

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



N° d'ordre :

Université d'Oran 2 Mohamed Benahmed

Faculté des Sciences de la Terre et de l'Univers
Département de Géographie et d'Aménagement du Territoire

Mémoire

Présenté pour l'obtention du grade
de Master

Spécialité : "Changement climatique & adaptation"

Thème

**Etude de la vulnérabilité du blé tendre (*Triticum aestivum* .L)
vis à vis de la sécheresse**

Présenté par :

Mr. Hernane Mohammed Chaouki

Soutenu le : 04 Juillet 2016

devant la commission d'examen :

M. HASSANI Moulay Idriss
M. BELKHODJA Moulay
M. BELMAHI NADIR

Professeur
Professeur
M.C.B

Président
Encadreur
Examineur

Oran 2016

Remerciements

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer toute ma reconnaissance et remerciements à mon Encadreur Monsieur **Belkhdja Moulay** Professeur à l'Université d'Es-Senia Oran Faculté des Sciences Département de Biologie, qui a fait preuve d'une grande patience à mon égard et a été d'un grand apport pour la réalisation de ce travail.

Je tiens aussi à exprimer mes plus grands respects et mes vifs remerciements au Professeur **Hassani Moulay Idriss** de la faculté des Sciences de la terre et de l'univers ; Université d'Oran 2 Mohamed Benahmed, pour l'honneur qu'il me fait en acceptant de présider le jury.

Mes remerciements les plus profonds à **M. BELMAHI NADIR** Maître de conférences de la faculté des Sciences de la terre et de l'univers, Université d'Oran 2 Mohamed Benahmed, qui a bien voulu examiner ce travail.

Mes remerciements les plus chaleureux vont également à ma famille pour son soutien, ses encouragements et sa patience.

Enfin, je remercie tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à réaliser ce travail.

Liste des abréviations

ABA : Acide abscissique.

CCNUCC : Convention-Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques.

DSA : Direction des services agricoles.

FAO : Food and Agriculture Organisation (Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture)

FAOSTAT : Programme statistique de travail de la FAO.

GES : Gaz à effet de serre.

GIEC : Groupe d'expert intergouvernemental sur l'évolution du climat.

MADR : Ministère de l'agriculture et du développement Rural.

MAGICC : Modèle pour l'évaluation du changement climatique induit par les gaz à effet de serre.

ONS: Office national des statistiques

RCP : Radiative concentration pathways

SIMTAG: Simulation Model for Triticum Aestivum Genotypes

Liste des tableaux

Tableau 1 : Sommaire de l'entrée du modèle.

Tableau 2 : caractéristiques génétiques du blé « MEXIPAK »

Tableau 3 : Paramètres de croissance.

Tableau 4 : Paramètres de rendement.

Tableau 5 : Consommation d'eau du blé et rendement en grain (année 1990-1991).

Tableau 6 : Consommation d'eau du blé et rendement en grain (année 1993-1994).

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Croissance de la population algérienne de 1960 et les projections en 2012

Figure 2 : Production et consommation totale du blé entre 1961 et 2009

Figure 3 : Les températures moyennes mondiales de 1850 à 2012

Figure 4 : Evolution des températures moyennes annuelles de l'Algérie (1901-2000)

Figure 5 : Evolution des totaux annuels de précipitations de l'Algérie (1901-2000)

Figure 6: Morphologie des graminées (exemple du blé)

Figure 7 : Histologie d'un grain de blé en coupe longitudinale

Figure 8: Cycle de développement du blé

Figure 9 : différents stades de développement du blé tendre

Figure 10 : Précipitation cumulée durant les deux saisons agricoles 1990-1991 & 1993-1994.

Figure 11 : Cumule de température selon les stades phénologiques durant les deux saisons agricoles 1990-1991 & 1993-1994.

Figure 12 : Diagrammes ombrothermiques année agricole 1990-1991

Figure 13 : Diagrammes ombrothermiques année agricole 1993-1994

Figure 14 : Bilan hydrique en fonction des stades phénologiques de l'année humide 1990-1991.

Figure 15 : Bilan hydrique en fonction des stades phénologiques de l'année sèche 1993-1994

Figure 16 : Consommation d'eau du blé et rendement en grain (année 1990-1991)

Figure 17: Evolution du rendement du blé tendre, en fonction de la consommation d'eau, campagnes agricoles : 88-89 /90-91/91-92 & 93/94.

Figure 18: Production de la matière sèche et bilan hydrique. Année agricole 1990-1991

Figure 19: Production de la matière sèche et bilan hydrique. Année agricole 1993-1994

Figure 20 : Profondeur d'enracinement. Année agricole 1991-1993

Figure 21 : Profondeur d'enracinement. Année agricole 1993-1994

Liste des Cartes

Carte 1- Croissant fertile.

Carte 2- Diffusion de la culture de blé d'après Bonjean

Carte3 - Situation géographique de la wilaya de Tiaret.

Carte 4 –Les régions naturelles de la wilaya de Tiaret

Carte 5 – Distribution spatiale des précipitations dans la région de Tiaret.

Liste des photos

Photo - Morphologie de l'épi

Sommaire

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

Chapitre I - SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I - LA SECURITE ALIMENTAIRE.....	2
1. Dans le monde	2
2. La situation alimentaire en Algérie.....	3
3. Changement climatique et agriculture algérienne.....	5
II - CHANGEMENTS CLIMATIQUES	5
a- Les éléments scientifiques du cinquième rapport.....	6
b - Observations passées.....	9
III - Sécheresse, déficit hydrique et stress hydrique.....	14
III - DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES SUR LES BLES	15
1. Origine et historique de la céréaliculture	15
2. Origine et historique des blés cultivés	16
3. Généralité.....	18
4. Classification	18
5. Description du blé	19
6. Cycle biologique de développement.....	21

V - La Phénologie

1. Histoire.....	24
2. Phénologie des plantes.....	24
3. Phénologie et changement climatique.....	25
a. Conséquences du changement climatique sur la phénologie.....	25
b. Rétroactions sur le changement climatique.....	25

Chapitre II – METHODOLOGIE

I - Données géographique de la wilaya de Tiaret.....	27
II- Intérêt de la modélisation.....	29
III - Théorie et application du modèle.....	30
1- Théorie du modèle.....	30

a - Présentation de modèle	30
b - Utilisation du modèle	30
c - Entrée du modèle	30
d -Sortie de modèle	33
2- Application du modèle	35

Chapitre III - Résultats

1.	Répartition de la précipitation cumulée à travers les stades phénologiques....	37
2.	Cumul thermique.....	39
3.	Diagrammes ombrothermiques de Gaussen.....	41
4.	Paramètre croissance	de 42
5.	Paramètre rendement.....	de 43
6.	Effet du déficit hydrique sur le développement et le rendement.....	44
	de la culture	

Conclusion

générale.....	54
---------------	----

Références Bibliographiques.....	55
---	-----------

Annexe

Introduction générale

Introduction générale

En Algérie, l'agriculture occupe la troisième place en matière de contribution au PIB. Elle emploie près de 23 % de la population totale active (Chabane.,2010). La céréaliculture occupe dans l'agriculture algérienne une place dominante, tant par la superficie 3,4 million d'hectares emblavés annuellement, que par l'importance que représentent les produits céréaliers dans le régime alimentaire de l'algérien (ministère de l'agriculture et du développement rural (MADR, 2013).En effet, la population algérienne est caractérisée par un mode alimentaire basé essentiellement sur la consommation des céréales sous toutes ses formes.

La consommation céréalière dont le blé avec 88 % est l'une des plus importantes au monde. Elle a été estimée à 223 kg/an par personne (Chabane.,2010). Les céréales fournissent plus de 60 % de l'apport calorifique et 75-80% de l'apport protéique de la ration alimentaire.

Devant cette production insuffisante et instable, l'Algérie fait toujours recours à l'importation pour couvrir les besoins alimentaires de sa population qui augmente sans cesse. Un demi-siècle après l'indépendance, l'Algérie dépend encore des importations pour nourrir sa population. En effet, 68 % des besoins de l'Algérie en céréales, estimés à environ 8 millions de tonnes par an, sont assurés par les importations, faisant ainsi de l'Algérie l'un des premiers importateurs de blé au monde (FAO ,2013).

Le climat de l'Algérie est très variable. L'une des manifestations les plus préoccupantes de cette variabilité est la sécheresse. Cependant, aujourd'hui devant l'hypothèse d'un changement climatique et devant l'accroissement des besoins en eau, il faut s'interroger de plus en plus sur l'éventualité d'une augmentation de la fréquence de la sécheresse d'un côté et d'une amplification de ses impacts socio-économiques de l'autre.

La présente étude comprend deux parties : une partie synthèse bibliographique, et une autre pratique consistant à simuler la croissance et le rendement du blé tendre dans la wilaya de Tiaret basé sur l'utilisation d'un modèle de simulation de croissance du blé.

Chapitre I - SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I - SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I - LA SECURITE ALIMENTAIRE

1. Risques futurs sur la production alimentaire

Selon le second volet du cinquième rapport du **GIEC**¹ :

Les principales cultures actuellement exploitées (blé, riz, maïs) devraient voir leur production baisser notamment dans les régions tropicales et tempérées.

Les changements climatiques risquent d'accroître progressivement la variabilité interannuelle des rendements des cultures. Cela risque de faire croître les prix des denrées, alors même que les besoins annuels de produits agricoles sont en hausse.

Tous les aspects de la sécurité alimentaire sont donc potentiellement concernés par les changements climatiques : l'accès à la nourriture, la possibilité de vivre des activités agricoles, ou encore la stabilité des prix.

Les éventuels effets positifs (au début et dans quelques rares régions seulement) des changements climatiques sur l'agriculture seront donc largement contrebalancés par les effets négatifs.

Les changements climatiques vont réduire les rendements agricoles mondiaux de 2% par décennie au cours du 21ème siècle alors même que la demande mondiale va augmenter pendant cette même période de 14% par décennie jusqu'en 2050

Les impacts des changements climatiques auront pour effet d'entraver la réduction de la pauvreté, d'aggraver l'insécurité alimentaire et d'étendre les trappes à pauvreté (voire d'en créer de nouvelles).

2. Dans le monde

Le blé fait partie des trois grandes céréales avec le maïs et le riz qui constituent la base de la nutrition humaine. C'est la deuxième par l'importance de la récolte mondiale, Et la plus consommée par l'homme après le riz. En effet, selon la dernière estimation de la FAO de l'année 2013 concernant la production mondiale des céréales, le volume récolté de blé est estimé à 711 million de tonnes précédé du maïs (934 millions de tonnes) et suivi par le riz (494,2 million de tonne).

Malgré la hausse dans la production mondiale enregistrée en 2013, les fluctuations des conditions météorologiques placent une contrainte additionnelle sur la culture du blé à l'échelle mondiale, d'où l'instabilité des prix et les pénuries alimentaires.

Selon une étude établie par Gavira et Bunnry (2012) et qui a concernée l'évolution du marché mondial du blé au cours des cinquante dernières années, les principaux exportateurs de blé en 2010-2011 sont les Etats-Unis (27%), l'Union européenne (17%), l'Australie (14%), le Canada (13%), l'Argentine (6%), l'Ukraine (3%) et la Russie (3%). A eux seuls ils représentent 83 % des exportations de blé. Tandis que la première région

¹ : **GIEC** : Groupe d'expert intergouvernemental sur l'évolution du climat.

importatrice de blé est l'Afrique du Nord et le Moyen-Orient avec 32 % de l'importation mondiale de blé suivie de la deuxième région qui regroupe l'Asie de l'Est et du Sud-est avec (23%) de l'importation mondiale alors que la troisième région comporte l'Afrique subsaharienne qui représente 11% de l'importation mondiale.

3. La situation alimentaire en Algérie

En Algérie, l'agriculture occupe la troisième place en matière de contribution au PIB. Elle emploie près de 23 % de la population totale active (Chabane.,2010).

La consommation céréalière dont le blé représente 88 % est l'une des plus importantes au monde. Elle a été estimée à 223 Kg/ans par personne (Chabane., 2010). Les céréales fournissent plus de 60 % de l'apport calorifique et 75-80% de l'apport protéique de la ration alimentaire.

Un demi-siècle après l'indépendance, l'Algérie dépend encore des importations pour nourrir sa population. En effet, 68 % des besoins de l'Algérie en céréales, estimés à environ 8 millions de tonnes par an, sont assurés par les importations, faisant ainsi de l'Algérie l'un des premiers importateurs de blé au monde (FAO ,2013).

La situation alimentaire du pays reste très vulnérable, en particulier, pour les céréales (notamment le blé) où le secteur agricole est souvent incapable de faire face à la croissance de la demande. Cette croissance de demande est liée essentiellement aux changements des habitudes alimentaires (induites en partie par 150 ans de colonisation) et à l'élévation des niveaux de vie, mais surtout, à cause de l'importante croissance démographique qu'a connue le pays.

Selon les données de l'Office National des Statistiques en Algérie (ONS, 2010), la population algérienne a enregistré une croissance annuelle moyenne de l'ordre de 2,4 % sur l'ensemble de la période 1960-2009, ce qui représente une croissance de 223 % en moins d'un demi-siècle entre les deux périodes. Selon les dernières estimations, l'Algérie connaîtra dans les années à venir, un taux de croissance important de près de 61 % sur une période de 30ans entre 1990 et 2020 (fig.1).

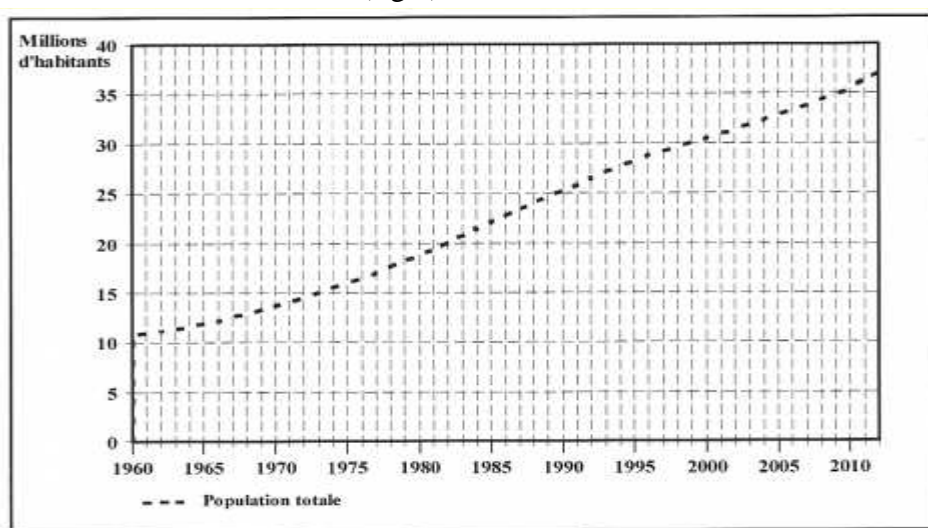


Fig. 1 - Croissance de la population algérienne de 1960 et les projections en 2012.

La dépendance alimentaire de l'Algérie et en partie provoquée par l'effet d'une pression démographique galopante et d'une productivité agricole dégradée, mais elle est aussi le résultat de bas niveaux des rendements qui varient en fonction des contraintes biotique et abiotique en plus d'une maîtrise insuffisante de cette culture (Chabane., 2006).

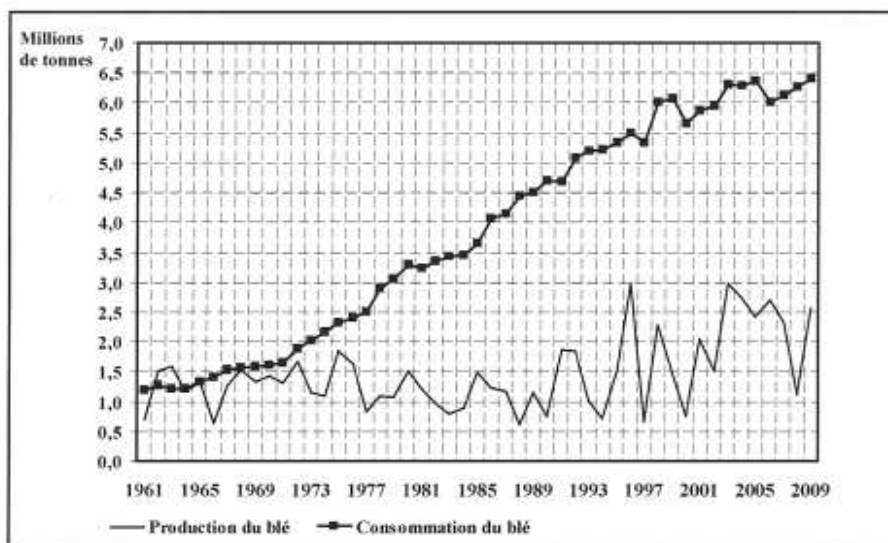


Fig. 2 - Production et consommation totale du blé entre 1961 et 2009

Source : FAOSTAT - OAA Division des statistiques.

Le déficit céréalier important que connaît le pays (fig.2), contraint l'Algérie à se tourner constamment vers les importations afin de combler les carences de productions, causant ainsi un déficit constant de la balance agro-commerciale du pays.

C'est ainsi que durant le premier semestre de l'année 2011, l'Algérie a importé pour plus de 1,5 milliard de dollars de blé (2,34 milliards de \$ en 2009 pour toute l'année, 3,967 milliards de \$ en 2008 et 1,987 milliard de \$ en 2007). Cette hausse n'est pas imputable uniquement à la hausse des prix des produits de base sur le marché international, elle est aussi inhérente à la croissance sensible des volumes des importations. En effet, les quantités de blé importées par l'Algérie ont atteint 3,97 millions de tonnes durant le premier semestre de 2011 contre 2,93 millions de tonnes en 2010, soit une augmentation de 1,03 million de tonnes. Ces importations concernent aussi bien le blé dur que le blé tendre. De ce fait, la valeur des importations de blé tendre est passée de 395,34 millions de dollars pour une quantité de 1,93 million de tonnes en 2010 à 1,10 milliard de dollars pour 3,06 millions de tonnes, en hausse de 179,8 %. Pour le blé dur, l'Algérie a importé durant le premier semestre 2011 pour un montant de 410,63 millions de dollars (904,8 tonnes) contre 269,50 millions de dollars (996,3 tonnes) à la même période en 2010 (Centre national de l'informatique et des statistiques douanières en Algérie, 2011).

Avec 42,34 % de la structure des importations de biens de consommation alimentaire, les céréales constituent le poids le plus important de la facture alimentaire dont les importations ont augmenté aussi bien en valeur qu'en volume, atteignant durant le premier semestre 2011 une augmentation globale de l'ordre de 60 % par rapport à la même période en 2010.

La sécurité alimentaire semble plus que compromise. L'Algérie dépend de plus en plus du marché international pour assurer l'approvisionnement de sa population. Alors que des rapports de différentes institutions évoquent un épuisement imminent des ressources en hydrocarbures (Chabane.,2006), alors que la population algérienne va dépasser le seuil des 40 millions d'habitants d'ici 2020, alors que les effets du changement climatique s'accroissent plus qu'ailleurs, comment l'État va-t-il s'y prendre pour assurer la sécurité alimentaire du pays tout en faisant face au défi du réchauffement climatique qui menace sérieusement le secteur agricole ?

4. Changement climatique et agriculture algérienne

L'agriculture algérienne fera face à de nombreux défis au cours des prochaines décennies. La dégradation des ressources naturelles exercera des pressions énormes sur la sécurité alimentaire de la population en croissance. Ces conditions pourraient être aggravées par les changements climatiques. Un stress thermique supplémentaire réduira les rendements d'une manière significative, surtout dans les zones où les cultures sont déjà près de leur tolérance thermique maximale. Le régime des précipitations et le cycle hydrologique seront affectés. Des régions exposées à la sécheresse risquent de connaître des périodes sèches plus longues et plus rigoureuses ce qui provoquera une diminution de l'humidité des sols et une érosion accrue. (FENNI et MACHANE., 2010)

Les céréales d'hiver constituent les principales spéculations en Algérie. La rotation céréale - jachère occupe chaque année près de 80 % de la superficie agricole utile. Le rendement moyen annuel varie entre 5 et 10 quintaux par hectare. La situation de la céréaliculture est très difficile, sa production n'a que peu augmenté depuis l'indépendance et aujourd'hui elle ne nourrit qu'un algérien sur trois. Les conditions naturelles, surtout d'ordre climatique, impriment au secteur agricole algérien son caractère particulier, et déterminent en grande partie le paysage rural ainsi que la production de telle ou telle plante. Le modèle MAGICC estime pour l'Algérie un réchauffement de l'ordre de 1°C entre l'année 2000 et l'année 2020 accompagné d'une fluctuation de la pluviométrie avec une tendance à la baisse, de l'ordre de 5 à 10 % sur le court terme (Lakhdari.,2009). L'accroissement des températures et la fluctuation des régimes pluviométriques auront des conséquences néfastes et directes sur l'agriculture du pays.

II - CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Selon le cinquième rapport du (GIEC) :

Les changements climatiques désignent une variation de l'état du climat qui peut être identifiée (par exemple à l'aide de tests statistiques) par des changements affectant la moyenne et/ou la variabilité de ses propriétés, persistant pendant de longues périodes, généralement des décennies ou plus.

Les changements climatiques peuvent être la conséquence de processus naturels internes ou de forçages externes tels que : les modulations des cycles solaires, les éruptions volcaniques et les changements anthropiques persistants de la composition de l'atmosphère ou de l'utilisation des terres. On notera que la Convention-Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), dans son Article 1, définit le changement climatique comme étant : « des changements de climat qui sont attribués directement ou indirectement

à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère mondiale et qui viennent s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observée au cours de périodes comparables. »

La CCNUCC établit ainsi une distinction entre le changement climatique qui peut être attribué aux activités humaines altérant la composition de l'atmosphère, et la variabilité climatique due à des causes naturelles.

a- Les éléments scientifiques du cinquième rapport

Le 5ème rapport du GIEC présente plusieurs nouveautés en termes de méthodologie ou d'attribution des responsabilités des phénomènes climatiques. Il réaffirme aussi que l'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre pourrait entraîner des changements majeurs au niveau des températures, du niveau des mers, ou de la fonte des glaces.

La conclusion est très claire : les activités humaines, notamment l'usage des énergies fossiles, a conduit à une hausse exceptionnelle de la concentration des gaz à effet de serre transformant le climat à un rythme jamais vu par le passé.

- **De plus en plus de certitude sur l'impact de l'homme sur le réchauffement climatique**

Le lien entre les activités humaines et l'accroissement des températures constaté depuis 1950 est **extrêmement probable**. Le niveau de certitude a augmenté : il était jugé **très probable** lors du rapport de 2007 et seulement **probable** dans le 3^{ème} rapport en 2001.



- **De nouveaux scénarios et une nouvelle méthodologie pour les projections climatiques**

Il existe quatre scénarios dans ce rapport :

RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 et RCP8.5

Les RCP sont des scénarios de référence de l'évolution du forçage radiatif sur la période 2006-2300. Ils ont été sélectionnés par les scientifiques sur la base de 300 scénarios publiés dans la littérature. Associés à des trajectoires d'évolution des concentrations des différents gaz à effet de serre et de l'occupation des sols.

Un forçage radiatif est exprimé en w/m, c'est un changement du bilan radiatif (rayonnement descendant moins rayonnement montant) au sommet de la troposphère (10 à 16km d'altitude), dû à un changement d'un des facteurs d'évolution du climat comme la concentration des gaz à effet de serre.

Le scénario RCP 2.6, qui implique de fortes réductions d'émissions de GES par la communauté internationale, est une nouveauté de ce rapport.

Le RCP8.5 est le plus pessimiste, mais c'est un scénario probable car il correspond à la prolongation des émissions actuelles.

Afin de réduire les incertitudes dans les projections climatiques, le GIEC a totalement changé sa méthode pour réaliser ces scénarios d'émission.

Les scénarios précédents se basaient sur des postulats socio-économiques (par exemple le postulat d'une société qui s'appuie massivement sur le charbon pour sa production d'énergie), pour en conclure différents niveaux d'émissions de gaz à effet de serre possibles.

- Les nouveaux scénarios fixent a priori différents niveaux de déséquilibre énergétique et leur niveau de concentration en GES compatible. A partir de ces concentrations sont déterminés des scénarios d'émission de GES qui en retour permettent de calculer des scénarios socio-économiques compatibles.

- **Des projections de court/moyen terme, et de très long terme**

Alors que le précédent rapport proposait uniquement des projections pour le 21ème siècle, **le 5ème rapport a intégré, à la demande des gouvernements, des prévisions décennales**, c'est à dire des prévisions de plus court terme. Les échéances mises en avant couvrent la période 2012-2035 en mettant l'accent sur la prochaine décennie... Celles-ci viennent s'ajouter aux projections traditionnelles pour le 21ème siècle, auxquelles viennent également s'ajouter des projections de très long terme, à l'horizon 2300.

- **L'effet refroidissant des aérosols revu à la baisse**

Les aérosols sont des particules solides ou liquides en suspension dans l'atmosphère. Ils peuvent être émis par les activités humaines ou naturelles (volcans, incendies de forêt).

Ils peuvent réfléchir vers l'espace l'énergie (et donc la chaleur) provenant du soleil directement ou en favorisant la formation des nuages. Les nouvelles simulations climatiques montrent que **leur effet « refroidissement » sur le climat serait moins important qu'estimé dans le rapport précédent**.

- **La hausse du niveau des mers pourrait être plus importante que prévue**

Ce rapport prévoit **une hausse du niveau des mers, tous scénarios confondus, située entre 29 et 82 centimètres d'ici la fin du 21^{ème} siècle (2081-2100)**.

Ce rapport a revu à la hausse l'impact de la fonte du Groenland et de l'Antarctique sur l'élévation du niveau des mers, grâce à de nouvelles modélisations et aux observations récentes.

Même si cela peut paraître abstrait, une hausse d'un mètre du niveau des mers toucherait directement une personne sur 10 dans le monde, soit 600 à 700 millions de personnes !

- **Des évènements climatiques extrêmes plus intenses, et plus fréquents**

En moyenne les précipitations augmenteront à l'échelle planétaire d'ici la fin du 21^{ème} siècle. Les régions humides aujourd'hui deviendront globalement plus humides et les zones sèches deviendront plus sèches.

Les experts s'attendent également à ce que le réchauffement climatique provoque des événements météorologiques extrêmes plus intenses, tels que les sécheresses, pluies diluviennes et – cela est encore débattu – des ouragans plus fréquents.

Il est pratiquement certain que des événements pluvieux vont devenir plus intenses.

- **Seul un scénario de réduction des émissions est en mesure de maintenir la hausse des températures sous le seuil des 2°C**

Le Giec montre que **l'objectif « 2°C » ne pourra être atteint que si l'on suit les trajectoires du scénario le plus ambitieux** (scénario RCP2.6). Si l'on suit cette trajectoire, il nous reste une chance de maintenir le réchauffement sous le seuil des deux degrés.

Pour atteindre cet objectif, les émissions totales cumulées ne devront pas dépasser une fourchette de 1000 à 1500 gigatonnes de carbone d'ici 2100 environ).

Or, en 2011, le total de ces émissions cumulées avait déjà atteint 531 gigatonnes. Notons que ces émissions ont augmenté de 3% en 2011 et que cette augmentation s'accroît chaque année. C'est dire l'importance de mettre en œuvre une réduction rapide de nos émissions de CO2.

Pour maintenir la hausse des températures sous le seuil de deux degrés, nous devons réduire nos émissions de gaz à effet de serre de 10% par décennie.

- **Moins de certitudes sur les sécheresses observées et les cyclones tropicaux**

Le niveau de confiance quant à l'augmentation des sécheresses lors des dernières décennies est plus faible que lors du 4^{ème} rapport, à cause de la **difficulté de comparaison des différents types de sécheresse**.

Il y a moins de certitudes quant aux causes de l'intensification des cyclones tropicaux constatée depuis 1970, sauf en Atlantique où celle-ci est attribuée en grande partie à la variabilité interne du système, avec pour le futur la possibilité d'une plus grande variété dans leurs trajectoires et intensité.

- **Le « palier des températures » ne remet pas en cause le réchauffement anthropique sur les 30 dernières années**

Les dix années les plus chaudes depuis 1850 ont eu lieu depuis 1998 (2005 et 2010 ont été les deux plus chaudes depuis le début des mesures). Depuis trente ans, chaque décennie a été significativement plus chaude que la précédente.

Mais depuis 1998, la hausse des températures est moins claire (en partie car 1998 a été une année exceptionnellement chaude). Les climatosceptiques ont profité de ce phénomène pour relayer l'idée que les températures n'augmentent plus.

Pourtant, on sait que le réchauffement n'est pas un phénomène continu et linéaire d'année en année : même si les températures augmentent moins vite que prévu, **elles sont toujours en hausse**, tandis que tous les autres indicateurs climatiques (niveau des mers, acidification des océans, fonte de la cryosphère) sont eux dans le rouge.

Même s'il n'y a pas encore d'explication consensuelle parmi la communauté scientifique, les climatologues cherchent quand même à expliquer pourquoi la hausse des températures n'est pas aussi rapide que prévu ; une des explications les plus souvent évoquées est que les océans absorbent actuellement une partie de l'énergie de la planète (la chaleur). Une autre explication est celle du cycle actuel de refroidissement de l'Océan Pacifique, qui contribuerait à réduire la hausse des températures atmosphériques.

b - Observations passées

Les températures au plus haut

➤ **Les températures moyennes**

C'est au travers de l'évolution des températures moyennes que les preuves du changement climatique sont les plus évidentes :

- La température moyenne mondiale (terre et océans) a augmenté de 0,85°C entre 1880 et 2012.
- **Chacune des trois dernières décennies a été plus chaude que la précédente et que toutes les autres décennies depuis 1850.**
- La décennie 2001-2010 a été la plus chaude de toutes les décennies depuis 1850
- **La période 1983-2012 a probablement été la plus chaude depuis 1400 ans.**

Depuis les années 1950 :

- Le nombre moyen de journées et nuits froides a diminué.
- Le nombre moyen de journées et nuits chaudes a augmenté.
- La fréquence des vagues de chaleur a augmenté en Europe, en Asie, ou encore en Australie

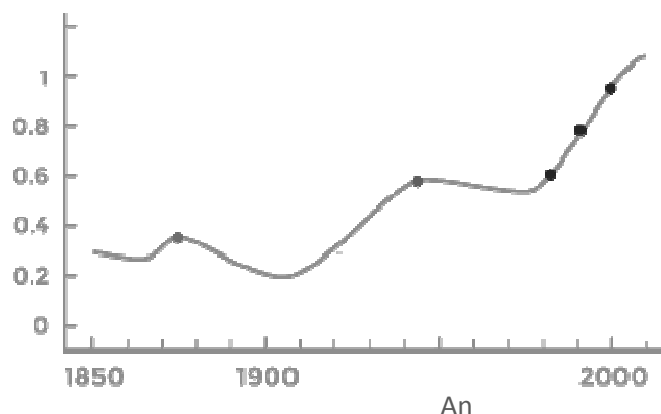


Fig.3 - Les températures moyennes mondiales de 1850 à 2012.

La courbe ci dessus reflète les anomalies de températures de 1850 à 2012 (exprimées en °C) relatives à la période 1961-1990. Mais le réchauffement est bien plus important au dessus de la terre qu'il l'est au dessus des océans (qui absorbe la chaleur de façon plus importante).

➤ Les températures des océans

Le réchauffement des océans représente le plus grand changement dans le contenu énergétique de la terre : les océans ont absorbé 90% de l'énergie accumulée sur Terre entre 1971 et 2010.

Le réchauffement le plus marquant a lieu en surface (75 premiers mètres) : +0,11°C par décennies, entre 1971 et 2010, soit +0,44°C en moins de 40 ans.

La cryosphère désigne toutes les parties de la surface de la Terre où l'eau est à l'état solide (glace et neige). Il faut y inclure les banquises, les lacs et rivières gelés, les régions recouvertes de neige, les glaciers, et les sols gelés (de façon temporaire ou permanente).

Aujourd'hui, le volume de la cryosphère est en diminution constante

➤ les calottes glacières

Les calottes glaciaires sont les glaciers d'eau douce étendus sur la terre ferme. Les deux calottes glaciaires les plus étendues sont les glaciers du Groenland et de l'Antarctique. La calotte glaciaire a perdu en volume depuis les années 1990 et sa fonte est de plus en plus rapide.

➤ la banquise

A l'inverse des calottes glaciaires, qui se forment sur la terre, la banquise est une couche de glace qui se forme sur l'eau : sur la mer mais aussi les lacs et les rivières.

Les observations montrent que l'extension de la banquise en Arctique fin septembre a diminué d'environ 11% (entre 9 et 13%) par décennie entre 1979 et 2012.

Chaque décennie depuis 1979, l'extension moyenne de la banquise en arctique a diminué.

➤ Le pergélisol

Le pergélisol désigne un sol gelé (et dont la température reste en dessous de 0°C pendant plus de deux ans consécutifs). Aujourd'hui, il représente 20% de la surface de la terre (notamment en Alaska, Canada, Sibérie et Groenland).

Les températures dans les régions à pergélisol ont largement augmenté depuis trente ans. **Entre les années 1980 et les années 2000, on a constaté une hausse de 3°C des températures en Alaska, et de 2°C au nord de la Russie.**

La hausse du niveau des mers s'accélère

Les marégraphes et les données satellites montrent que la hausse du niveau des mers est un phénomène sans équivoque.

- Sur la période 1901-2010, le niveau de la mer a augmenté de 19 centimètres en moyenne
- Entre 1901 et 2010, la hausse moyenne du niveau des mers était de 1,7 mm/an. Mais le phénomène s'accélère, puisque **la hausse était de 3,2 mm/an entre 1993 et 2010.**
- **La hausse du niveau des mers est presque deux fois plus rapide depuis 20 ans, par rapport au siècle dernier.**

Par endroits cette élévation est bien plus importante, comme à tuvalu¹ où depuis 1993, le niveau de la mer s'y élève à raison de 5mm/an.

Les simulations climatiques basées sur les éléments naturels (éruptions volcaniques, variations solaires) peuvent expliquer des variations de températures entre l'an 1400 (environ) et 1950.

Mais depuis 1950, ces variations de températures ne sont explicables que si on intègre les activités humaines, qui apparaissent même comme le principal facteur causant le réchauffement constaté.

Grâce à des modèles scientifiques plus précis, le 5^{ème} rapport du GIEC a ainsi renforcé ses certitudes, et n'a jamais été aussi sûr de la responsabilité des activités humaines.

¹: TUVALU : Les Tuvalu, en forme longue l'État des Tuvalu, sont un État et un archipel polynésien, au centre de l'océan Pacifique, au sud de l'équateur.

La responsabilité humaine de plus en plus certaine

Le précédent rapport daté de 2007 estimait que le lien entre les activités humaines et la hausse des températures était « très probable » (90% de chances).

Auparavant, ce lien était moins certain : il était évalué à 66% en 2001, et à un petit peu plus de 50% en 1995.

Aujourd'hui, cette responsabilité est estimée comme « extrêmement probable » (95% de chances).

A l'échelle régionale

Selon Tabet-Aoul,(2008), à l'échelle du Maghreb, le climat a connu un changement brutal à partir de 1973, date qui a coïncidé avec la sécheresse du Sahel. Selon cet auteur, depuis 1973, il est constaté :

- une occurrence plus grande des sécheresses : une année sur trois
- une intensification des inondations : 1990 en Tunisie, 2001 en Algérie et en 2002 au Maroc
- un nombre croissant de vagues de chaleurs en toutes saisons
- des feux de forêts (perte annuelle de 25000 ha/an en Algérie et au Maroc
- une élévation du niveau de la mer

La période 1975-2004 a connu quelques années avec une pluviométrie excessive, concentrée sur de très courtes périodes de l'année. Les fortes précipitations qui se produisent en quelques jours seulement en régions arides sont à l'origine de catastrophes naturelles telles que les inondations (janvier 1990 en Tunisie, novembre 2001 en Algérie et novembre 2002 au Maroc). Ces inondations ont occasionné d'importants dégâts sur les infrastructures et l'habitat et réduit notablement l'activité économique et sociale : les dégâts liés à l'inondation d'Alger en novembre 2001 sont estimés à près d'un milliard de dollars et à plus d'un millier de morts (Tabet-Aoul.,2008).

En Algérie

La variation des deux paramètres fondamentaux que sont la température et les précipitations au cours du siècle dernier constitue un bon indicateur de l'aspect évolutif du climat en Algérie. On observe une tendance à la hausse des températures à travers tout le pays (Belaid., 2014).

Les températures annuelles oscillent entre 21.5°C (1916) et 23.5°C (1985). Les années les plus froides sont respectivement 1904, 1907, 1916, 1917, 1925, 1974 et 1976, et les années les plus chaudes sont 1945, 1954, 1985, 1988 et 1997 (Fig.4).

L'évolution récente du climat sur les 30 dernières années montre que les températures moyennes annuelles ont subi une augmentation moyenne de 0.5 °C, avec un maximum durant les saisons chaudes (JJA) de 0.7 °C (Belaid.,2014).

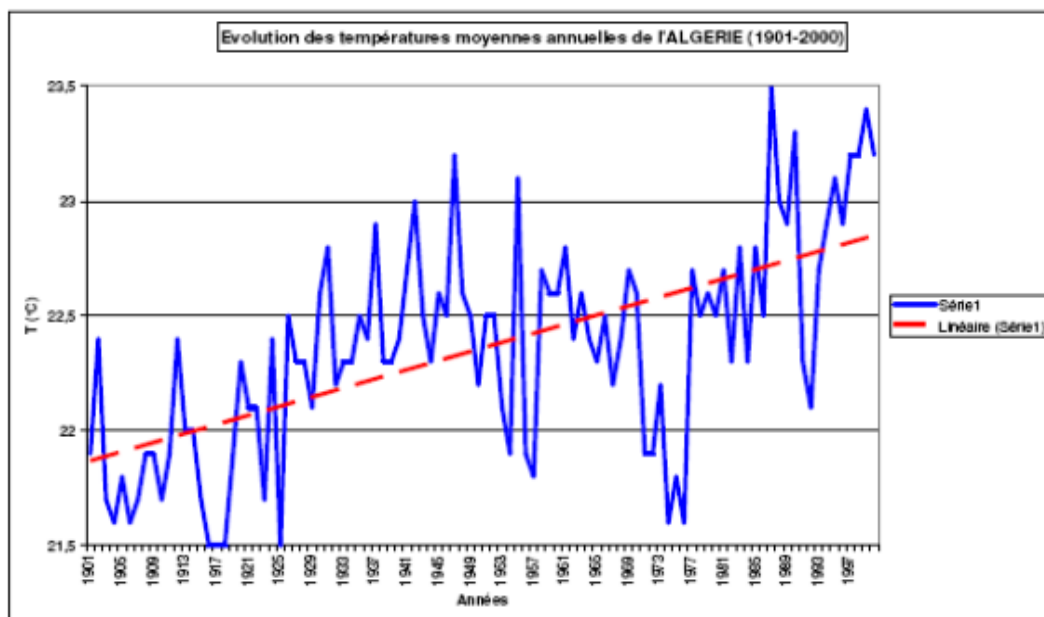


Fig.4 -Evolution des températures moyennes annuelles de l'Algérie (1901-2000)
(Djelouli.,2007).

La tendance générale des précipitations, quant à elle, est en baisse. Les précipitations annuelles oscillent entre 59mm (1984) et 128mm (1901). Les années où on a enregistré des hauteurs de précipitations minimum sont: 1914, 1926, 1938 et 1984. Les années où on a enregistré des hauteurs de précipitations maximum: 1901, 1952, 1957 et 1976 (Fig.5).

Durant cette même période, l'Algérie a connu plusieurs sécheresses, mais celles des dernières décennies sont encore plus remarquables compte tenu du déficit pluviométrique enregistré un peu partout sur le territoire, particulièrement à l'Ouest du pays (Belaid.,2014).

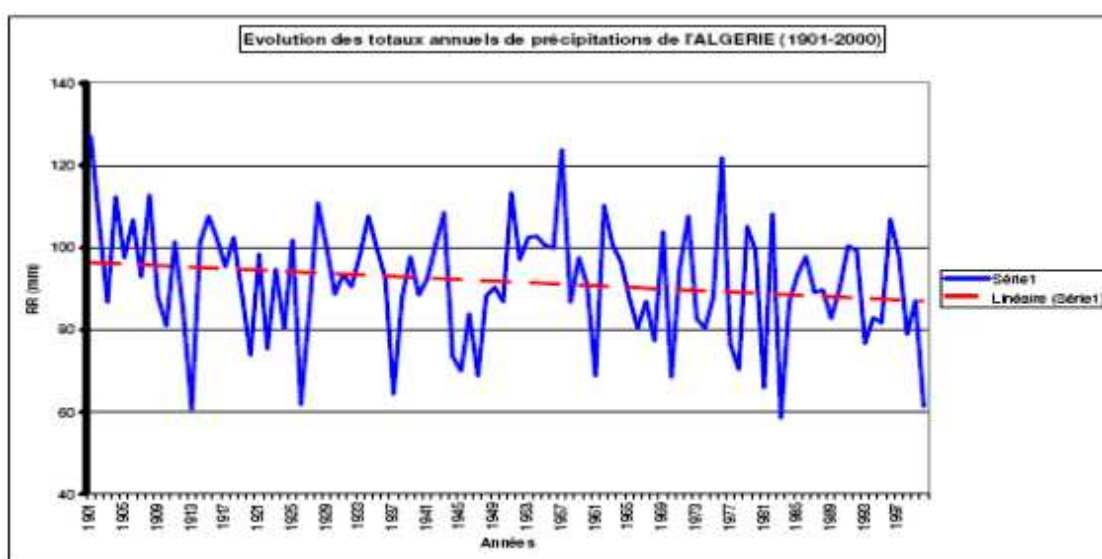


Fig.5 -Evolution des totaux annuels de précipitations de l'Algérie (1901-2000)
(Djelouli.,2007).

L'analyse de la pluviométrie de la décennie 1990-1999, basée sur le bilan pluviométrique annuel montre que la quasi-totalité des stations de la région Ouest présentent un déficit pluviométrique important. Ce déficit est toutefois moins accentué au Centre et à l'Est du pays. Ces déficits hydriques sont évalués à près de 20% pour la région Ouest, 13% pour le Centre et 12% pour l'Est du pays (Ould Amara., 2000 ; Bouguerra., 2001).

III - Sécheresse, déficit hydrique et stress hydrique

La sécheresse est l'un des premiers facteurs intervenant dans la limitation du rendement; elle influence la plupart des processus physiologiques de la plante (Monneveux et Nemmar, 1986 in Boulassel A Mouhouche B., Lakhdari F., 2010).

La sécheresse est un phénomène climatique qui survient suite à un manque d'eau. Pour Derraissac.,(1992), la sécheresse a lieu quand l'eau devient un facteur limitant le développement et la croissance des végétaux. Pour les agronomes, la sécheresse est l'état climatique qui s'installe après une contrainte hydrique (Zair.,1991). On parle également de sécheresse lorsqu'il y a un manque d'eau qui se traduit par des pertes d'eau supérieures aux disponibilités (Nemmar.,1983). Cette sécheresse est dite modérée quand la production végétale baisse au dessous de la moyenne attendue et prononcée lorsqu'il y a insuffisance ou absence de production (Mansat.,1976).

Le déficit hydrique est l'état d'humidité de l'air ou du sol par rapport à l'état de saturation. D'après Kramer., (1959), le déficit hydrique a lieu chaque fois que la perte en eau par transpiration dépasse le taux de l'absorption. Pour Katerdji et Itier (1985), le déficit en eau survient quand l'état hydrique de la plante s'écarte d'une valeur critique appelée « seuil du confort hydrique ». Pour le contrôle de ce confort hydrique des plantes, on se réfère à des grandeurs exprimant l'état hydrique de la plante et des grandeurs caractérisant le milieu. Les grandeurs caractérisant le milieu se traduisent, d'une part, par une demande climatique ou pouvoir évaporant de l'air (Perrier, 1990), connu sous le terme d'évapotranspiration potentielle (ETP) et, d'autre part, par l'humidité du sol dont la variation présente l'offre réelle qui est plus connue sous le terme d'évapotranspiration réelle (ETR).

Levitt (1972), a introduit la notion de stress ou contrainte pour décrire l'effet de la sécheresse ou du déficit hydrique subit par la plante. Le stress hydrique peut parvenir, soit d'une activité insuffisante, soit excessive dans l'environnement de la plante (Levitt., 1980).

Selon Heller (1977), il y a sécheresse à chaque fois que le déficit en eau provoque des réactions de défense de la plante, se traduisant par des modifications de l'état du feuillage qui caractérisent le flétrissement. Alors que Blum (1996) définit la sécheresse en tant qu'un stress multidimensionnel.

Naturellement, toute réduction de l'alimentation hydrique se répercute sur les différentes fonctions du végétal et par conséquent sur la productivité. Le déficit en eau provoque des réactions de défense et de réponse de la plante, se traduisant par des modifications de l'état hydrique de la plante en général et l'état du feuillage qui caractérisent le flétrissement (Mansat et Henin., 1976; Heller., 1977). Au

moment du flétrissement, les organes de la plante subissent des fluctuations dans leur teneur en eau d'une façon inégale ce qui se répercute sur la teneur en substances de croissance.

Une plante soumise à une contrainte hydrique voit son potentiel hydrique diminuer jusqu'à une valeur seuil, au-dessous de laquelle les stomates se ferment (Jaquinot et *al.*, 1981). Cette fermeture a pour conséquence une diminution de la transpiration (Aboussouan et *al.*, 1985). La chute de la transpiration engendre une inhibition de l'assimilation chlorophyllienne ce qui réduit la productivité et influence au moment de la formation du grain le remplissage. Ce grave désordre physiologique se manifeste par un flétrissement qui peut être irréversible si le déficit est trop sévère (Nemmar., 1983). De plus, la fermeture des stomates s'accompagne d'une augmentation de la teneur en acide abscissique (ABA). Après accumulation, l'ABA migre vers l'épi et provoque la stérilité. L'augmentation de la teneur en ABA dans les racines est à l'origine d'une augmentation de la conductivité racinaire pour l'eau. Au niveau des stomates, l'ABA influence les échanges du cation K^+ entre les cellules stomatiques et les autres cellules et il est à l'origine de la diminution du rapport tiges/racines observé suite à un stress hydrique (Berger., 1985). Sous une contrainte hydrique, l'ABA peut retarder ou avancer la floraison en fonction de l'espèce et le temps où l'ABA rentre en vigueur (Trewavas et Jones., 1991) mais également selon l'intensité du stress hydrique (Blum, 1996). Ainsi, un stress peu sévère cause la précocité de la floraison (Angus et Moncur., 1977), par contre, un stress sévère retarde la floraison chez le blé (Angus et Moncur., 1977; Dwyer et Stewart., 1987). Selon Bois et Couchat (1985), la réduction des pertes par régulation stomatique de la transpiration est un moyen d'adaptation que possède la plante pour retarder l'installation du déficit hydrique. Cependant, Renard et Alluri (1981), estiment que le contrôle stomatique est plus symptôme de déficience en eau qu'un mécanisme préventif.

IV - Données bibliographiques sur les blés

1. Origine et historique de la céréaliculture

Les céréales présentent l'avantage décisif de constituer des provisions pouvant se conserver sous forme de grains de grande valeur nutritionnelle par leurs substances amylacées et leurs protéines (environ 10 %) (Doussinault et *al.*, 1992).

Les premières évidences archéologiques de récolte de céréales datent d'un peu moins de 8000 ans avant Jésus-Christ et se trouvent au Moyen-Orient dans le « croissant fertile »: Mésopotamie, Turquie, Palestine. A cette époque, l'engrain (*Triticum aeolicum*) et l'amidonner (*Triticum dicocoides*) faisaient l'objet de cueillette (Doussinault et *al.*, 1992).

Les premiers indices d'une agriculture apparaissent il y a 11.000 ans, au Moyen-Orient, au sud de l'Anatolie et au Nord de la Syrie. C'est là que les premiers agriculteurs se fixent et commencent à cultiver les blés que leurs ancêtres récoltaient dans la nature. Les formes sauvages de diverses espèces seraient originaires du Proche et du Moyen-Orient. Après s'être établie au Proche-Orient, la céréaliculture se répand vers l'Europe, l'Asie et la vallée du Nil (Henry et De Buyser., 2001).

Le passage d'une civilisation de nomades (chasseurs, cueilleurs et éleveurs) à celles d'agriculteurs sédentarisés est le résultat de la domestication progressive de graminées cultivées, le blé est indissociable de la culture Européenne, comme le maïs, le riz, le mil et le sorgho sont des cultures de l'Amérique latine, de l'Asie et de l'Afrique (Feillet., 2000).

La grande révolution aura été l'apparition de plantes auxquelles les épis et les grains restaient attachés, ce qui devait permettre de les récolter et de les cultiver; la chance de l'humanité sera que ces grains sont comestibles, riches en énergie, faciles à conserver et à transporter (Feillet., 2000).

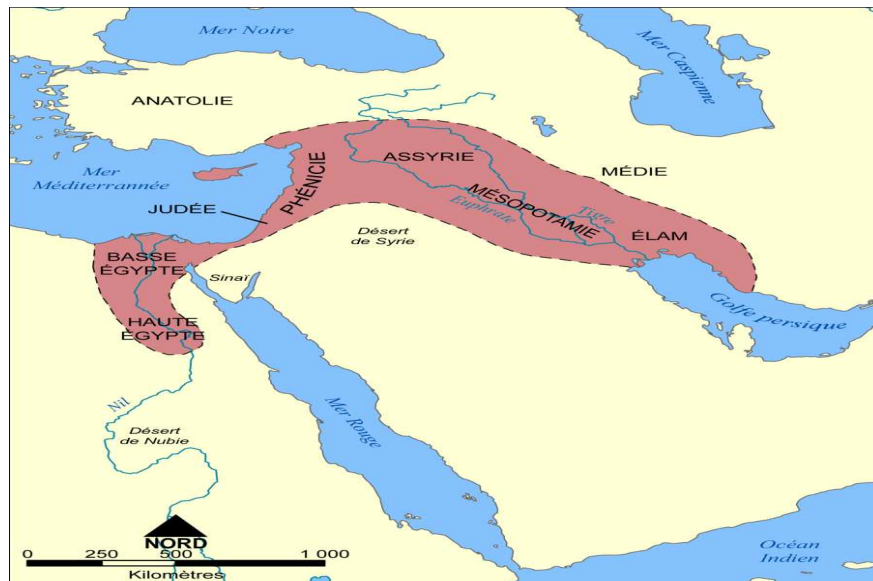
2. Origine et historique des blés cultivés

Trois céréales blé, riz et maïs constituent la base alimentaire des populations du globe. Durant le développement de la civilisation Indo-Européenne, le blé est devenu la principale céréale des peuples occidentaux sous climat tempéré (Henry et De Buyser., 2001).

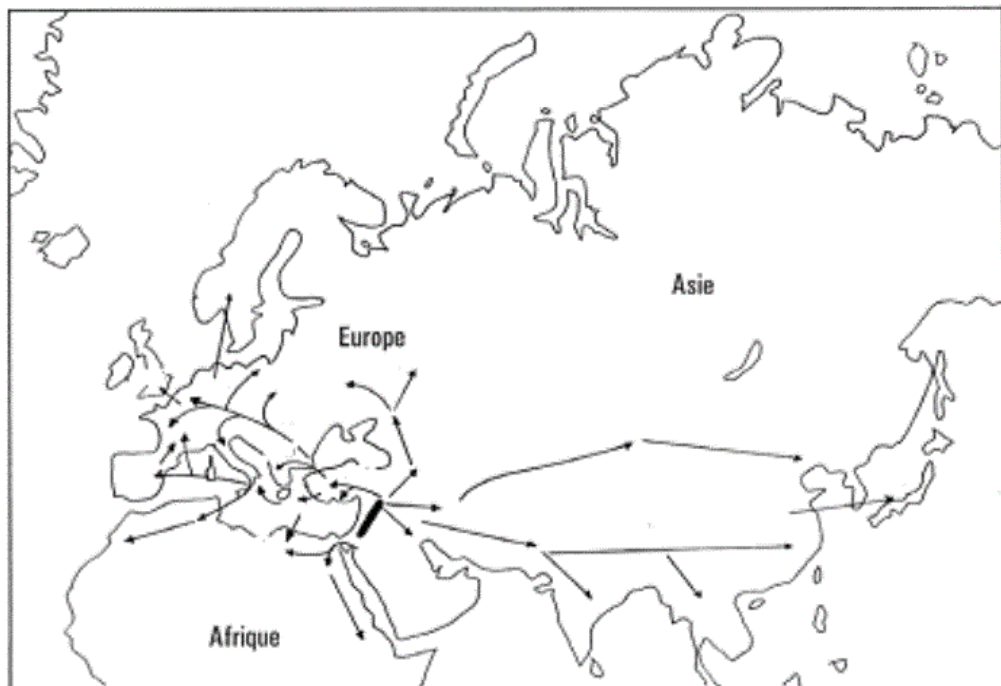
Jusqu'aujourd'hui, on considère que le Croissant Fertile (Carte1) est le centre d'origine de blé qui diffusait vers le Nord-Ouest par les plaines côtières du bassin méditerranéen (l'Italie, la France et l'Espagne), et à travers des Balkans (chaîne montagneuse de la Bulgarie), puis en suivant la vallée du Danube (Ukraine, Moldavie, Bulgarie, Roumanie, Serbie et Monténégro, Croatie, Hongrie, Slovaquie et Allemagne) pour arriver à la vallée du Rhin (Suisse, France, Allemagne et Pays-Bas) , entre environ 5000 et 6000 ans avant J.-C.

Le Croissant fertile désigne une zone géographique irriguée par le Jourdain, l'Euphrate, le Tigre et le Nil. Il s'étend donc au Moyen-Orient sur des plaines alluviales riches en terres fertiles. L'agriculture néolithique y serait née. Cette entité géographique de 400.000 à 500.000 km² doit son nom à la forme qu'elle affiche sur une carte, l'arc formé ressemblant à un croissant. Près de 40 à 50 millions de personnes y vivaient.). Il comprend les États actuels du Liban, de Chypre, du Koweït, d'Israël et de Palestine dans leur intégralité. Le Croissant fertile comprend également des régions de la Syrie, de l'Irak, de la Jordanie, de l'Iran, du sud-est de la Turquie et de l'Égypte.

Les restes archéologiques montrent que le blé atteint l'Ouest de l'Europe 5000 ans environ avant J.-C. Dans le même temps, il diffuse vers l'Asie et l'Afrique. Mais, son introduction en Amérique particulièrement le blé tendre (*Triticum aestivum* L.) – est très récente. Elle est faite en 1529 par les espagnols au Mexique. Alors qu'en Australie elle est faite par les anglais seulement en 1788 à partir des pools génétiques européens carte 2 (Doussinault et al., 2001).



Carte 1- Croissant fertile. (commons.Wikimédia.org).



Carte 2- Diffusion de la culture de blé d'après Bonjean (2001).

Ceci correspond au début de la période du Dryas qui fut localement un épisode climatique de sécheresse et de refroidissement, ayant abouti à l'arrêt progressif du mode de vie chasseur et cueilleur entraînant la domestication de certaines plantes dont les céréales (Hayden., 1990 ; Wadley et Martin., 1993).

Les primo-agriculteurs sélectionnent, en vue d'une culture plus productive, des blés et orges à grains plus gros, à épis plus riches en grains, moins égrenant et à tallage plus intense et mieux synchronisé, ce qui conduit à la formation d'épis plus nombreux et mieux groupés dans le temps, donc aisément récoltables (Albertini., 2013).

Actuellement, les deux espèces les plus cultivées sont le blé tendre (*Triticum aestivum*) et le blé dur (*triticum durum*) qui semble être l'espèce la plus ancienne (Feillet., 2000).

Le blé tendre possède les trois génomes AA et BB et DD et chromosomes ;
le blé dur ne contient que les deux génomes AA et BB et 28 chromosomes.

Le croisement naturel entre *T.monococcum* (porteur du génome A) et *Aegilops* porteur du génome B) a permis l'apparition d'un blé dur sauvage de type AABB(*Triticum turgidum* ssp. *Dicoccoides*) qui a ensuite progressivement évolué vers *T.turgidum* ssp. *dicoccum* puis vers *T.durum* (blé dur cultivé). Les blés tendres cultivés (AABBDD) seraient issus d'un croisement, également naturel, entre *T.turgidum* ssp. *dicoccum* (AABB) et *Aegilops squarrosa* (DD) (Feillet.,2000).

En Algérie, (Hazmoune., 2000 in Attab Saliha., 2014) rapporte que selon Laumont et Erroux (1961), la culture de blé dur a commencé et s'est développée au lendemain de la conquête arabe et que la plupart des auteurs s'accordent pour considérer que la céréaliculture Algérienne est depuis cette date et jusqu'à la colonisation ,très largement dominée par le blé dur.

3. Généralité

« **Blé** » est un terme générique qui désigne plusieurs céréales appartenant au genre *Triticum*. Ce sont des plantes annuelles de la famille des Graminées ou Poacées, cultivées dans de très nombreux pays. Le terme blé désigne également le « grain » (caryopse) produit par ces plantes.

Le blé fait partie des trois grandes céréales avec le maïs et le riz. C'est, avec environ 600 millions de tonnes annuelles, la troisième par l'importance de la récolte mondiale et, avec le riz, la plus consommée par l'homme. Le blé est, dans la civilisation occidentale et au Moyen-Orient, un composant central de l'alimentation humaine.

4. Classification

Les blés font partie des céréales de culture annuelles qui appartiennent à l'ordre des monocotylédones.

D'après Chadefaud et Emberger (1960), Prats (1960) et Feillet (2000), le blé tendre est appartenu à la classification suivante :

- Règne : *Plantae*
- Famille : *Poaceae*
- Genre : *Triticum*
- Espèce : *Aestivum*

Hanson et al. (1982) in Souilah (2005) et Soltner (2005), classent les blés selon le milieu de culture en trois groupes :

❖ **Les blés d'hiver** dont le cycle de développement varie de 9 à 11 mois. S'implantent en automne et caractérisent les régions Méditerranéennes et tempérées. Ces blés subissent une vernalisation pendant des semaines à des

températures de 1 à 5 °C, pour passer du stade végétatif au stade reproducteur (ne peuvent épiquer qu'après avoir été soumis au froid).

❖ **Les blés de printemps** ont un cycle de croissance de 3 à 6 mois. Ils n'ont pas de périodes inactives et ne peuvent survivre à de très basses températures. Leur épiaison ne dépend que de l'allongement de la durée du jour.

❖ **Les blés alternatifs** qui sont intermédiaires, au plan tolérance au froid, entre les blés d'hiver et ceux du printemps.

5- Description du blé

Le blé est une plante monocotylédone de la famille des Poacées. C'est une céréale à paille annuelle haute de 0,5 à 1,5 m ; cultivée pour ses graines et pour sa paille, à inflorescence en épi terminal dense (fig. 6).

L'appareil végétatif du blé comprend en partie souterraine un système racinaire fasciculé assez développé et en partie aérienne un certain nombre d'unités biologiques appelés talles

Partantes toutes d'une zone située à la base de la plante, appelé plateau de tallage.

Chaque talle, est formée d'une tige creuse (chaume) constituée des nœuds et des entre-nœuds.

Chaque nœud est le point d'attache d'une feuille .La feuille comprend une portion inférieure appelée gaine, enveloppant l'entre-nœud correspondant, et une portion supérieure appelée limbe.

Les gaines, attachées au niveau des nœuds, sont emboîtées les unes dans les autres et forment un tube cylindrique entourant la tige qui se déboîte au fur et mesure de la croissance des entre-nœuds.

A la jonction du limbe et de la gaine, se trouve une petite membrane non vasculaire, plus ou moins longue et dentelée, la ligule. De chaque côté de cette dernière, à la base du limbe se trouvent deux stipules plus ou moins embarrassantes et velues : les oreillettes (Soltener., 2005).

L'inflorescence chez le blé est de type épi, avec une unité morphologique de base qui est l'épillet.

Le rachis, ou axe de l'épi, porte de 15 à 25 épillet, organisés en deux rangées situées de part et d'autre de l'axe .L'épillet se compose d'un ensemble de 3 ou 4 fleurs à l'intérieur de deux glumes.

Chaque fleur est dépourvue de pétales et est entourée de deux glumelles (inférieure et supérieure).Elle contient trois étamines et un ovaire surmonté de deux styles plumeux. La fleur du blé est dite cléistogame, c'est-à-dire que, le plus souvent, la fécondation a lieu à l'intérieur des glumelles, avant que les étamines n'apparaissent à l'extérieur. De ce fait, le blé est une plante autogame. Après fécondation, l'ovaire donnera le grain de blé. Ce grain est à la fois le fruit et la graine. Les enveloppes du fruit sont soudées à celles de la graine, on appelle ce type de fruit un caryopse.

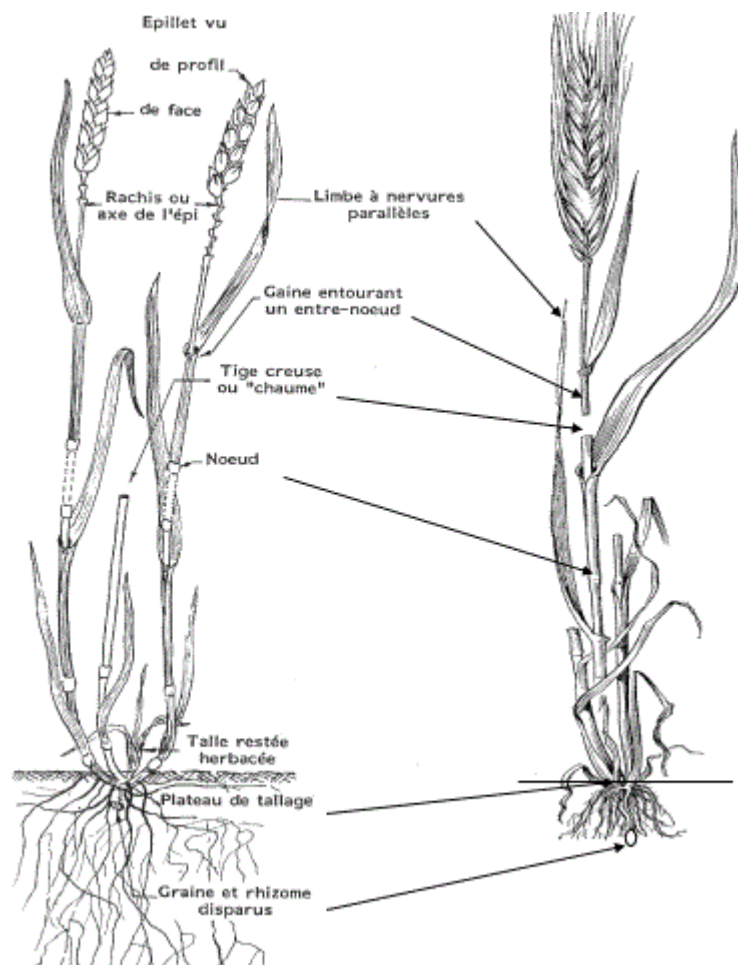


Fig.6 - Morphologie des graminées (orge à droite et blé tendre à gauche) (Soltner., 2005)

Le grain de blé comporte trois parties distinctes (figure 7) qui sont : l'albumen (80 à 85 % du grain), constitué essentiellement d'amidon (70 à 75 %) et de protéines, les enveloppes de la graine et du fruit (13 à 17 % du grain), et le germe (3 % du grain), composé d'un embryon (lui-même formé du coléoptile, de la gemmule, de la radicule, du coléorhize et de la coiffe) et du *Scutellum* (cotylédon) (Feillet, 2000).

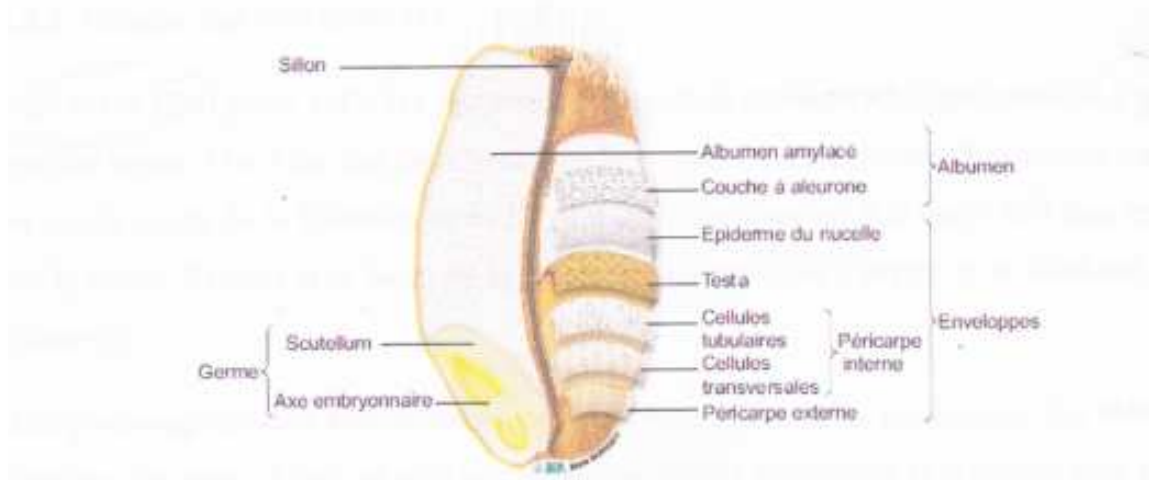


Fig.7 - Histologie d'un grain de blé en coupe longitudinale (Surget et Barron.,2005)

6 - Cycle biologique de développement

La croissance et le développement d'une culture représentent les transformations quantitatives et qualitatives qui accompagnent le parcours des différentes étapes de sa vie depuis l'implantation jusqu'à la maturité, l'ensemble représente le cycle biologique naturel de la plante.

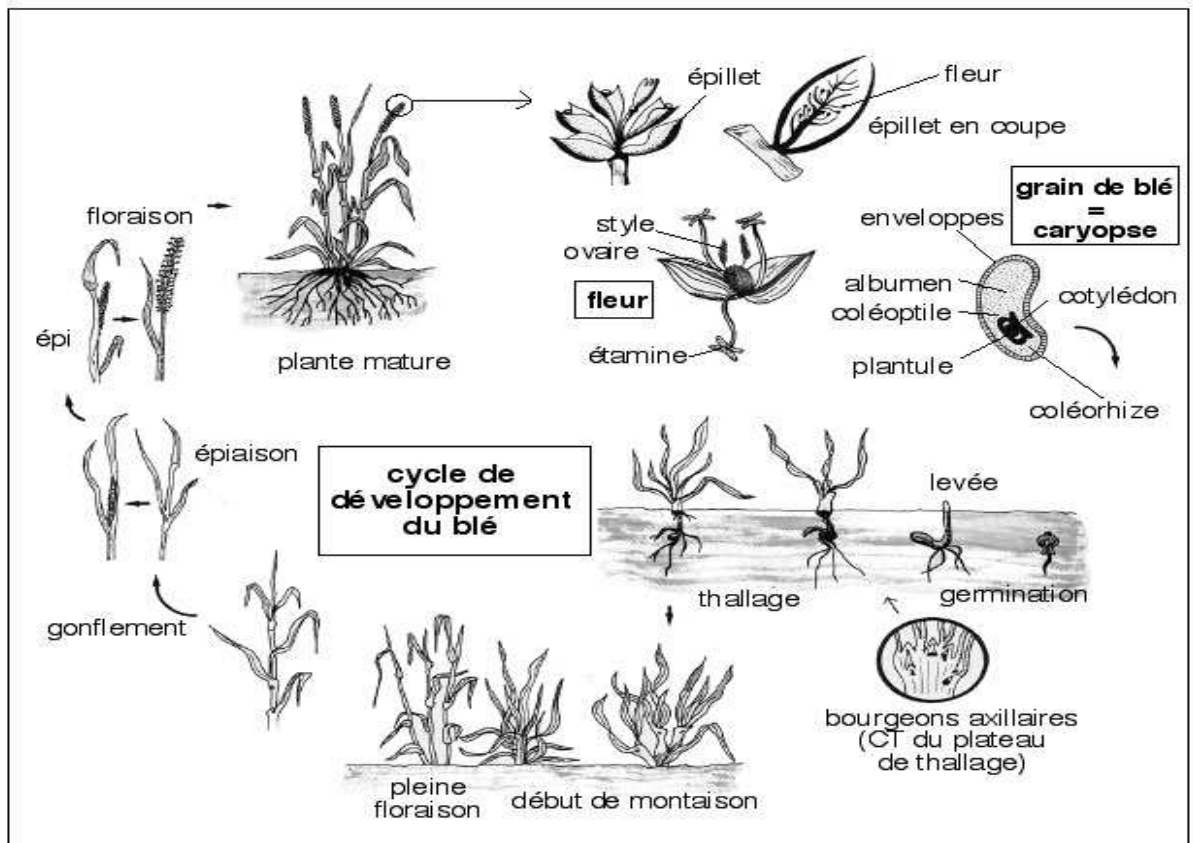
Les connaissances actuelles en biologie et physiologie des plantes permettent de caractériser ces transformations pour chacune des étapes considérées et à différentes échelles.

La croissance est l'augmentation continue de toutes les dimensions de la plante :

Longueur, largeur, diamètre, surface, volume et masse. Cette augmentation est mesurable dans le temps. La croissance d'une plante entière (ou d'un couvert végétal) fait intervenir en fait deux phénomènes concomitants :

- la croissance en dimension de chacun des organes après leur initiation : c'est la croissance au sens strict ;
- la multiplication du nombre de ces organes : c'est la liaison avec le développement.

Le cycle de développement du blé se compose tout d'abord d'une période végétative, durant laquelle la plante ne différencie que des feuilles et des racines, puis d'une phase reproductrice, dominée par l'apparition de l'épi et la formation du grain et à la fin une période de maturation dans laquelle les substances de réserves (amidon et matières protéiques) s'élaborent et migrent dans l'albumen en parallèle avec la formation de l'embryon (figure 8). Il existe plusieurs échelles qui décrivent les stades clés du développement de blé comme l'échelle de Soltner (figure 9).



Le cycle de développement du blé.

Fig. 8 -Cycle de développement du blé (<http://www.univlehavre.fr>).

❖ La période végétative

Qui s'étend de la germination au tallage. Cette période elle-même subdivise en trois stades principaux :

- **Phase semis-levée**

Elle débute par le passage du grain de l'état de vie ralentie à l'état de vie active au cours de la germination qui se traduit par l'émergence de la radicule et des racines séminales et celle de la coléoptile. Dès que la première feuille a percé la coléoptile, ce dernier s'arrête de croître et se dessèche (Heller., 1982). La réalisation de cette phase est sous la dépendance de facteurs propres à la semence (faculté et énergie germinatives) et de facteurs extérieurs (température et humidité du sol). Le zéro de germination du blé tendre (*Triticum aestivum* L.) est de 0°C (Clément., 1981).

- **Phase levée-début tallage**

La première feuille fonctionnelle s'allonge, puis la deuxième, jusqu'à la quatrième toutes en position alterne. Celles-ci, imbriquées les unes dans les autres, partant toutes d'une zone située au proche de la surface du sol appelée plateau de tallage, constituée par l'empilement d'un certain nombre d'entre-nœuds et reliées à la semence par le rhizome (Clément., 1981).

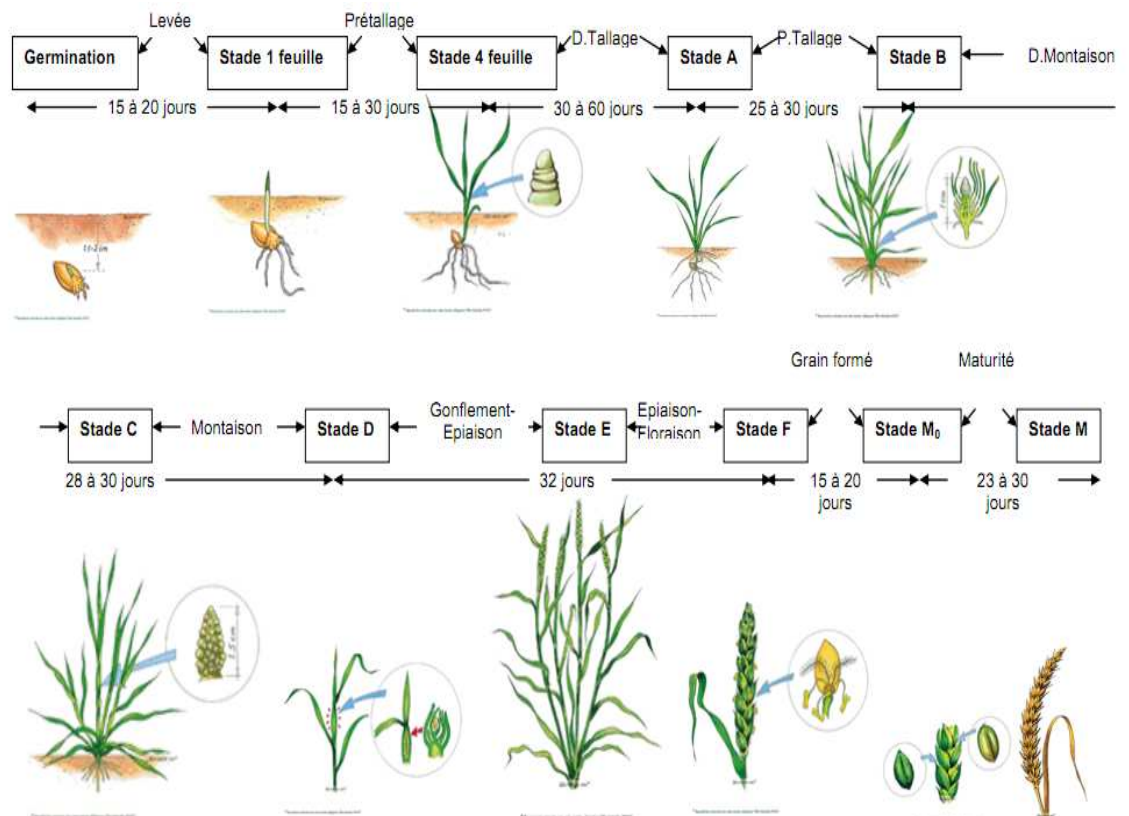


Fig.9 - différents stades de développement du blé tendre (cycle de Soltner., 2005 modifié)

• Phase début tallage- début montaison

Elle se caractérise par l'entrée en croissance des bourgeons différenciés à l'aisselle de la première feuille, dont le bourgeon donnera le maître brin. Le nombre de talles émises par plante est fonction de l'espèce (l'orge talle beaucoup plus que le blé tendre), de la variété, du climat, de l'alimentation de la plante en azote, de la profondeur de semis (Soltner., 1990).

❖ La période reproductrice

Le début de cette phase est marqué par une différenciation de l'ébauche d'épillet sur l'apex (stade A), ce stade marque la transformation du bourgeon végétatif en bourgeon floral. Le stade B est repéré par l'apparition de deux renflements latéraux qui apparaissent sur l'épillet, ce sont les ébauches des glumes.

Dès le début de la montaison, on assiste à une différenciation des pièces florales : glumelles (inférieure et supérieure), organes sexuels (étamines et stigmate); et en parallèle, la tige et l'inflorescence s'allongent. Les apex des talles différencient des ébauches d'épillets puis des pièces florales et montent. C'est le tallage épi.

Au stade gonflement, l'inflorescence monte en grossissement dans les gaines des différentes feuilles. Ainsi, la gaine de la dernière feuille s'allonge et gonfle. Peu après, l'inflorescence l'épi sort de la gaine de la dernière feuille : c'est le stade épiaison. La fécondation et l'anthèse suivent de quelques jours l'épiaison.

❖ La période de maturation

Au cours de cette dernière période, l'embryon se développe et l'albumen se charge de substances de réserves.

On observe une augmentation du volume et du poids des grains. La phase se termine par le stade laiteux (le grain s'écrase facilement en laissant apparaître un liquide blanchâtre). 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. Le grain à ce stade s'écrase en formant une pâte. Enfin, le grain devient dur et de couleur jaunâtre. C'est le stade de la maturation physiologique.

V - La Phénologie

La **phénologie** est l'étude de l'apparition d'événements périodiques (annuels le plus souvent) dans le monde vivant, déterminée par les variations saisonnières du climat.

On étudie surtout la phénologie des végétaux, mais aussi des animaux (notamment des oiseaux et insectes), des champignons, et même, dans le monde non vivant, des glaciers.

En botanique, les événements périodiques sont par exemple la floraison, la feuillaison, la fructification, la coloration des feuilles des végétaux.

L'apparition des événements chaque année est un indice d'éventuels changements de divers facteurs, dont climatiques et/ou micro-climatiques, mettant en jeu la température, la longueur du jour, la teneur en eau du sol et de l'atmosphère, etc.(Wikipedia)

1. Histoire

La phénologie est une science très ancienne (il était important pour les anciens agriculteurs / cueilleurs / chasseurs et pêcheurs de prévoir les dates de récolte, d'apparition des champignons ou des migrations animales, etc.).

De 1880 à 1945, en France, les stations météo relevaient aussi les dates de retour des oiseaux migrateurs et la floraison des lilas, puis la phénologie est tombée en relative désuétude à partir des années 1950... avant de connaître un net regain d'intérêt à cause du réchauffement climatique, lequel semble avoir déjà fortement modifié la phénologie de plantes et animaux (dates de migration). (Wikipedia)

2. Phénologie des plantes

La phénologie des végétaux comporte plusieurs événements majeurs : la floraison, la feuillaison, la chute des feuilles, ... De nos jours, les études portent principalement sur le début et la fin de la période de croissance, c'est-à-dire les moments de reprise ou d'arrêt de la photosynthèse.

Cependant, certains végétaux ne présentent pas de phénologie très marquée, c'est le cas notamment des plantes sempervirentes ou des plantes présentes dans les zones chaudes et humides.

En fonction des régions, différents facteurs agissent sur la phénologie des plantes:

Dans les zones arctiques, boréales et tempérées, c'est principalement la température et la longueur du jour, bien que le manque d'eau puisse jouer un rôle important dans certaines régions.

Dans les zones tropicales sèches, c'est principalement la disponibilité en eau (la croissance des végétaux correspond alors à la durée de la saison humide). La température est aussi importante.

3. Phénologie et changement climatique

a- Conséquences du changement climatique sur la phénologie

Les changements climatiques impliquent une modification des températures et les précipitations et donc de la phénologie.

Avec des températures plus chaudes, on observera (et on observe déjà) dans les régions tempérées un printemps plus précoce et un automne plus tardif. À plus long terme, on pourra certainement observer également une extension des zones climatiques tropicales, ce qui modifiera le type de plante présent et les rythmes biologiques de celles qui survivront dans ces zones.

Chez les plantes, en zone non-équatoriale, les événements printaniers tels que la floraison, la feuillaison arrivent déjà de plus en plus tôt au printemps alors que les événements d'automne tels que la coloration et chute des feuilles tendent à se produire de plus en plus tard (Localement, le phénomène dit de *pollution lumineuse* peut aussi être en cause, ralentissant aussi la chute des feuilles ; de plusieurs mois parfois sous les lampadaires). La phénologie a par exemple montré que les chênes ont en France gagné 10 jours de croissance supplémentaires par an entre 1962 à 1995.(Wikipedia)

b- Rétroactions sur le changement climatique

Si l'on s'intéresse aujourd'hui principalement aux dates de début et de fin des périodes de photosynthèse, c'est que ce phénomène est un élément très important du cycle du carbone, puisqu'il fait intervenir le CO₂ qui est un important gaz à effet de serre. Ainsi, un changement de phénologie influera sur la concentration en CO₂ de l'atmosphère et donc sur le climat de demain.

Sempervirentes : En botanique, il désigne une plante qui garde ses feuilles tout au long de l'année, par opposition aux arbres à feuillage caduc.

C'est aujourd'hui une des incertitudes majeures des modèles climatiques qui cherchent à expliquer et étalonner le réchauffement planétaire global. Dans les zones urbaines polluées, des arbres qui ont des feuilles plus longtemps dans l'année ne stockent pas nécessairement plus de carbone.

Chapitre II - METHODOLOGIE

Chapitre II - METHODOLOGIE

I - Données géographique de la wilaya de Tiaret

Située à l'ouest du pays, la wilaya de Tiaret se présente comme une zone de contact entre le Nord et le Sud, faisant partie des hautes plaines. Le territoire de la wilaya est constitué de zones montagneuses au Nord, de hautes plaines au centre et les espaces semi-arides au sud. Elle s'étend sur un espace délimité entre 0.34° à 2.5° de Longitude Est et 34.05° à 35.30° de Latitude Nord.

Elle couvre une partie de l'atlas tellien au Nord, et les hauts plateaux au centre et au Sud (Carte3). Elle est délimitée au Nord par les wilayas de Relizane, de Tissemsilt, à l'Ouest par les wilayas de Mascara et Saida, à l'Est par la wilaya de Djelfa, au Sud et le Sud- Est par les wilayas d'El-Bayadh et Laghouat.

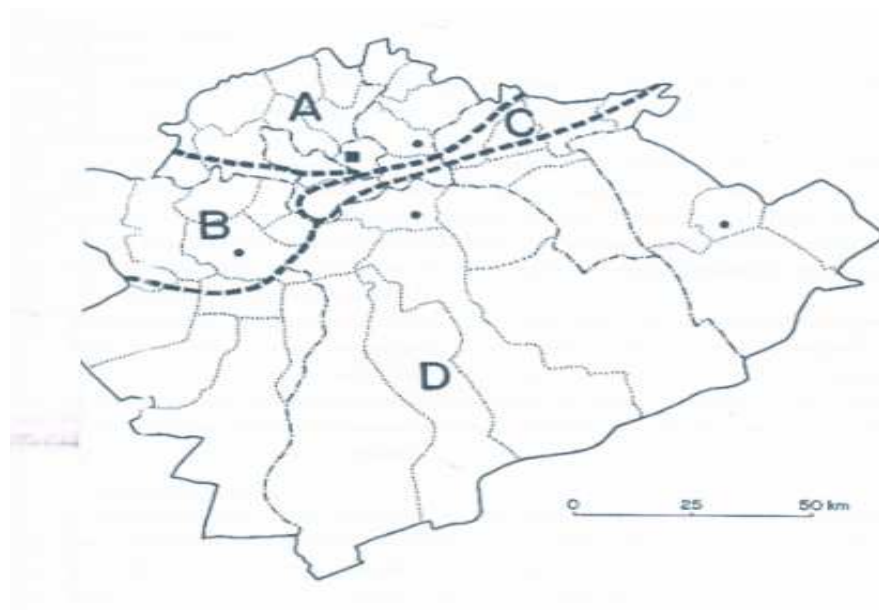
L'analyse des photographies aériennes (1/10 000) permet d'identifier quatre unités géomorphologiques distinctes et plus au moins homogènes. Il s'agit de : l'unité des monts de Frenda, l'unité des collines de Tiaret, l'unité du plateau de Sersou, et les parcours steppiques (Duvignaud., 1992) carte 4.

Le territoire de la wilaya occupe une superficie totale de 20399,10 Km², elle est caractérisée par un relief varié et une altitude comprise entre 800 et 1508 m (Djebel Chemeur). au Nord de la wilaya la céréaliculture est associée à l'élevage, dans la zone steppique du Sud l'élevage extensif est pratiqué.

Sur les 20399,10 Km² que compte la wilaya de Tiaret, 1.133.996 ha représentent la superficie agricole totale (SAT) soit 56,56 %. La S.A.U par rapport à cette dernière représente 62,23%. Les terres labourables destinées aux cultures herbacées dans leur majorité sont céréalières constituent 97,35% de la superficie agricole utile (SAU), cela s'explique par la vocation agropastorale de la Wilaya. Les massifs forestiers répartis sur les monts de Tiaret, Frenda et le Nador, ainsi que les nappes alfatières caractérisant les zones steppiques couvrent respectivement 7,13% et 16,60% du territoire de la Wilaya (DSA Tiaret., 2015).

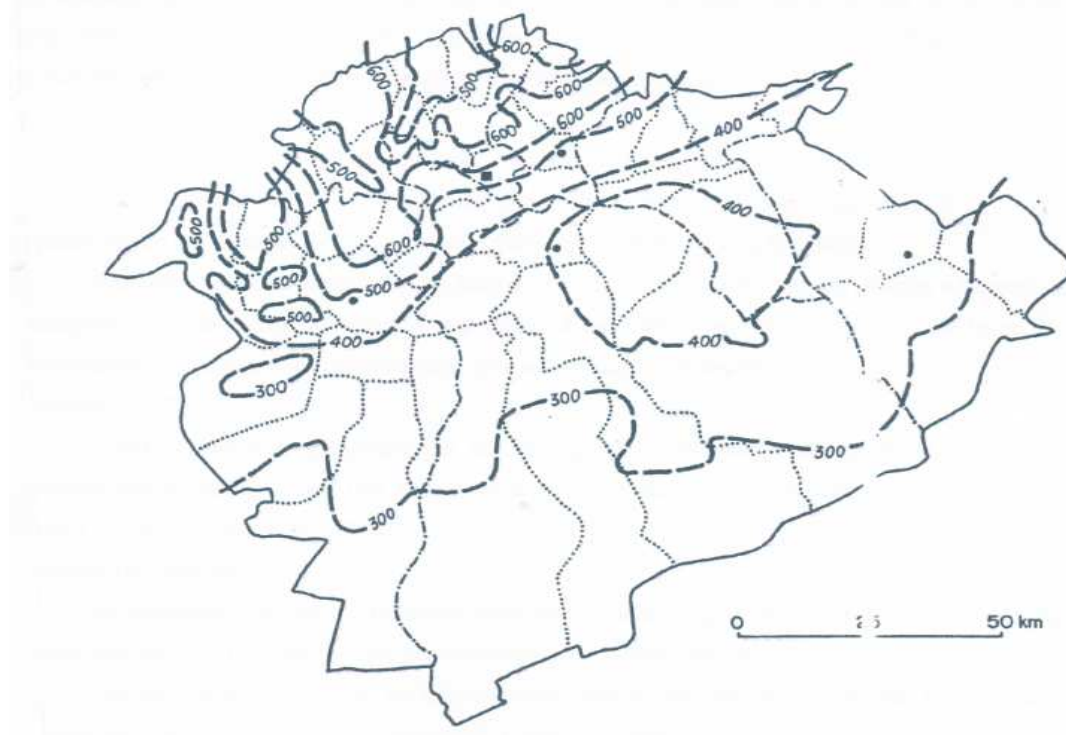


Carte3 - Situation géographique de la wilaya de Tiaret.



- A : Les collines de Tiaret
- B : Les monts de Frenda
- C : Plateau du Sersou
- D : Parcours steppiques

Carte 4 –Les régions naturelles de la wilaya de Tiaret (Duvignaud P., 1992).



Carte 5 – Distribution spatiale des précipitations dans la région de Tiaret.

(Duvignaud P., 1992 1/250 0000)

Les précipitations à Tiaret suivent un gradient décroissant du nord vers le sud avec une moyenne de 300 à 600 mm comme le montre la carte 5 ; les isohyètes

500 et 600 mm se concentrent dans la partie nord du territoire de la wilaya qui correspond aux régions naturelles: Mont de Frenda et colline de Tiaret(Duvignaud P., 1992).La wilaya se caractérise en général par un climat de type méditerranéen contrasté avec une saison estivale chaude alternant avec une saison hivernale pluvieuse, froide. Il s'agit cependant d'une forme particulière : des précipitations faibles présentant une grande variabilité inter mensuelle et interannuelle; des régimes thermiques relativement contrastés de type continental. Cette continentalité est traduite par des grandes amplitudes thermiques (Duvignaud P., 1992).

II- Intérêt de la modélisation

La modélisation est une technique très utile dans le domaine agronomique vu les avantages divers qu'elle présente. Parmi ces intérêts nous pouvons citer :

- L'orientation des recherches en vue d'une meilleure compréhension des processus physiologiques, et cela par réalisation des essais qui répondent à des questions spécifiques (Dent et Blackie., 1979).
 - La synthèse des résultats de la recherche.
 - La simulation des essais qui à défaut de la modélisation nécessitent d'énormes moyens et beaucoup de temps.
 - L'aide dans la prise de décision.
- C'est ainsi que le modèle SIMTAG permet, entre autres applications (El Mourid., 1988) :
- La prédiction de la croissance, de développement et de la productivité du blé en zones méditerranéennes et donc le modèle peut être utilisé dans un programme d'avertissement agricole.
 - La définition des stratégies de choix des variétés et d'amélioration génétique sous déficits hydriques.
 - La définition des stratégies de conduite de blé en condition de déficits hydriques et d'aléas climatiques.
 - L'analyse de risque et l'orientation des agriculteurs.
 - La définition des besoins en recherche.

La modélisation des cultures est devenue suffisamment précise et fiable pour être utilisée en toute sécurité. Lorsque les modèles sont validés dans une région, ils constituent des outils puissants et peuvent alors remplacer de nombreux essais. Ceci n'enlève rien à l'intérêt de l'expérimentation classique. Celle-ci continuerait à jouer un rôle pour développer des référentiels locaux, pour générer les informations nécessaires afin de mieux comprendre les phénomènes physiologiques et enfin pour tester les hypothèses développées à partir des simulations (ElMourid., 1991).

Les deux approches, modélisation et expérimentation sont donc nécessaire et complémentaires.

III - Théorie et application du modèle

1- Théorie du modèle

a - Présentation de modèle

Le modèle de croissance et de développement SIMTAG (Simulation Model for *Triticum Aestivum* Génotypes) a été développé par l'ICARDA¹ (Alep , Syrie) en coopération avec l'université de new England (Armidal , NSW Australie) (Stapper , 1984) sur la base de la littérature ainsi que d'expérimentation conduite en Syrie .le point de départ du SIMTAG est une première version du modèle CERES développée par Ritchie et *al.*(1983).

Le modèle SIMTAG simule la croissance et le développement de culture placée dans des conditions non limitantes en nutrition minérale .il se base sur des principes physiologiques, génétiques, morphologiques et physiques.

Tous les processus dynamiques sont par conséquent rationalisés en relation «simple» entre les principaux facteurs. Le pas de calcul est journalier. Il permet sur une année ou plus, la simulation de la croissance, du développement et de la production du blé ainsi que l'estimation de l'évolution des réserves hydriques et de leur utilisation par la plante.

Le modèle suppose que les conditions d'alimentation minérale sont bonnes et que les maladies ainsi que les mauvaises herbes ne causent pas de dégâts.

b - Utilisation du modèle

SIMTAG opère selon l'organigramme présenté en annexe1. Un tour entier dans cet organigramme représente une boucle exécutée quotidiennement pour simuler une saison ou une année avec une seule variété. La première partie du programme principal attribue les fichiers de données d'entrée et de sortie, et requiert les paramètres de site (PARMS FILE), les données climatiques (CLIMET FILE), les cultivars (KVARTY) et les essais (KTRIAL).

La subroutine PROGI qui lit et initialise les données du sol et de la plante est appelée en premier. Un résumé de paramètres d'entrée figure dans le fichier de sortie WCROP. Les données climatiques quotidiennes sont lues au début du programme. Le nombre de jours depuis IBEGIN (NDS) et le nombre de semaines depuis IBEGIN (NW) tel qu'IBEGIN soit la date julienne du début de simulation, sont respectivement des compteurs de jours et de semaines. Le jour ND et le mois NM de la date calendaire sont calculés à partir des paramètres d'entrée JDATE qui est la date julienne.

Après avoir terminé une saison, il y a trois options: soit utiliser les mêmes données climatiques, soit utiliser les données climatiques de la saison suivante ou bien quitter. Le modèle peut être utilisé pour les mêmes données climatiques et un autre essai avec la même variété, ou le même essai avec la même variété (NEWVAR=1).

¹: Centre international de recherche agricole dans les zones arides (ICARDA) est l'un des quinze centres de recherche membres du [Groupe consultatif pour la recherche agricole](#) internationale. Créé en 1977, sa station principale et ses bureaux se trouvent à [Alep](#) en [Syrie](#).

Alternativement la simulation peut continuer en utilisant la même variété et le même essai pour les données climatiques de l'année suivante (MULTYR=1), avec un bilan hydrique constant d'une année à l'autre. Les données du sol et de la plante ne sont pas réinitialisés dans la subroutine du programme d'initialisation (PROGI) quand MULTYR=1.

La subroutine PHASI est utilisée pour initialiser à zéro certaines variables après qu'une nouvelle phase du développement soit atteinte. La subroutine DECIL est utilisée à la fin d'une série de simulations portant sur plusieurs années. Cela permet de calculer la fonction de fréquence cumulative pour chaque semaine de la saison concernée:

- le pourcentage d'eau disponible dans la zone des racines,
- la profondeur d'enracinement,
- la profondeur de la zone humide.

De même les fonctions de fréquences cumulatives sont calculées pour la longueur de la période de croissance, les différences entre les dates simulées et standards de germination, du début de la levée, de la maturité et le rendement en grains simulés. Les fréquences relatives calculées sont résumées dans le fichier de sortie DECILE.

c - Entrée du modèle

L'exécution du modèle nécessite 5 fichiers d'entrée distincts. chaque station nécessite les fichiers PARMS et CLIMET .les autres fichiers renferment des informations sur les variétés (genets) , le sol (SOILS) et la gestion de l'irrigation (IRRIS).

Fichiers paramètres (PARMS)

Les données concernant le site et la gestion des cultures sont contenues dans ce fichier. les informations suivantes y sont stockées : année du début et la date de la simulation respectivement désignée par LYEAR et IBEGIN ; la date de semis, la densité de semis et la profondeur des semis ; les numéros appropriés du sol (KSOIL) dans le fichier (SOILS) , le programme d'irrigation (KIRRI) dans le fichier irrigation (IRRI) ; les fréquences de sortie KPOW pour le bilan hydrique et KPOG croissance . KIRRI égale à zéro signifie que l'irrigation n'est pas appliquée dans la simulation.

Fichiers CLIMAT (CLIMET)

Le fichier CLIMET renferme une ou plusieurs années de données climatiques quotidiennes. Le fichier qui a été développé nécessite peu de paramètres pour son application. Ces paramètres sont : la température minimale, la température maximale, l'insolation et les précipitations. Le nombre 99 figurant dans la série de données. Ceci marquera la fin de la simulation de la saison en cours et permettra le démarrage d'une autre simulation.

Fichier génétique (GENETS)

Ce fichier contient les paramètres génétiques d'entrée. Les données d'un cultivar particulier ne peuvent être accessibles qu'en spécifiant le numéro de ce cultivar, (variable KVARTY).

Toutes les variétés donnent le même facteur de sensibilité à la vernalisation et sont pour la plupart des blés de printemps avec aucune ou très faible exigence en vernalisation. C'est une indication assez suffisante pour développer plus tard le mécanisme de vernalisation.

Le fichier sol (SOILS)

Le paramètre d'entrée CN2 est la capacité de rétention du sol. Il dépend des conditions hydrauliques, de l'exploitation du sol et de la couverture végétale, la valeur de CN2 va de 40 à 90 pour des sols à fort potentiel de ruissellement (Service Américain de Conservation des Sols 1972). La limite supérieure de la première étape d'évaporation du sol (U) est de l'ordre de 5mm pour les sols argileux. Le facteur de drainage (DRNF) permet de drainer l'eau emmagasinée entre la limite supérieure de drainage (SWUL) et la saturation (SWSAT). Les sols ayant une conductivité hydraulique élevée auront une forte valeur de DRNF.

Le facteur de retrait d'eau du sol (SWWF) dépend de la relation entre l'humidité du sol et sa conductivité hydraulique. la valeur SWWF égale à 5 correspond à une redistribution de l'eau au-delà de 100 cm, une valeur de 15 correspond à une redistribution au-delà de 50cm de profondeur.

Le fichier D'irrigation

Le fichier d'entrée IRRI contient des informations sur les programmes d'irrigation utilisés dans les simulations. Chaque programme est identifié par un numéro (KIRRI), par les quantités appliquées (mm).

Sommaire des entrées du modèle

Les entrées du modèle peuvent être énumérées comme suit :

Tableau 1 : Sommaire de l'entrée du modèle

1- Données climatiques (quotidiennes)	-Température maximale TEMPMX (°C) -Température minimale (°C) -Rayonnement solaire (MJ/m ²) -Précipitation, RAIN (mm).
2- Données agronomiques	-Cultivar KVARTY -Date de semis, ISOW -Densité de semis, PLANTS (plants/m ²) -Profondeur de semis, SDEPTH (mm) -Date d'irrigation, JDAY(J) et quantité AIRR(J) (si c'est applicable).
3- Données pédologiques	-Albédo de surface SALB (-) -Capacité de rétention, CN2 (-)

	-Valeur initiale d'évaporation du sol, U(mm) -Facteur de drainage, DRNF (mm/mm) -Facteur de retrait d'eau du sol, SWWF(-) -Facteur de température du sol TEMPSO (-) et les informations suivantes pour chaque couche du sol, NLAYR (contenu hydrique comme une fraction de volume) -Epaisseur de la couche, DLAYR(L) (mm) -Contenu initial de l'eau, SW(L) -Contenu en eau « air sec » SWAD(L) -Limite inférieure de l'eau du sol -Contenu de l'eau de saturation SWSAT (L).
4 - Données génétiques	-Sensibilité photopériodique PPS (h^{-1}) -Photopériode critique, PPC (h) - Cumul de températures entre l'émergence et l'initiation florale= DP1A ($^{\circ}C.J$) - Cumul de températures entre l'émergence et l'anthère= DP3 ($^{\circ}C$ jour) -Sensibilité de vernalisation, VNS (-) -Facteur de croissance de grains, GGF ($mg/^{\circ}C/jour/noyau$).

d -Sortie de modèle

Les principales données d'entrée et de sortie sont présentées dans le fichier WCROP (ANNEXE). la subroutine WRITE génère le fichier de sortie WATER, pour le bilan hydrique et le fichier WGROW (Annexe IV) pour la croissance de la culture. La sortie du modèle peut se faire chaque jour ou selon une fréquence spécifiée par les paramètres respectifs KPOW et KPOG .les données climatiques et les taux d'évaporation sont moyennés sur l'intervalle KPOW dans le fichier de sortie KWATER.

Toutes les composantes du bilan hydrique annuel sont stockées sur le même fichier. Un bilan hydrique sur la période simulée est calculé, résumé et imprimé dans le fichier de sortie WCROP. D'autres résultats intermédiaires peuvent être inscrits dans le fichier de sortie WLEAF (la croissance et le développement de la feuille). Ce dernier fichier peut être utilisé pour imprimer les résultats intermédiaires relatifs aux effets de la photopériode et de la vernalisation.

Des exemples de fichiers de sortie figurent dans les 'annexes, Ils résument la simulation par modèle du cultivar MEXIPAK pour les deux années agricoles (1990-1991) et (1993-1994).

C :\ SIMTAGPC.EXE

Introduire le nom du fichier paramètre.

TIARET.PRM

Introduire le nom du fichier climatique

TIARET.DAI

Introduire le numéro de la variété

1.....(=KVARTY)

Introduire le nombre d'essai

1.....(=KTRIAL)

Introduire 0(= une année) ou 1 (=plusieurs années)

1.....(=MULTYR)

Introduire 0 (=quitter) ou 1 (=autre variété)

1.....(=NEWVAR)

Introduire le numéro de la variété

2.....(=KVARTY)

Introduire le nombre d'essai

1.....(=KTRIAL)

Introduire 0 (=quitter) ou 1(= autre variété)

1

Introduire le numéro de la variété

111

Introduire le nombre d'essai

1

Introduire 0 (=une année) ou 1 (=plusieurs années)

0

Introduire 0 (=quitter) ou 1 (=autre variété)

0

C:\EDIT WCROP.OUT

Les principales sorties du modèle :

-Rendement et ses composantes.

-Stades phénologiques.

-Bilan hydrique.

Les résultats de l'évaluation du modèle SIMTAG, présenté par EL MOURID M. au Maroc en 1988, montrent que l'utilisation de celui-ci dans les régions arides et semi-arides est satisfaisante .en moyenne, le modèle a surestimé le rendement grain de 3% la matière sèche de 12%, la matière sèche à la floraison de 7%, le nombre d'épis par m² de 33% et le poids du grain de 19%.

Pour l'humidité du sol, le modèle est performant. En ce qui concerne le développement, le modèle prédit la levée à un jour près, la floraison et la maturité physiologique à sept jours près.

2- Application du modèle

La céréaliculture Algérienne est une culture pluviale dépendante de la variabilité du climat avec un apport pluviométrique annuelle faible par rapport aux besoins des cultures et présente une variabilité interannuelle et intra-annuelle importante, la wilaya de Tiaret n'échappe pas à ce phénomène.

Notre objectif est de déterminer la part de l'impact du climat dans les conditions favorables et autres défavorables telle qu'une sécheresse, sur le cycle biologique du blé tendre de variété Mexipak ; d'où l'intérêt du modèle de simulation de croissance du blé, qui a l'avantage de faire abstraction aux moyens techniques et pratiques.

Les données climatiques utilisées sont issues de la station météorologique de Tiaret, et fourni par l'ONM, à savoir température, précipitation, rayonnement.

Les coordonnées géographiques de la station météorologique de Tiaret :

- Longitude : 01° 20° E
- Latitude : 35° 23° N
- Altitude : 1023 m

La wilaya de Tiaret a connu deux campagnes agricoles distinctes et très particulières à savoir une année humide 1990/1991 et une autre sèche 1993/1994, ce qui nous a permis de simuler la croissance du blé tendre en conditions propices et autres limitées, avec comme **date de semis le 15 novembre**, date très préconisée dans cette région.

Les deux campagnes agricoles choisies sont les seuls campagnes pour les quelles nous disposons des données météorologiques, avec un pas de temps journalier, ce dernier représente une nécessité pour le modèle de simulation.

Pour les données culturales, nous avons opté pour :

- Une dose de semis de 250 plantes / m².
- Une profondeur de semis de 40 mm.
- La variété Mexipak avec un régime sec.

Les données édaphiques du sol étudié sont identiques à celles d'un sol lourd et profond.

Le modèle suppose que les conditions d'alimentation minérale sont bonnes et que les maladies ainsi que les mauvaises herbes ne causent pas de dégâts.

Nous avons choisis la variété **MEXIPAK** dont les caractéristiques génétiques sont énumérées ci-dessous (photo 1 et tableau 2):

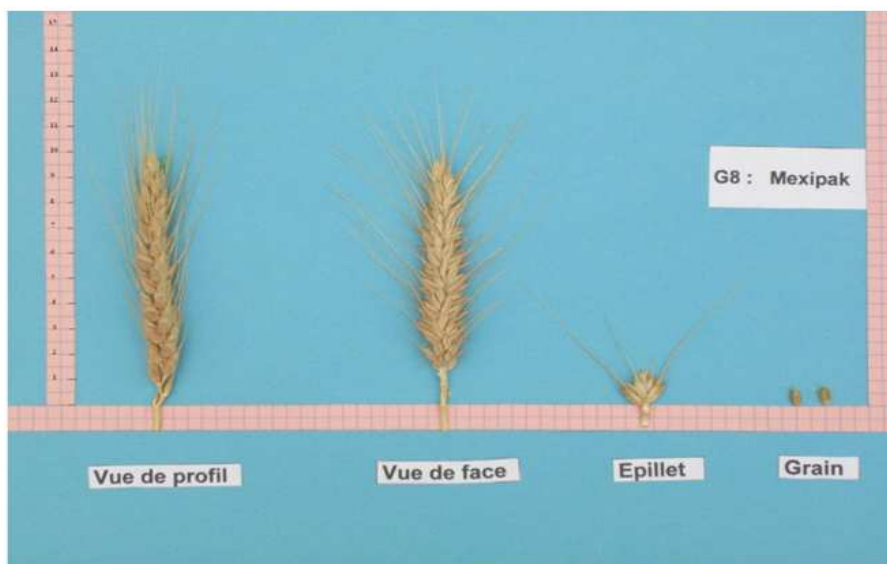


Photo - Morphologie de l'épi

Tableau 2 - Caractéristiques génétiques du blé « MEXIPAK »

caractéristique	définition	Valeur
VNS	Sensibilité à la vernalisation, paramètre génétique	0.003
PPS	Sensibilité photopériodique : le taux de changement de développement des plantes affecté par le changement des longueurs de jour.	0.20
PPC	Photopériode critique, par le développement des plantes à des longueurs de jour plus courtes que PPC	5.00
DPIA	Durée entre l'émergence à la phase à la fin de la formation d'épillet en degrés jours (°C.j)	135
DP3	Durée de la phase 1 de l'émergence au terme d'épillet (°C.j)	630
PHF	Facteur phyllochron, un paramètre génétique d'entrée régulateur du taux d'apparence des feuilles	1.13
GGF	Facteur de croissance de grain, introduit comme paramètre génétique déterminant le taux potentiel de croissance de grain	0.127

Chapitre III - Résultats

Chapitre III - Résultats

1. Répartition de la précipitation cumulée à travers les stades phénologiques

Le cumul pluviométrique, au cours de la campagne agricole, peut servir d'indicateur du niveau de sécheresse.

La figure 10 montre, la distribution des pluies durant les deux saisons agricoles.

Les cumuls de précipitation, durant les deux campagnes considérées, à savoir une année **humide** (1990-1991) et une année **sèche** (1993-1994), sont de **311** mm pour la première année et **138** mm pour la deuxième, ceci dénote d'une baisse importante de précipitations. Ces cumuls sont répartis selon les différents stades phénologiques comme suit :

Compagne agricole 1990 – 1991

Stade Semis – Levée : 81 mm à raison de 26,04 % du cumul total de la campagne agricole.

Stade Tallage – Montaison : 216 mm à raison de 69.45 % du cumul total de la campagne agricole.

Stade Epiaison – Floraison : 8 mm à raison de 2,57 % du cumul total de la campagne agricole.

Stade Formation des grains / Maturité : 6mm à raison de 1,92 % du cumul total de la campagne agricole.

Compagne agricole 1993 – 1994 :

Stade Semis – Levée : 54 mm à raison de 39,13 % du cumul total de la campagne agricole

Stade Tallage – Montaison : 76 mm à raison de 55,07 % du cumul total de la campagne agricole.

Stade Epiaison – Floraison : 5mm à raison de 3,62 % du cumul total de la campagne agricole.

Stade Formation des grains / Maturité : 3 mm à raison de 2,17 % du cumul total de la campagne agricole.

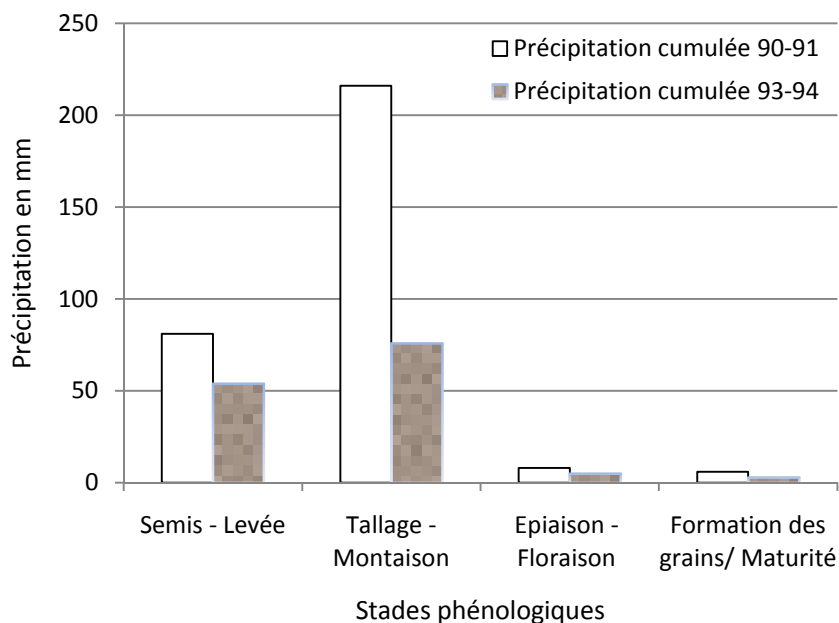


Fig.10 –Précipitation cumulée durant les deux saisons agricoles 1990-1991 et 1993-1994 (année humide et année sèche).

Le stade Semis – Levée :

Les conditions climatiques au début des deux campagnes étaient favorables où il a été enregistré un cumul suffisant pour l'humidité du sol, un facteur indispensable pour créer les conditions nécessaires à l'établissement de la culture en permettant les travaux du sol, la germination de la semence, et la levée; et marque ainsi le début de la saison de croissance, avec 81 mm et 54 mm, correspondant respectivement à l'année humide et l'année sèche, ces cumuls sont assez suffisant pour couvrir les besoins du blé qui est encore dans un stade primitif.

Le Stade Tallage – Montaison:

C'est le stade qui a bénéficié de la plus grande part en eau, avec 216 mm de la campagne agricole 1990 – 1991 notamment par le mois de Mars (117,8 mm), l'équivalent de près de trois fois le volume de celle de l'année 1993-1994 (76 mm) Tableau B et C en annexes.

Les stades qui ont suivi le stade Tallage – Montaison à savoir le stade “Epiaison – Floraison “ et “Formation du grain – Maturité “, ont accusé une nette régression hydrique, dont le cumul est insuffisant à la croissance et le développement de la biomasse végétale, avec respectivement 8 mm et 6 mm pour la première campagne et de 5 mm et 3 mm pour la seconde.

L'analyse des données pluviométriques montre bien que l'alimentation hydrique est globalement favorable pour la campagne agricole 1990-1991, notamment par les pluies de printemps qui coïncide avec le stade Tallage –Montaison d'un total de

154,5 mm contre **33,7 mm** pour l'année sèche, car la quantité d'eau apportée par l'hiver ne suffit pas seule à assurer une bonne récolte; il faut le concours des pluies de printemps, rôle confirmé par un dicton : « *Pluies d'avril; chaque goutte est un billet de mille* ».

7. Cumul thermique

Chaque plante et chaque variété nécessite un certain seuil de cumul thermique nécessaire pour atteindre un stade donnée. Pour le cas étudié du cultivar "Mexipak", la majorité du cumul thermique se déclare au stade Tallage –Montaison, avec 1132,75 °C pour l'année humide et 986 °C pour l'année sèche (figure 11). Le faible cumul thermique de cette dernière est dû à sa durée réduite (117 j), d'une différence de 26 jours par rapport à l'année humide (143j). Cette réduction de la durée semble être attribuée à la nette régression hydrique de presque de trois fois: de 216mm à 76 mm (tableau B et C en annexes), car plus les conditions sont défavorables et plus la plante termine rapidement son cycle de développement. Ainsi le contraste qui existe en termes de cumul de température, entre les deux campagnes agricoles se localise au stade Tallage –Montaison.

La minorité du cumul thermique revient au stade Epiaison – Floraison avec le même ordre 156,9 °C et 149,3 °C.

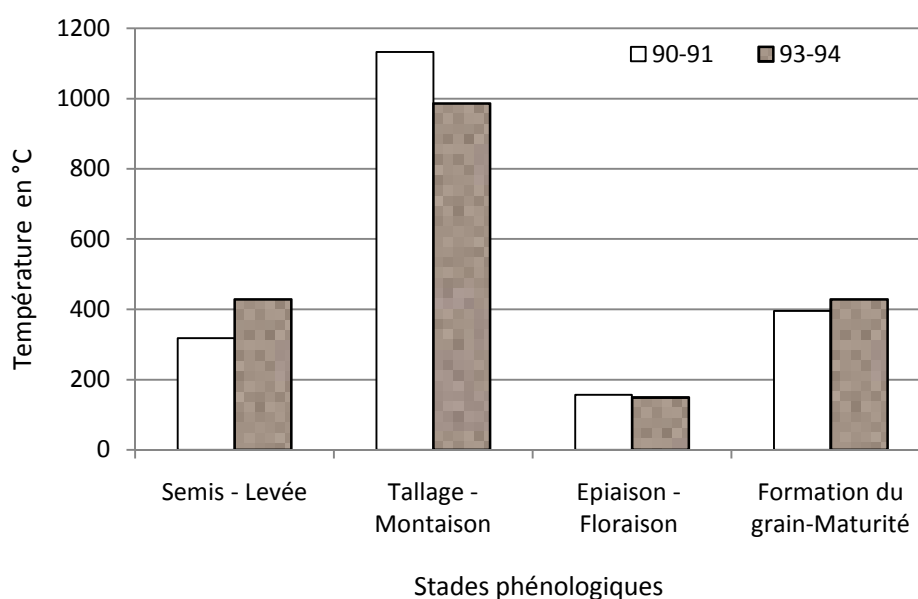


Fig.11 - Cumule de température selon les stades phénologiques durant les deux saisons agricoles 1990-1991 et 1993-1994 (année humide et sèche).

Globalement, le cumul thermique total est presque le même pour les deux campagnes avec 2002,95 °C (1990-1991) et 1992,6 °C (1993-1994), avec des températures moyennes semblables ; alors que la durée total du cycle des deux campagnes est différente, puisqu'elle est réduite de 18 jours pour la deuxième campagne agricole par rapport à celle de la première. Pour une même date de semis et le même cultivar

(tableau D en annexes); il apparait donc que la croissance et donc le développement des végétaux, sont conditionnés par la température.

Une température n'a donc pas la même efficacité sur toutes les plantes. En effet, il existe pour chaque végétal une température seuil en dessous de laquelle il n'est pas observé le phénomène de croissance, inversement si la température est élevée.

Selon **Cirad – Gret ; 2002**(Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement en région chaude, et le GRET, Groupe de Recherche et d'Échanges Technologiques):

La température minimale de germination des graines est de 3 °C, l'optimum étant de 27 °C.

La floraison ne peut débuter que si la température dépasse 14 °C et est optimale à 16,5 °C.

La maturation est optimale autour de 20°C.

Les températures moyennes des stades phénologiques, pour les deux compagnes agricoles (tableau D en annexes), montrent quelles sont progressives dans le temps, et se trouvent dans les seuils favorables avec :

6,76 °C et 8,08 °C pour le stade Semis – Levée

7,92 °C et 8,42 °C pour le stade Tallage – Montaison

16,58 °C et 17,43 °C pour le stade Epiaison – Floraison

21,43 °C et 21,96 °C pour le stade Formation du grain – Maturité.

En général, le développement s'accélère avec l'augmentation de la température, un phénomène qui est souvent décrit comme une fonction linéaire de la température moyenne journalière. La Levée peut se faire à des températures basses (négatives avoisinantes le zéro) (Slafer et Rawson., 1994)

Pour le cycle des céréales, le zéro de germination du blé et de l'orge est de 0°C. Le blé est moins sensible que l'orge au froid. Selon la sensibilité variétale, le seuil thermique de mortalité varie entre -12 et -16°C (Simon et *al.*, 1989 in Boulal et *al.*, 2007), ce qui n'est pas dans notre cas. De plus, le blé est moins sensible à la température durant sa phase végétative par rapport à sa phase reproductive (Entz et Fowler, 1988 in Boulal et *al.*, 2007).

La température agit directement sur les activités enzymatiques et sur toute une série de phénomènes physico-chimiques extrêmement importants au niveau cellulaire. Elle contrôle directement, par voie de conséquence, la respiration, la croissance, la photosynthèse, les activités locomotrices et la résistance à des facteurs défavorables du milieu (Ramade., 2003).

8. Diagrammes ombrothermiques de Gaussen

En vue de la détermination des périodes humides et sèches des deux compagnes agricoles 1990-1991 et 1993-1994, nous avons tracé deux diagrammes ombrothermiques pour les deux périodes, qui permettent de mesurer l'évolution en

valeurs des précipitations et des températures et d'en déduire l'incidence de leur variabilité sur le développement du blé.

Le cycle normal de croissance du blé est en relation avec les températures et les précipitations. Le pic des précipitations en Automne-Hiver, permettant de remplir les réserves en eau du sol ; ainsi on peut distinguer quatre mois humides pour les deux campagnes agricoles qui sont novembre, décembre, janvier, février et mars pour l'année 1990-1991 et novembre, décembre, janvier, février et avril pour l'année 1993-1994.

L'analyse des deux diagrammes nous permet de caractériser la saison sèche qui est de l'ordre de quatre mois pour les deux campagnes agricoles ; elle débute par le mois d'octobre, mois nécessaire au travail du sol. La pluviométrie de ce mois est assez suffisante pour le travail du sol, préalable à une culture céréalière. Pour les mois d'avril, mai et juin de l'année humide (90-91) et mars, mai et juin de l'année sèche (93-94), pour cette dernière, il est observé une sécheresse plus précoce, progressant vers la saison printanière couvrant le stade Tallage –Montaison.

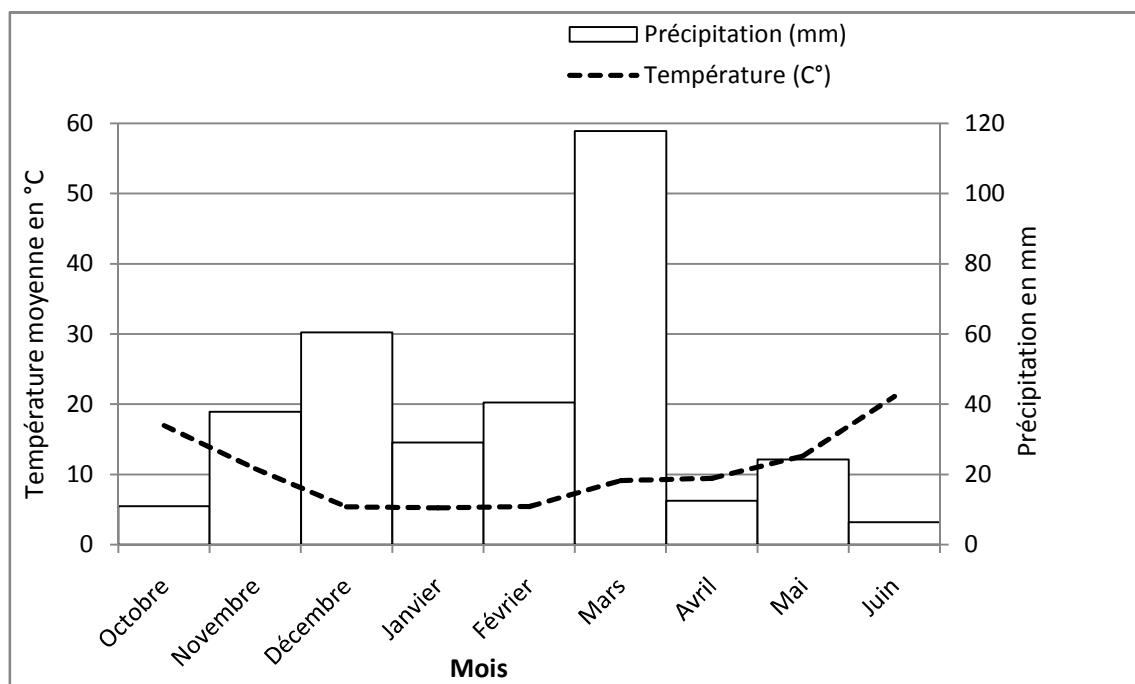


Fig.12 -Diagrammes ombrothermiques année agricole 1990-1991 (année humide).

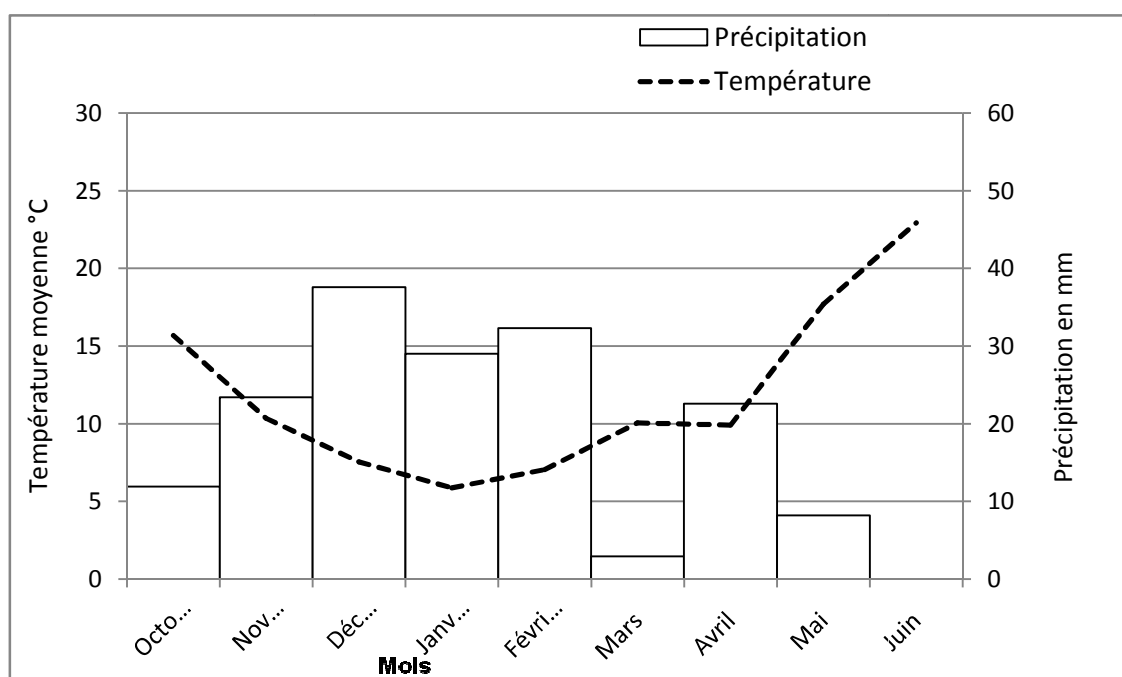


Fig. 13- Diagrammes ombrothermiques année agricole 1993-1994 (année sèche).

Le mois le plus chaud est le mois de juin avec 21,12 °C et 22,93 °C respectivement pour l'année humide et sèche ; le mois le plus froid revient au mois de janvier avec 5,37 °C et 5,86 °C respectivement pour l'année humide et sèche.

Le cumul annuel des précipitations pour la campagne agricole 1990-1991 est de 311 mm avec un pic en faveur du mois de Mars (117,8 mm), alors que pour la campagne agricole 1993-1994, il est de 138 mm dont 37,6 mm comme quantité maximale reçue au mois de Décembre. Ainsi la wilaya de Tiaret a perdu 171,7 mm.

9. Paramètre de croissance

Outre son rôle dans la photosynthèse, dans le transport et l'accumulation des éléments nutritifs ainsi que dans la division cellulaire et la régulation thermique, l'eau joue un rôle essentiel dans la croissance et le développement des plantes cultivées (Riou, 1993). Un déficit hydrique se traduit par une réduction de la croissance de la plante et/ou de sa production par rapport au potentiel du génotype. Un déficit hydrique précoce affecte en parallèle la croissance des racines et des parties aériennes, le développement des feuilles et des organes reproducteurs (Debaeke et al., 1996). Ceci apparaît bien dans notre cas, à travers les paramètres de croissance, puisque pour l'année humide, elles sont de 282 g/cm² de poids d'épis, 107 g/m² pour le poids des racines, 873 g/m² de matière sèche au dessus du sol, 980 g/m² de matière sèche total et un indice de récolte de 26,6 % ; alors que pour l'année sèche elles sont nettement faibles avec 18 g/cm² de poids d'épis, 51 g/m² pour le poids des racines, 114 g/m² de matière sèche au dessus du sol, 166 g/m² de matière sèche total et un indice de récolte de 15,4 % (tableau 3).

Tableau 3 - Paramètres de croissance

Paramètres de croissance	Année humide 1990/1991	Année sèche 1993/1994
Rendement total (g/m ²)		
Poids d'épis (g/cm ²)		
Taux de récolte (%)		15,4
Poids des racines (g/m ²)		
Matière sèche au dessus du sol (g/m ²)		

10. Paramètre de rendement

Le déficit hydrique peut engendrer des pertes de rendement à n'importe quel stade de développement du blé. Chez le blé dur (*Triticum durum Desf.*), en région méditerranéenne, la sécheresse est une des causes principales des pertes de rendement, qui varient de 10 à 80% selon les années (Nachit et *al.*, 1998). La sécheresse de début de cycle coïncide avec le démarrage de la culture (levée, tallage) et celle de fin du cycle, qui est la plus fréquente et qui affecte le remplissage des grains (Watts et El Mourid, 1988).

Le rendement en grains chez le blé dépend fortement du nombre de grains par épi, du poids de grains par épi et du nombre d'épis par m² (Assem et *al.*, 2006). Le tallage est l'un des principaux facteurs déterminant le rendement en grains chez les céréales (Hucl et Baker, 1989) ; ceci est aussi vrai pour les compagnes agricoles considérées, puisque les paramètres de rendement de la compagne agricole humide, sont de 34,7 grains par épi, 24,8 mg pour le poids de grain, 270 épi par m² et un **rendement de grain de 232 g/m² soit 23,2 qtx/ha** avec une durée de croissance de 217 jours ; alors que pour l'année sèche elles sont de 2,7 grains par épi, 25,6 mg pour le poids de grain, 250 épi par m² et **un rendement de grain de 18 g/m² soit 1,8 qx/ha** avec une durée de croissance de 199 jours (Tableau 4).

Tableau 4 - Paramètres de rendement

Paramètre de rendement	Année humide 1990/1991	Année sèche 1993/1994
Grain /Epi	34,7	2,7
Poids de grain (mg)	24,8	25,6
Epis /m ²	270	250
Rendement de grain (g/m ²)	232	18
Durée de croissance	217	199

Il apparait donc, de ce tableau que la sécheresse réduit nettement le nombre de grain par épis, y compris le nombre d'épis par mètre carré, ce qui influe sur le rendement final en grain par la superficie.

La sécheresse du cas étudié a sévi durant près de deux mois et demi, soit du 19 Mars au 03 Juin (Maturité) de l'année sèche, contrairement à l'année humide, affectée juste à la dernière semaine de son cycle.

11. Effet du déficit hydrique sur le développement et le rendement de la culture

L'eau constitue un milieu réactionnel et sert aussi de métabolite (Heller, 1969; Halet, 1980). Elle véhicule un grand nombre de substances dans les parenchymes et entre les parenchymes. La majeure partie de l'eau absorbée assure la transpiration permettant le refroidissement de la plante (Heller, 1981). Elle assure, aussi, une hydratation et une turgescence suffisante pour la croissance des cellules (Kramer, 1959) et le maintien de la rigidité des plantes (Heller, 1969).

Dans les zones arides et semi-arides du bassin méditerranéen, la pluviométrie annuelle est faible (200 à 400 mm) et variable en quantité et en distribution durant la saison. Dans ces zones, le principal facteur qui limite la productivité des cultures est l'eau.

Le bilan hydrique est un outil de gestion technique simple, qui permet d'analyser, en fin de saison, l'ensemble des besoins et des apports. Il permet de conserver la trace des périodes déficitaires et des périodes excédentaires tout au long de la campagne. Son analyse, en fin de saison, quand on a connaissance des rendements, peut expliquer le fonctionnement et les réactions des cultures aux divers événements climatiques.

-Parenchyme : Bot ; histol. Tissu cellulaire spongieux et mou des feuilles, des jeunes tiges, des fruits, de l'écorce, des racines.

-Turgescence : Bot. Dureté due à l'afflux d'eau.

Un bilan hydrique du sol est réalisé; pour permettre de dégager les consommations en eau décadaires et à chaque stade de développement du blé.

Par rapport à la saison de croissance des cultures, la fin de la saison pluvieuse commence à partir du moment où la réserve du sol a atteint son maximum, qui se situe en général durant la période de Janvier à la mi-mars. A partir de cette date, la réserve en eau du sol s'épuise progressivement à mesure qu'on se rapproche de la fin du cycle. La durée du cycle cultural peut dans certains cas être écourtée si la réserve utile du sol n'a pas été totalement remplie et/ou si la pluviométrie a été faible en fin du cycle. (BAMOUH.,1998). Ceci correspond bien à notre cas, car on observe à partir de la date de semis une alimentation hydrique en nette croissance, pour atteindre son maximum le 17 Mars et le 7 février des deux campagnes au stade Tallage – Montaison, respectivement pour l'année humide et l'année sèche, et une durée écourtée du cycle de croissance de cette dernière justifié par la faible alimentation hydrique (fig.14 et 15).

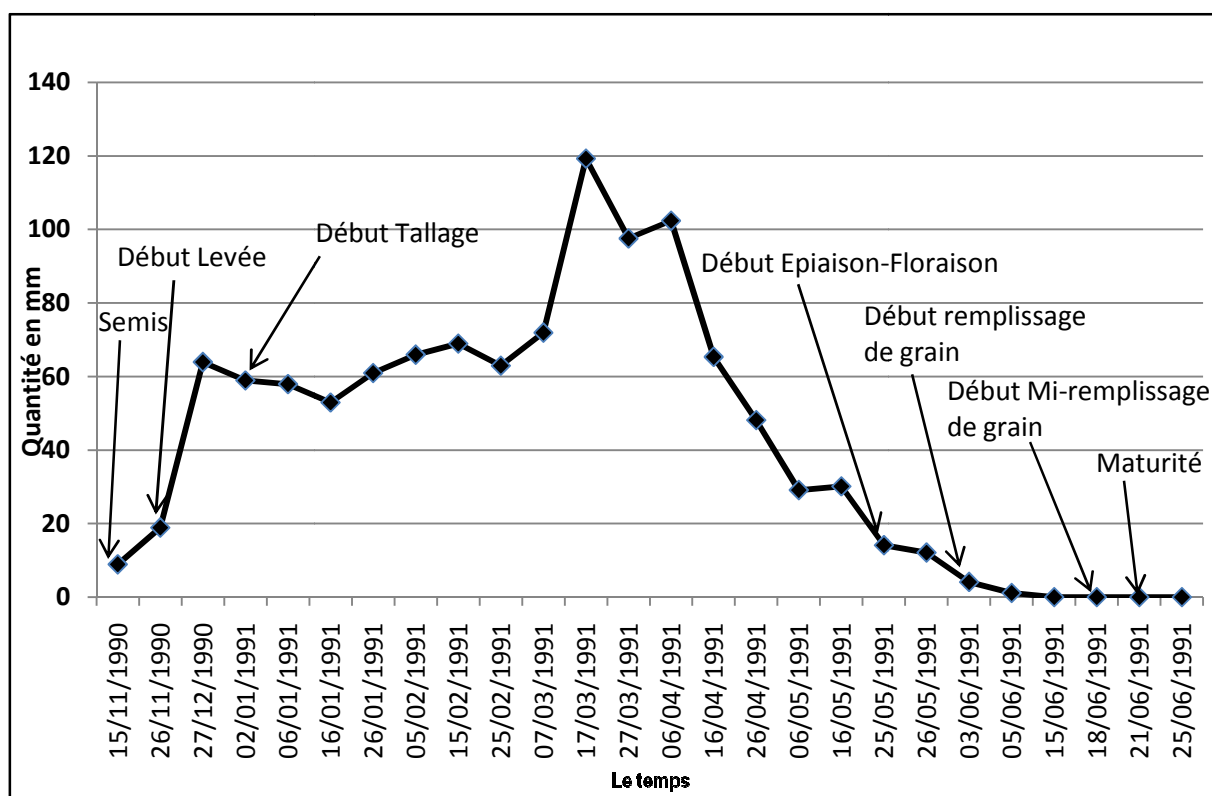


Fig.14 -Bilan hydrique en fonction des stades phénologiques de l'année humide 1990-1991 de la willaya de Tiaret.

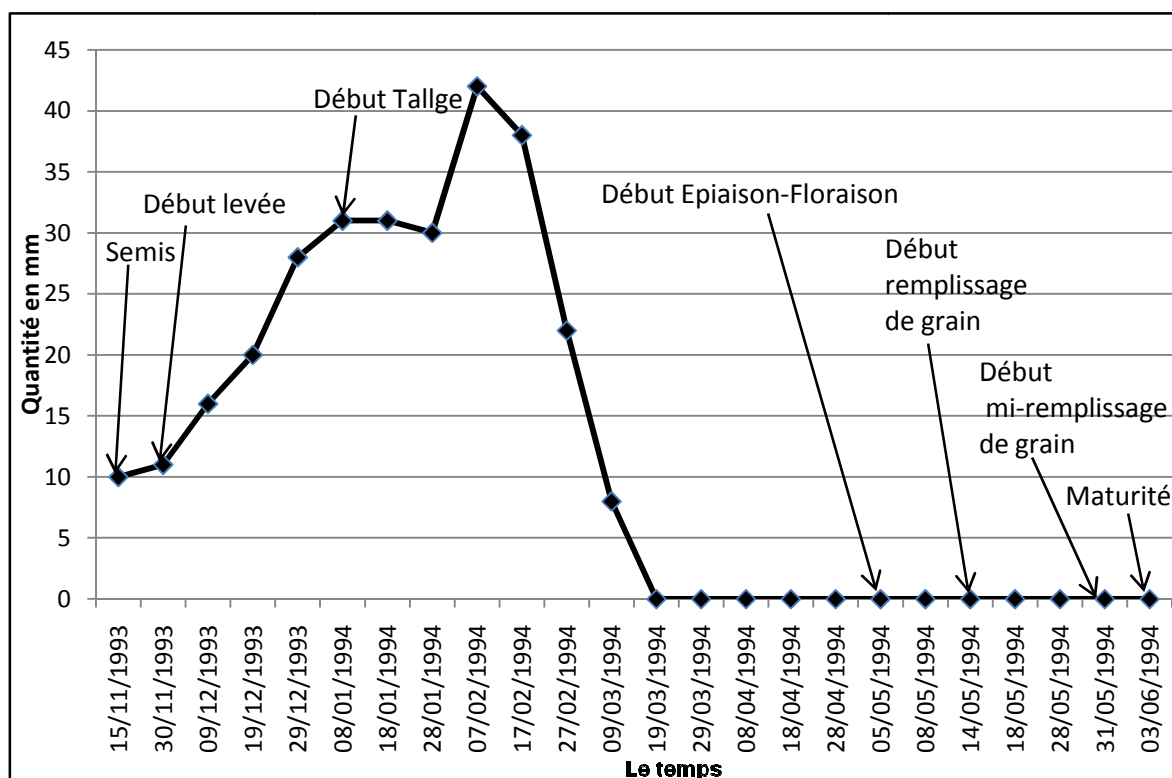


Fig.15- Bilan hydrique en fonction des stades phénologiques de l'année sèche 1993-1994 de la willaya de Tiaret.

Une culture au champ perd continuellement l'eau, qu'elle puise du sol, au profit de l'atmosphère. Les phénomènes strictement physiques de l'évaporation et de la diffusion, responsables des pertes d'eau vers l'atmosphère, dissipent l'énergie solaire reçue au niveau des surfaces de la culture et du sol.

Lorsque le taux d'absorption de l'eau du sol par les racines ne compense plus les pertes dues à l'évaporation (transpiration), la culture est sous l'effet d'un stress hydrique.

Les cultures sont souvent soumises à la sécheresse intermittente à n'importe quel moment de leur cycle, selon la distribution saisonnière de la pluviométrie, mais sont dans tous les cas soumises à la sécheresse de fin de cycle, surtout pour les cultures à cycle long (BAMOUEH.1998), pour notre cas, le blé est entré en stress hydrique en fin de cycle en date du 15 Juin (l'Eté) de l'année humide juste avant le mi remplissage de grain et **très précoce** en date du 19 Mars (Printemps) au stade Tallage – Montaison de l'année sèche, dates des quelles le bilan hydrique s'annule et reste ainsi jusqu'à la maturité (fig.14 et 15).

Le déficit en eau de la campagne 93-94 est suffisamment prolongé pour engendrer un effet négatif sur la culture, dans cette dernière, il y a deux notions importantes, le déficit hydrique suffisamment prolongé et l'effet négatif sur la culture. L'effet sur la culture dépend de son niveau de sensibilité au déficit, appelé aussi vulnérabilité ou tolérance.

Selon (Baldy, 1974 in Megherbi., 2003) des déficits hydriques au cours de la phase Tallage – Montaison réduisent le nombre d'épillets formés, puis le développement des organes sexuels des tiges et enfin des feuilles du dernier entre nœud.

La sécheresse de la fin de montaison, pendant les 10-15 jours avant l'épiaison, réduit le nombre de fleurs fertiles par épillet (Debaeke et *al* 1996.in Nadjim ., 2008). Selon Belaid (2014) les vingt jours qui précèdent l'épiaison sont critiques. Au cours du remplissage des grains, le manque d'eau a pour conséquence une réduction de la taille des grains (échaudage), réduisant par conséquent le rendement (Gate, 1993 in Nadjim ., 2008).

Les vingt jours critiques, qui précèdent l'épiaison, du 05 Mai au 24 Mai de l'année humide, sont alimentés en eau, contrairement à celles de l'année sèche, où le bilan hydrique est nul pour l'ensemble de la période, qui correspond du 15 Avril au 4 Mai (fig 14 et 15).

Consommation d'eau du blé

La consommation maximale en eau, du blé Mexipak correspond au stade Tallage-Montaison, avec 241 mm et 110 mm respectivement pour l'année humide et l'année sèche (tableau 5 et 6), suivi par les stades “semis – levée “, “Epiaison Floraison“ et “Formation des grains/Maturité“ avec respectivement 31mm, 18mm et 15 mm pour l'année humide et 33mm, 5 mm, et 4 mm pour l'année sèche.

Tableau 5 - Consommation d'eau du blé et rendement (année 1990-1991)

Stades phénologiques	Evapotranspiration cumulée (mm)	Rendement en Matière sèche (g/m ²)	Rendement en grain (g/m ²)
Semis - Levée	31	0	232
Tallage - Montaison	241		
Epiaison - Floraison	18		
Formation des grains/ Maturité	15		
Total	305		

Tableau 6 - Consommation d'eau du blé et rendement (année 1993-1994).

Stades phénologiques	Evapotranspiration cumulée (mm)	Rendement en Matière sèche (g/m ²)	Rendement en grain (g/m ²)
Semis - Levée	33	9	18
Tallage - Montaison	110	114	
Epiaison- Floraison	5	114	
Formation des grains/ Maturité	4	114	
Total	152	114	

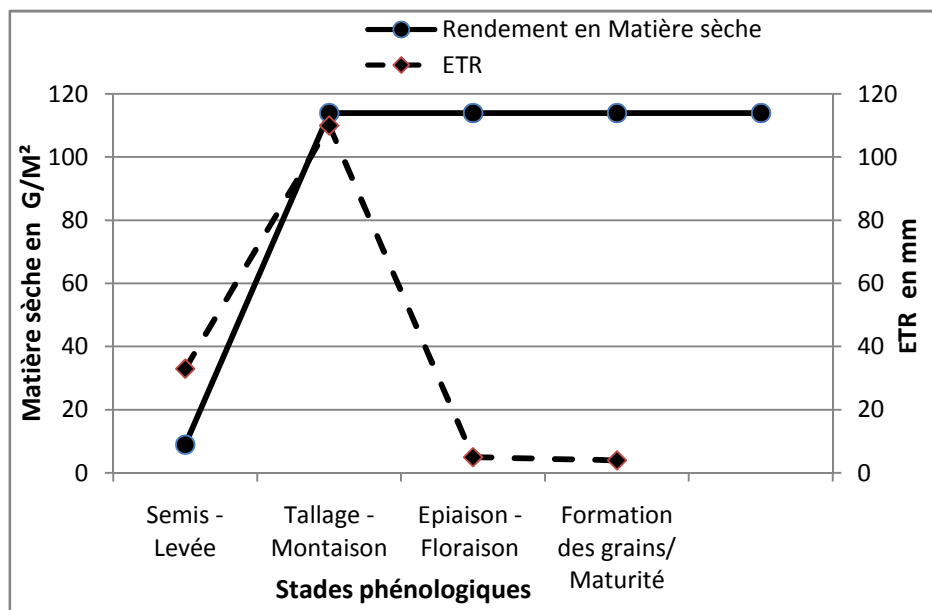


Fig.16 -Consommation d'eau du blé et rendement en matière sèche (année sèche 1993-1994).

L'analyse de la figure 16 montre la consommation d'eau par le blé Mexipak durant les différents stades phénologiques de son cycle de développement en conditions pluviales représentée par l'évapotranspiration réelle (ETR). Ces relations entre les rendements et les consommations en eau globales des cultures ne tiennent pas compte des spécificités des stades de développement, notamment pour ce qui est de leurs sensibilités au stress hydrique et l'impact du déficit en eau de chacun de ces stades sur le rendement. Par contre si on compare l'ETR et le rendement final en grain ou la matière sèche des quatre campagnes agricoles 88-89,90-91,91-92 et 93-

94, on s'aperçoit que le rendement et la consommation en eau globale du cycle (ETR) sont intimement liés par une relation linéaires simples (figure N° 17) .Ceci est confirmé par une étude publié par Zairi . Ben Nouna , Nasr,.Oueslati et Ajmi par des expérimentations conduites entre 1997 et 2000 au domaine expérimental du centre technique de la pomme de terre (Saida), sur l'effet de la restriction hydrique sur le développement et le rendement des cultures de blé dur (variété Karim) et de la pomme de terre (variété Spunta).

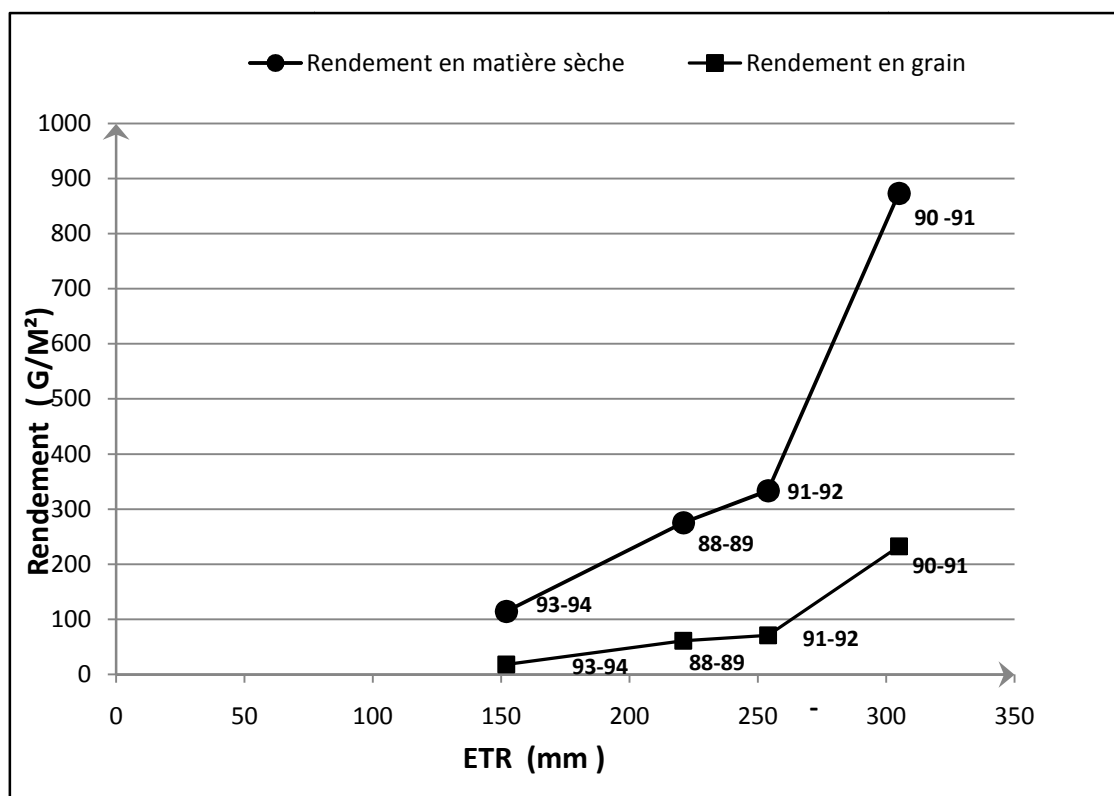


Fig.17- Evolution du rendement du blé tendre, en fonction de la consommation d'eau, compagnes agricoles : 88-89 /90-91/91-92 et 93-94.

La consommation d'eau totale du blé étudié Mexipak, pour l'année humide est de 305 mm pour un rendement en grain de 232 g/m² soit 23,2 qx/ha ,alors quelle est de 152 mm pour un rendement en grain de 18 g/ m² soit 1,8 qx/ha pour l'année sèche.

Dans des conditions similaires et en régions semi-arides (hautes plaines Sétifiennes), Kribaa (1992) évalue la consommation en eau du blé dur (variété waha) (ETR) en conditions pluviales et en irrigué à 277.8 et 381.2 mm pour des rendements moyens de 26.08 et 45.70 qx/ha. Pour des rendements allant de 15 à 39 qx/ha, la consommation moyenne en eau du blé était de 200.6 et 390.6 mm le long du cycle

végétatif respectivement en conditions pluviales et en irrigué (Chennafi, 1996 in Boulassel A., Mouhouche B., Lakhdari F., 2010).

On peut donc considérer que le besoin en eau d'une culture est équivalent à la quantité d'eau nécessaire à combler l'eau perdue par évaporation au niveau des plantes et du sol (évapotranspiration) durant le cycle cultural sans qu'il y'ai eu de stress hydrique. (BAMOUEH.1998).

La perte d'eau due à la transpiration de la plante crée un déficit de pression qui entraîne un prélèvement d'eau au niveau des racines.

Si le sol n'a plus assez d'eau pour suffire à la demande, la plante peut ralentir ou arrêter l'utilisation de l'eau et donc la photosynthèse.

Tenant compte de la limitation imposée par le régime pluviométrique en zone aride et semi-aride, il est nécessaire de développer des techniques agricoles qui permettent d'utiliser au mieux les faibles ressources en eau disponibles pour une amélioration et une stabilisation de la production

Production de la matière sèche

Le cas de la sécheresse qu'a connue la wilaya de Tiaret durant la campagne agricole de 1993-1994, pour un cumul de précipitation de 138 mm, a causé une perturbation du cycle de développement, qui s'est manifesté par une durée de cycle cultural écourté, puis ce que la réserve utile du sol n'a pas été totalement remplie pour satisfaire les besoins hydriques nécessaires au bon développement du blé pour quasiment l'ensemble des stades phénologiques, mis à part le stade Semis – Levée et la moitié du stade Tallage - montaison, marqué par un stock d'eau du sol nul durant sa deuxième moitié, qui coïncide avec la Montaison et ceci à partir du 19 Mars jusqu'à la fin du cycle ; se sont les saisons de Printemps et de début d'Eté (fig.19). Le déficit en eau durant les différents stades de développement du blé représente un facteur limitant au bon fonctionnement de la photosynthèse qui se répercute sur la production de la matière sèche, ceci apparaît bien à travers les deux figures qui suivent ,où on remarque que la production de la matière sèche est fonction du bilan hydrique dans sa première étape tant que l'alimentation hydrique subvienne aux besoins hydriques de la plante ,puis diverge et cesse de croître dès que le bilan hydrique devient nul pour se stabiliser ,et rester ainsi jusqu'à la maturité .On remarque aussi que la plante durant l'année humide, prend tout son temps à produire de la matière sèche avec un rythme ralenti, et ceci de la date de la semis jusqu'au 25 février et cesse sa production le 15 juin, signe de l'épanouissement de la plante ; contrairement à l'année sèche, où la plante anticipe sa production en matière sèche dès le 19 décembre et se ralentit vers le 9 Mars, signe d'un stress hydrique pour cesser complètement sa production très précoce soit le 28 Avril (fig.18 et 19).

Durant les périodes de stress hydrique la plante essaye de s'adapter en luttant au manque d'eau à travers la fermeture de ses stomates (Ouverture naturelle sur l'épiderme de la tige ou de la feuille) afin de réduire la perte d'eau par la transpiration, ceci n'est possible que grâce à l'acide abscissique **ABA**, une hormone végétale, responsable de la fermeture

temporaire des stomates et pour permettre à la plante de résister aux conditions défavorables.

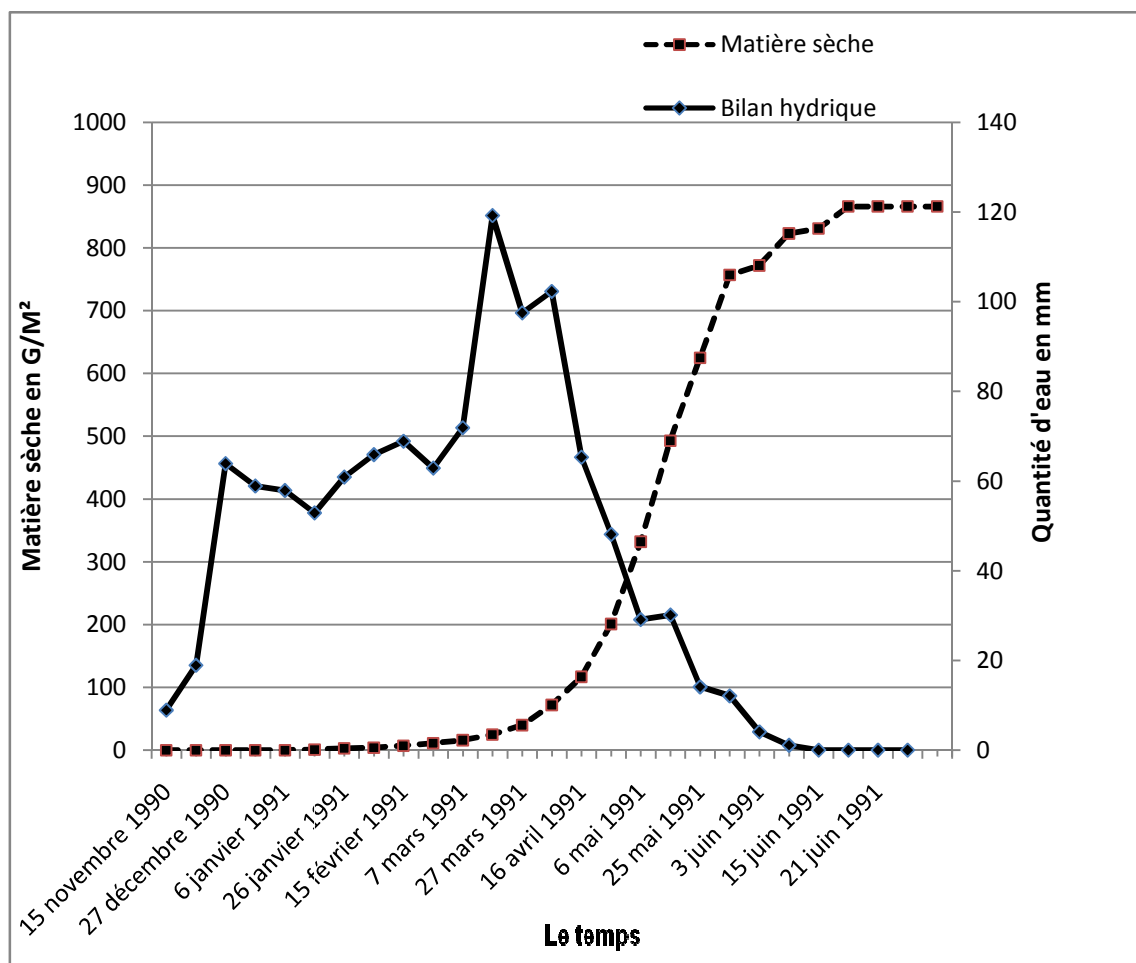


Fig.18- Production de la matière sèche et bilan hydrique
Année agricole 1990-1991 (année humide).

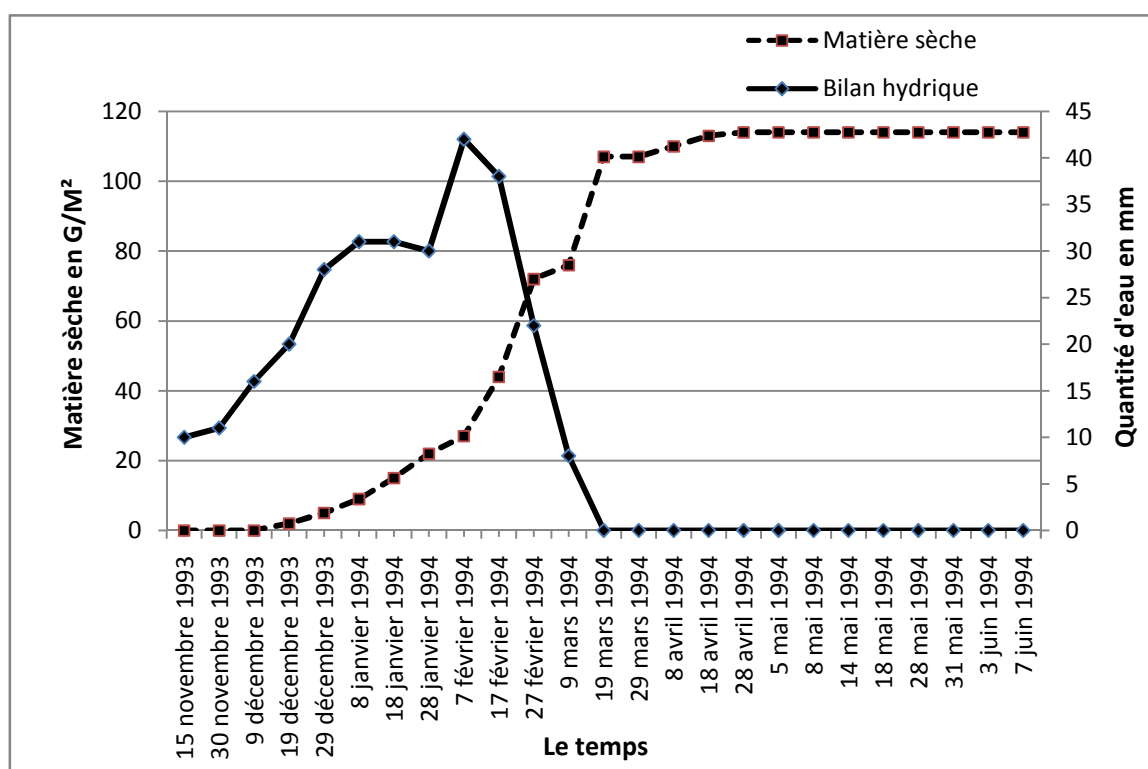


Fig.19- Production de la matière sèche et bilan hydrique

Année agricole 1993-1994(année sèche).

Evolution de la profondeur d'enracinement

La courbe (Fig.20) relative à l'année humide, montre un développement racinaire progressif dans le temps, débutant de la valeur 124 mm, une profondeur atteinte après la Levée et continuer sa croissance jusqu'au 15 juin pour atteindre 1500 mm (150 cm).

Pour l'année sèche, les racines ont atteint une profondeur de 145 mm après la Levée en date du 09 Décembre et 150 mm au 08 janvier, pour ensuite accuser une accélération de la profondeur d'enracinement et atteindre la valeur de 252 mm en date du 27 février, date laquelle les racines cessent définitivement leur croissance jusqu'à la fin du cycle (Fig.21).

Ainsi, en condition de sécheresse, les racines développent une profondeur restreinte dans le temps et dans la profondeur du sol.

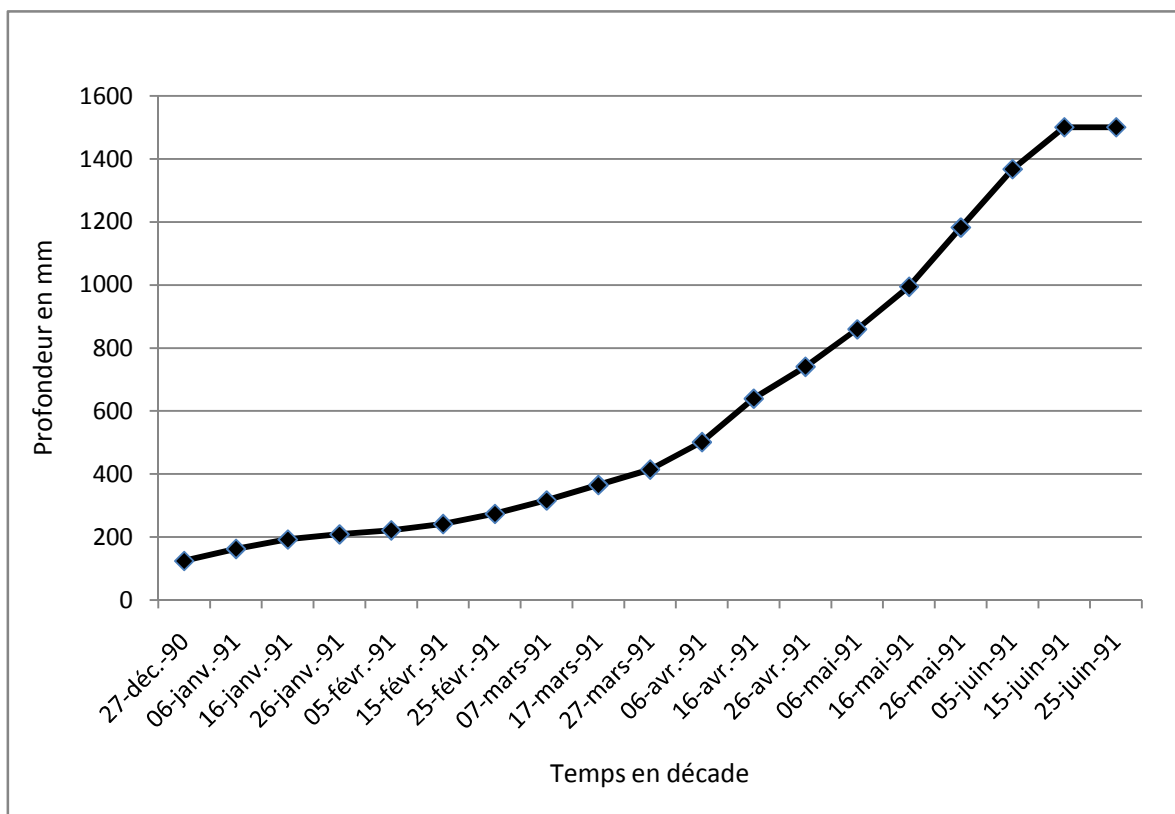


Fig.20- Profondeur d'enracinement. Année agricole 1990-1991.

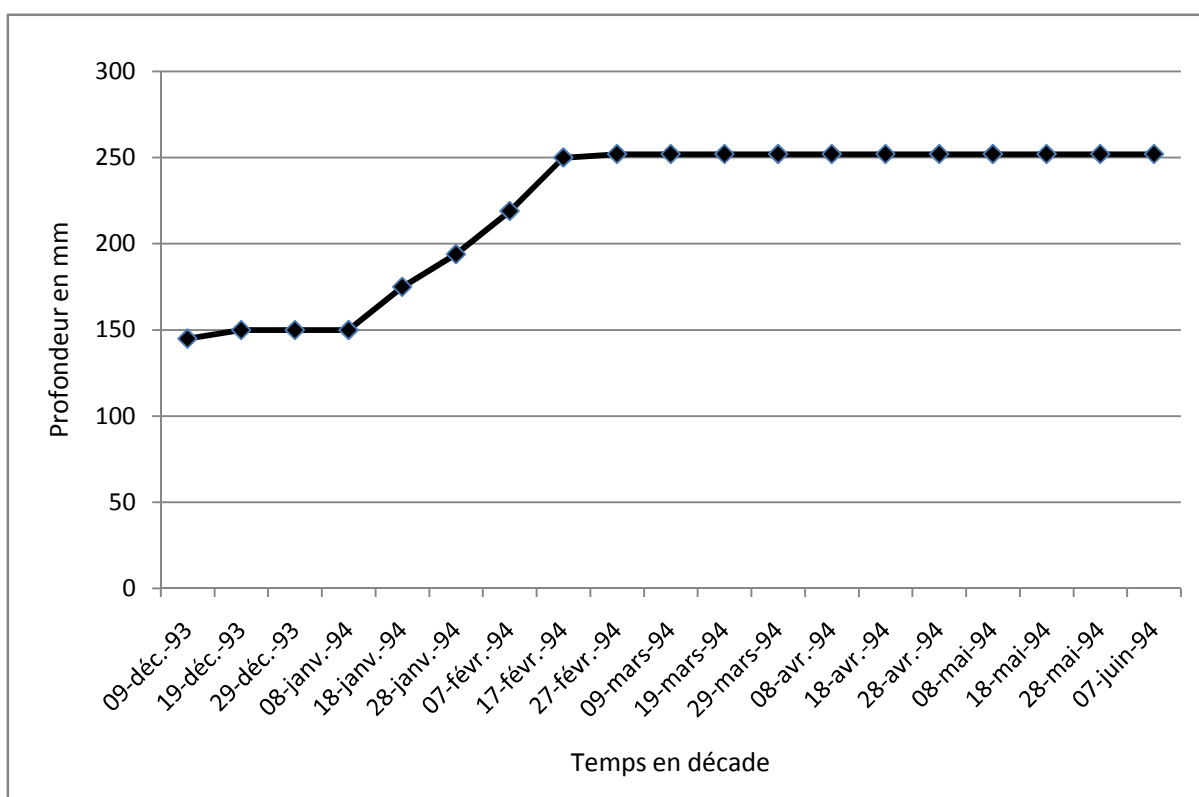


Fig.21- Profondeur d'enracinement. Année agricole 1993-1994.

Conclusion générale

Cette simulation nous donne un aperçu sur le comportement du blé, vis-à-vis de l'aléa sécheresse, qui peut provenir de la variabilité naturelle du système climatique ou d'une sécheresse qui s'inscrit dans un contexte d'un changement climatique.

La céréaliculture algérienne est une culture pluviale dépendante de la variabilité du climat. La mauvaise répartition et la distribution irrégulière des précipitations dans le temps et dans l'espace imposent des déficits climatiques saisonniers et inter saisonniers qui sont à l'origine des rendements relativement faibles.

Il apparaît donc que le facteur limitant pour la croissance et le rendement final, du cultivar Mexipak des deux compagnes considérées est l'eau plutôt que la température puisque que les cumuls de température nécessaires au développement de la plante sont presque les mêmes. Ainsi les faibles quantités de précipitation et leur mauvaise répartition dans le temps sont à l'origine du contraste entre les deux compagnes agricoles et entre les différentes variables de croissance et de rendement.

Confrontée aux problèmes de la sécheresse et aux effets des changements climatiques, l'irrigation constitue une alternative pour combler le déficit hydrique qui s'installe durant les phases critiques de développement de la culture afin d'améliorer et de stabiliser la production à un seuil sécurisant. Cela nécessite la mobilisation de la ressource hydrique et des techniques d'irrigation modernes économes et performantes comme l'irrigation par pivot ou mieux encore le recours aux systèmes d'irrigation intelligent utilisant des capteurs d'humidité du sol, afin d'optimiser l'utilisation de la ressource en maintenant l'humidité du sol à un niveau optimal, la création des aires et des périmètres irrigués. Lorsque les ressources sont rares ou limitées, le recours à des variétés qui résistent à la sécheresse s'avère indispensable, car, la plante développe des mécanismes d'adaptation pour assurer sa survie et continue son cycle.

Aujourd'hui l'ABA (l'acide abscissique) est considérée comme une hormone clé de l'adaptation des végétaux aux stress abiotiques notamment le stress hydrique.

En perspective Comprendre et modifier les voies de biosynthèse et de perception de l'ABA permettraient d'améliorer la réponse des plantes à la sécheresse et de participer ainsi à une meilleure gestion des ressources en eau, enjeu environnemental majeur de ce siècle.

La réponse de la recherche se fait surtout aujourd'hui par le génie génétique: mise au point de variétés de plantes cultivées résistantes à la sécheresse et répondant mieux à des pluies plus aléatoires. Elle se fait aussi par des techniques agronomiques de conservation des eaux du sol (en particulier par l'utilisation de mulchs limitant l'évaporation), et des aménagements ruraux destinés à retenir l'eau dans le paysage. Mais l'ensemble des conséquences à long terme du changement climatique n'a pas encore fait l'objet d'une anticipation permettant de déboucher sur une stratégie de long terme.

Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

Aboussouan., Seropian C et Planchon C.,1985 - Réponse de la photosynthèse de deux variétés de blé dur à un déficit hydrique foliaire. *Agronomie* 5 (7): 636-655.

Albertini L.,2013 - Essor de l'agriculture en al-Andalus (Ibérie arabe):Xe-XIVe siècle- Performance des agronomes arabo-andalous. Edition L'Harmattan, 358 pages .

Angus J F et Moncur M W., 1977 - Water stress and phenology in wheat. *Aust J Agric Res* 28: 177-181.

Anonyme, 2014a- Algérie : Importations de céréales en augmentation.www.ubifrance.fr

Assem N., El Hafid L., Haloui B., El Atmani K., 2006-Effets du stress hydrique appliqué au stade trois feuilles sur le rendement en grains de dix variétés de blé cultivées au Maroc oriental. *Science et changements planétaires / Sécheresse*. Volume 17, Numéro 4, 499-505.

Attab S., 2014 - Etude de quelques altérations physiologiques et biochimiques chez le blé causées par une maladie cryptogamique (l'oïdium).Thèse de doctorat .Biologie végétale .Université d'Annaba .103p

Bamouh A.,1998 - Gestion de la contrainte pluviométrique pour l'amélioration de la production végétale et de l'efficacité d'utilisation de l'eau. Bulletin de liaison du Programme National de transfert de technologie en agriculture. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II).

Belaid A., 2014 -Les risques climatiques et leurs impacts sur l'environnement. Thèse de doctorat. Faculté de Chimie.Univ. des sciences et de la technologie d'Oran Med Boudiaf.170p

Benmansour F.Z.,2010 - l'effet de la température et de l'eau sur la croissance et le développement du blé tendre (*Triticum aestivum*.L).thèse de Magister.Faculté des sciences,département de physique.60p

Berger A.,1985 - L'eau et la plante. Réponses physiologiques à la contrainte hydriques. In les bases de la Bioclimatologie.2-Bases biologiques. Edit. INRA. 79-90.

Bouguerra K., 2001-Potentialité en ressource en eau superficielle du Nord du pays (Algérie),N° 71/ANRH/DHYL, 10p.

Blum A.,1996 - Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. *Plant Growth Regulation* 20 (2): p. 135-148.

Bois J F., Couchat Ph et Moutonnet P.,1984 - Etude de la réponse à un stress hydrique de quelques variétés de riz pluvial et de riz irrigué. I. Incidence sur les échanges de CO₂ et efficacité de l'eau. *Plant and soil*. 80, pp 237-246.

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

Boulassel A., Mouhouche B., Lakhdari F., 2010- Conséquences de la sécheresse sur le développement végétatif des cultures et les mécanismes d'adaptation. Cas des céréales. Atelier international sur le Risque Sécheresse, Biskra 21-22 novembre 2010 .ISBN 978-9961-9745-8-2 Protection légale : 55-47-2012

Chabane M ; 2010-Agriculture de conservation : Voie de sécurité alimentaire dans les pays du Maghreb. Option Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 96

Chabane M., 2006 - Comment concilier changement climatique et développement agricole en Algérie ?, Territoire en mouvement Revue de géographie et aménagement, 2012, mis en ligne le 01 juillet 2014 <http://tem.revues.org/1754>

Cirad – Gret ; 2002 – Mémento de l'agronome. Edition Quae

Clément J.M., 1981 - Dictionnaire Larousse Agricole. Librairie Larousse. ISBN 2-03-514301-2. 1207p.

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

Dent J.B et Blackie M.J ., 1979 -Systems simulation in agriculture. Applied Science Publishers, LTD, London.

Derraissac M., 1992- Mécanismes d'adaptation à la sécheresse et maintien de la productivité des plantes cultivées. Agron. Trop. 46: 29-39.

Djelouli Y., 2007- Impacts des changements climatiques dans les zones arides au maghreb, acte de journées internationales sur l'impact des changements climatiques sur les régions arides et semi-arides, Biskra 15-17 décembre.

Doussinault G et al., 1992- Les céréales à paille :présentation générale. In : Gallais A. et Bannerot H. (Eds.), Amélioration des espèces végétales cultivées. Ed. INRA, Paris, pp. 13-21.

Doussinault G., Pavoine M.T., Jaudean B. et Jahier J., 2001 - Evolution de la variabilité génétique chez le blé. Dossier de l'environnement de l'INRA, N° 21. Station d'amélioration des plantes : 91-103.

Duvignaud P., 1992-Aménagement et gestion du territoire. Application en Algérie (région de Tiaret et Alger) Univ de Nice-Sophia Antipolis. 253p.

Dwyer L M., Stewart D W., 1987 -Influence of photoperiod and water stress on growth, yield and development rate of barley measured in heat units. Can J Plant Sci 67: 21- 34.

ElMourid M., 1988 -Modélisation de la productivité du blé en zone semi-aride: SIMTAG. Rapport d'activité (87/88).INRA-MIAC, Settat. Maroc

ElMourid M., 1991-Jalons pour une agronomie des zones arides et semi-aride. Mémoire pour le concours d'ingénieur en chef INRA.

Feillet P., 2000 -Le grain de blé, composition et utilisation. Edition Quae, 308 pages.

FENNI et MACHANE., 2010 - Changement climatique et agriculture de conservation. Laboratoire de valorisation des ressources biologiques naturelles, Faculté des Sciences, Université Ferhat Abbas, Sétif 19000, Algérie. <http://revue-agro.univ-setif.dz/>

Gavira et Bunrny 2012-Evolution du marché mondial du blé au cours des cinquante dernières années. Livre blanc « Céréales-Gembloux >> 37 pages.

Godon B.,1991 –Biotransformation des produits céréaliers-Edit Tec et Doc .Lavoisier. INRA. Paris

Hayden B., 1990 - Nimrods, Piscators, Pluckers and planters: The Emergence of Food Production. J. Anthropol. Archaeol., 9(1), 31p.

Heller R.,1977 - Abrégé de physiologie végétale. Tome 1 : nutrition.1ère édition : Masson, 243p.

Heller R., 1982 - Physiologie végétale. Tome 2. Développement. Ed. Masson, Paris, 215 pp.

Henry Y et De Buyser J., 2001- L'origine des blés. In : Belin.Pour la science (Ed.). De la graine à la plante.Ed. Belin, Paris, pp. 69-72.

Hucl , P., Baker RJ., 1989- Tillering patterns of spring wheat genotypes grown in a semi-arid environment. Can J Plant Sci ; 69 : 71-9.

Jacquinet L., Forget M et Edah K. A., 1981- Résistance à la transpiration chez le riz pluvial. Etude d'un test de variétale. Agron. trop. 3: 247-253.

Katerdji N et Itier B.,1985 - Critères physico-physiologiques de stress hydrique. Application au déclenchement de l'irrigation. In les bases de la Bioclimatologie. 2-Bases biologiques, Edit. INRA, 125-128.

Kramer PJ .,1959 -Water and its relation to soil and crops. Adv. Agr. 11: 51-70.

LAKHDARI H.,2009- Les conséquences du changement climatique sur le développement de l'agriculture en Algérie : Quelles stratégies d'adaptation face à la rareté de l'eau ?” Cinquième colloque international : Énergie, Changements Climatiques et Développement Durable, Hammamet (Tunisie), 15- 17 Juin, 2009, 15p.

Levitt J., 1972- Responses of plants to environmental stresses. Academic press, Vol.2, New York, 697 p.

Levitt J., 1980 - Response of plants to environmental stresses. Vol II, water, radiation, salt and other stresses. Academic press, New York, 606 p.

Mansat P., et Henin S., 1976 - Définition de la sécheresse et politique d'utilisation de l'eau. Fourrage 67: 13-25.

Megherbi.A.,2003 -Eco développement de la culture du blé dur dans la wilaya de SBA. Thèse de magistère

- Nachit, M.M., 1998**-Association of grain yield in dryland and carbon isotope discrimination with molecular markers in durum (*Triticum turgidum* L. var durum). University Extension Press. Pp: 218-224.
- Nadjim S ; 2008** -Utilisation de la discrimination isotopique du carbone comme critère de sélection du blé dur (*triticum durum* desf) en relation avec le bilan hydrique. Magistère; Université de Sétif
- Nemmar M.,1983**- Contribution de la résistance à la sécheresse chez les variétés de blé dur (*Triticum durum* L) : Evolution des teneurs en proline du cycle de développement. Thèse Docteur -Ingénieur, Montpellier, 108 p.
- Ould Amara K., 2000** –la sècheresse en Algérie .ANRH Bir Mourad Rais 5p.
- Ozenda P.,1982**- Les végétaux dans la biosphère.Eit.Doin.Paris .431p
- Ramade F., 2003**- Elément d'écologie écologique fondamentale. 3ème édition, Ed. Dunod, Paris, 690p.
- Renard C et Alluri K., 1981**- Leaf water potentiel, stomatal conductances and leaf characteristics of cultivars of rice in their response to water stress. Oecol. Plant. 2. 16: 339-349.
- Riou C., 1993**- L'eau et la production végétale. Sécheresse ; 2 : 75-83.
- SLAFER G .A et Rawson R.M.,1994** - sensitivity of wheat phasique developpent to major environmental factors are examination of assumption made bay physiologists and modelers.Plant physiol.22-393-426.
- Soltner D., 2005**-la base de la production végétal Tom I. le sol et son amélioration.24ème Edi. Collection science et technique agricole, 472p.
- Staper M., 1984** -SIMTAG: A Simulation Model of wheat genotypes. Model documentation University of New England, ICARDA.
- Surget A et Barron C .,2005**-Histologie du grain de blé. Industries des cereals, 145,3-7.
- Tabet-Aoul M., 2008**- Impacts du changement climatique sur les agricultures et les ressources hydriques au Maghreb. Les notes d'alertes du CIHEM N°48.
- Trewavas A J et Jones H G .,1991**-An assessment of the role of Physiology and Biochemistry, pp ABA in plant development. in: Davis WJ and Jones HG (eds) Absciscic Acid 169-188. Bios Sci Publ Oxford UK.
- Wadley G and Martin A., 1993** - The origin of agriculture – a biological perspective and new hypothesis. Australian biologist; 6: 96-105.
- Watts D et El Mourid M., 1988**- Rainfall patterns and probabilities in the semi-arid cereal production region of Morocco. USAID Project No. 608-0136. Settat : Aridoculture Center INRA.
- Xavier M et Isabelle C., 2007**- Réponse des essences ligneuses au changement climatique. Modification de la phénologie, des risques de gel et de la répartition des essences ligneuses nord-américaines . Rendez-vous techniques, hors-série n°3 « Forêts et milieux naturels face aux changements climatiques » : 15-20 (6 p., 2 fig., 5 réf.).

Zair M., 1991 - Contribution à l'étude de l'influence du déficit hydrique sur le développement du blé en zones semi-arides. Revue céréaliculture 24: 9-12.

Zairi A., Ben Nouna B., Ruelle P., Nasr Z., Oueslati T et Ajmi T., 2001- Irrigation et effets du déficit hydrique sur -les productions – cas du blé et de la pomme de terre. Numéro Spécial des Annales de l'INRGREF, Actes du Séminaire "*Economie de l'eau en irrigation*", Tunisie, Hammamet, Nov. 2000, pp. : 93-113.

Webographie

<http://www.researchgate.net/publication>

<http://tem.revues.org/1754>

<http://www.univlehavre.fr>

<https://fr.wikipedia.org/>

<http://www.Wikimédia.org>

<http://om.ciheam.org/om>

<http://www.futura-sciences.com/>

Annexes

Tableau A: Les précipitations et températures mensuelles							
Saisons agricoles 1990-1991							
Mois	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril
P (mm)	10,9	37,8	60,4	29,1	40,5	117,8	12,5
T (°C)	16,97	10,8	5,37	5,25	5,41	9,12	9,41
Saisons agricoles 1993-1994							
Mois	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril
P (mm)	11,9	23,4	37,6	29	32,3	2,9	22,6
T (°C)	15,69	10,34	7,54	5,86	7,04	10,05	9,9

Tableau B - Précipitation cumulée, Evapotranspiration cumulée, Rendement en Matière sèche et Rendement en grain (90-91)

Stades phénologiques	Précipitation cumulée (mm)	Evapotranspiration cumulée (mm)	Rendement en Matière sèche (G/M²)	Rendement en grain (G/M²)
Semis - Levée	81	31	0	232
Tallage - Montaison	216	241	757	
Epiaison - Floraison	8	18	823	
Formation des grains/ Maturité	6	15	873	
Total	311	305	873	

Tableau C - Précipitation cumulée, Evapotranspiration cumulée, Rendement en Matière sèche et Rendement en grain (93-94)

Stades phénologiques	Précipitation cumulée (mm)	Evapotranspiration cumulée (mm)	Rendement en Matière sèche (G/M²)	Rendement en grain (G/M²)
Semis - Levée	54	33	9	18
Tallage - Montaison	76	110	114	
Epiaison - Floraison	5	5	114	
Formation des grains/ Maturité	3	4	114	
Total	138	152	114	

Tableau D: Cumule thermique

Compagne agricole	1990-1991			1993-1994		
Paramètre	Cumul de T°	Température moyenne (°C)	Durée (jour)	Cumul de T°	Température moyenne (°C)	Durée (jour)
Semis - Levée	317,85	6,76	47	428,4	8,08	53
Tallage - Montaison	1132,75	7,92	143	986,2	8,42	117
Epiaison - Floraison	156,9	17,43	9	149,3	16,58	9
Formation du grain-Maturité	395,45	21,96	18	428,7	21,43	20
Total	2002,95	–	217	1992,6	–	199

Tableau E - Compagne 1990-1991

	Date Début des Stades phénologiques	Evapotranspiration cumulée au début du stade (mm)	Drainage cumulée au début du stade (mm)	Précipitation cumulée au début du stade (mm)	Bilan hydrique (mm)
Semis	15/11/1990				8,9
Début Levée	26/11/1990	3	0	13	18,9
	27/12/1990	22	0	67	63,9
Début Tallage	02/01/1991	6	0	1	58,9
	06/01/1991	3	0	2	57,9
	16/01/1991	8	0	3	52,9
	26/01/1991	7	0	15	60,9
	05/02/1991	9	0	14	65,9
	15/02/1991	13	0	16	68,9
	25/02/1991	15	0	9	62,9
	07/03/1991	14	0	23	71,9
	17/03/1991	20	2,7	70	119,2
	27/03/1991	21	6,7	6	97,5
	06/04/1991	24	4,2	33	102,3
	16/04/1991	34	5	2	65,3
	26/04/1991	23	1,2	7	48,1
	06/05/1991	19	0	0	29,1
	16/05/1991	15	0	16	30,1
Début Epiaison - Floraison	25/05/1991	16	0	0	14,1
	26/05/1991	2	0	0	12,1
Début de remplissage de grain	03/06/1991	16	0	8	4,1
	05/06/1991	3	0	0	1,1
	15/06/1991	12	0	6	0
Début Mi-remplissage de grain	18/06/1991	0	0	0	0
Maturité	21/06/1991	0	0	0	0
	25/06/1991	1	0	0	0

Tableau G -Evolution du rendement du blé tendre, en fonction de la consommation d'eau, compagnes agricoles : 88-89 /90-91/91-92 et 93-94.

Compagne agricole	Rendement en Matière sèche (g/m ²)	Rendement en grain (g/m ²)	Evapotranspiration / compagne agricole (mm)
1988-1989	275	61	221
1990-1991	873	232	305
1991-1992	333	71	254
1993-1994	114	18	152



WCROP90.txt



WCROP93.txt

