels de travail du sol, semis et plantation, Ed Tec, Doc. Volume III: pp: 384.
- **Clement-Grandcourt M. et Prats J., 1971.** Les céréales Collections d'enseignement agricole 2eme Ed, Ballier France. 351p.
- **Chenaffietal., 2006).**
- **Duthil J., 1973-**Eléments d'écologie et d'agronomie, T3, Ed. J.B. Baillière. 654p.
- **El Brahli A., Bouzza A., 1996.** Lutte contre les mauvaises herbes dans les systèmes de rotation. Rapport d'activité annuel 1995/96. INRA-CRRA Settlat ed. pp : 156-160.
- **El Mourid M., Karrou M., Ait Kadi ; 1993.** Maitrise de l'eau. II. Gestion de la contrainte hydrique en agriculture pluviale au Maroc. In : Journées sur la recherche dans le développement agricole et rural. MARA, Royaume du Maroc. Rabat, 8-9 juin 1993, pp : 1-15.
- **(Eliard, 1979).** Manuel d'agriculture générale : base de la production végétale pp344.
- **(Feldmen, 2001).** Evolution of Wild Emmer and Wheat Improvement pp232.
- **Feuillet P., 2000-**Le grain de blé, composition et utilisation. Edition INRA, paris : pp 23-25
- **Gate P., 1995.** Ecophysiologie du blé. Technique et documentation. Lavoisier, Paris, 351 p.

Références bibliographiques

- **Gate P., 1995.** Ecophysiologie du blé. Ed. Lavoisier, Paris. 429 p.
- **Grignac P.H., 1965-**Contribution d l'étude de Triticum durum(Desf) Thèse d'état en agronomie.Toulouse, 152 p.
- **(Godon et William, 1991).** Généralités sur les céréales pp49.
- **Gevry, 1970).** Les oligo-éléments en agriculture pp49 ;
- **Hamadache A, 1995.** Les mauvaises herbes des grandes cultures (biologie, écologie, moyens de lutte). Institut technique des grandes cultures. Ministère de l'agriculture. 40 p.
- **Hamadache A., Abdellaoui Z., Akrine M., 2002.** Facteurs agro-technique d'amélioration de la productivité du blé dur en Algérie. Cas de la zone sub-humide. Revue Recherche Agronomique –INRA Algérie, np10 : 5-18.
- **Hazmoune T., Benlarbi M., 2001.** Impact du semis profond sur l'alimentation en eau du blé dur (*Triticum Durum* Desf) et la réalisation des composantes de rendement en zone semi-aride. In : actes du séminaire national sur la problématique de l'agriculture des zones arides et de la reconversion. M.Labdi, M.E.H. Maatougi, A. Gaouar, K. Benabdelli, D. Sekkal eds. 22-24 janvier 2001, Sidi Bel Abbes, Algérie. ITGC, CRSTRA, ITAF, USBA, INRA, INA ed.
- **Huang, J., Rozelle, S., Pray, C. & Wang, Q., 2002.** Plant Biotechnology in China. Sci., 25, pp: 676.
- **Jouve P., Berrada A., 1993.** Résultats d'expérimentation en arido-culture. In. Adaptation des systèmes de production à l'Aridité au Maroc et au Sahel. Volume II : Publications et travaux. Thèse de Doctorat, P. Jouve, Université Paul Valery, Montpellier III. Pp : 20-85.
- **Kribaa M., 2003.** Effet de la jachère sur les sols en céréaliculture pluviale dans les zones semi-arides méditerranéennes. Cas des hautes plaines sétifiennes en Algérie. Impact des différentes techniques de travail de la jachère sur les caractéristiques structurales et hydrodynamiques du sol. Thèse de doctorat. INA El-Harrach Alger P 121.
- **Lambert, 1979).** New Zealand Journal of agricultural Research 1987 pp 270.
- **Levy, AA. &Feldman, M., 2002.** The Impact of Polyploidy on Grass Genome Evolution. Plant physiol., 130: 1587-1593.
- **Madhava Rao K.V., Raghavendra A.S. et Janardhan Reddy K., 2006.** Printed in the Netherlands. Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants.Springer: 1-14 p.
- **MADPRM, 1999.** Sécurisation de la production céréalière à 60 millions de quintaux, Bulletin de transfert de technologies en agriculture. MADRPM/DERD, n°60 : 1-4.

Références bibliographiques

- **Madhava Rao et al., 2006).** Physiology and molecular biology of stress tolerance in Plants, Springer, The Netherlands, pp. 157-186.
- **Mac key, 1978.**
- **Mazliak, 1998.** Physiologie végétales IIpp 6-15.
- **Mazhar M., 1986.** Rotation des cultures. In : Journée de recyclage des vulgarisateurs en technique de productions des céréales en zones semi-aride. INRA/MIAC/USAID ed., CRRRA Settata, Maroc. Pp : 19-24.
- **Mrabet R., EL Brahli A., 2001.** Valorisation de la jachère à travers le non labour et la couverture du sol en milieu aride et semi-aride. In : Le semis direct en Méditerranée. INRA-FERT ed., Settata-Maroc. P21.
- **Ouattar S., Ameziane T.E., 1989.** Les céréales au Maroc. De la recherche à l'amélioration des techniques de production. Toubkal (ed). Casablanca, Maroc. 123p.
- **Ould Said H., 2004.** Influence de l'époque du travail de la jachère et du type d'outils dans l'amélioration du rendement de blé. Céréaliculture, np41 : 27-33.
- **(SebilotteM.,1990)** système de culture, un concept opératoire pour les agronomes .In :L .COMBE ET D. Picard coord, les systèmes de cultures .INRA VERSAILLES : 165-196
- **Simon H., Codaccioni P., Lecoeur X., 1989.** Produire des céréales à pailles. Tec & Doc-Lavoisier ed., Paris. 333P.
- **Soltner., (2005).** Les grandes productions végétales céréalières, plantes sarclées- prairies. 20èmeEd, collection sciences techniques agricoles.464p.
- **Surget et Barron, 2005.** Histologie du grain pp : 03-07.
- **Tanji A., 1986.** Situation actuelle du désherbage des grandes cultures dans les zones arides et semi-arides du Maroc occidental. Journée du désherbage au Maroc, A.M.M et MARA ed., Rabat. 9p.
- **Tanji A ., Karrou M., 1999.**Désherbage des céréales au Maroc. In : Journée d'information et d'étude, la recherche sur les céréales d'automne. MARA-INRA ed. Rabat le 13 décembre 1993. PP : 27-38.
- **Wardlawetal., 1989).** The tolerance of wheat to high temperatures during reproductive growth. Aust jour Agric Res 40 : 15-24.
- **Yves et de Buyer, 2000).** Plant productivity and environment. Sci, New series. 218, pp : 443-448 ;

Site :

- <https://www.aemic.com/blog/article/histologie-du-grain-de-ble.html>

Résumé

Notre travail constitue une synthèse bibliographique sur les travaux réalisés sur l'effet de l'itinéraire technique sur le rendement du blé dur (*Triticum durum*) et des possibilités d'amélioration de la production du blé dur en fonction de changement de chaque itinéraire technique.

C'est une synthèse qui a visé plusieurs aspects depuis les généralités sur le blé dur, la définition des différentes étapes d'un itinéraire technique jusqu'à la comparaison entre l'aspect d'une agriculture conventionnelle et une agriculture de conservation.

Mots clés :

Blé dur, itinéraire technique, agriculture conventionnelle, agriculture de conservation.

Abstract

Our work constitutes a bibliographical synthesis on the work carried out on the effect of the agricultural practices on the yield of durum wheat (*Triticum durum*) and the possibilities of improving the production of durum wheat according to the change of each practice.

It is a synthesis which targeted several aspects since the generalities on durum wheat, definition of the different stages of a technical itinerary until the comparison between the aspect of conventional agriculture and conservation agriculture.

Keywords :

Durum wheat, technical route, conventional agriculture, conservation agriculture.

ملخص

من خلال هذا العمل النظري قمنا بدراسة أثار العمل التقني على المردود القمح الصلب و إمكانية تحسين إنتاج القمح الصلب بدلالة تغير تقنيات العمل.

إنه تجميع استهدف عدة جوانب من العموميات على القمح الصلب، وتعريف المراحل المختلفة لمسار الرحلة الفني إلى المقارنة بين جانب الزراعة التقليدية والزراعة المحافظة على الموارد.

الكلمات المفتاحية

القمح الصلب ، مسار التقنية، الزراعة التقليدية ، والزراعة المحافظة على الموارد.