

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET SCIENCES DE
LA TERRE ET DE L'UNIVERS
Département Des Sciences Agronomiques



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE
EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR D'ETAT EN AGRONOMIE
SPECIALITE : AGRONOMIE SAHARIENNE
OPTION: PHYTOTECHNIE

THEME

*Dynamique d'absorption et métabolisme du phosphore par
du blé dur (*Triticum durum* var. *Carioca*)*

Présenté et soutenu publiquement par :

BENDANIA Fatima Zohra

Le 30/09/2013

Membres de jury :

Président
Promotrice
Co-Promotrice
Examinateur
Examinateur

M^r CHELOUFI H.
M^{me} BOUKHALFA-DERAOUI N.
M^{elle} SALHI N.
M^r BELAROSSI M.
M^r HOUICHITI R.

Prof Univ. Ouargla
M.A.A. Univ. Ouargla
M.C.B. Univ. Ouargla
M.A.A. Univ. Ouargla
M.A.A. Univ. Ouargla

**Année universitaire :
2012 - 2013**

Remerciements

Avant tout, nous remercions Dieu le tout puissant pour nous avoir donné la santé, la volonté, le courage et la patience afin de mener à bien ce modeste travail.

Je tiens à exprimer ma gratitude à tous ceux qui, de près ou de loin, m'ont accompagné et soutenu tout au long de ce travail.

En premier lieu, mes plus sincères remerciements et reconnaissances vont spécialement à ma promotrice Mme DERAOUI N., maitre-assistant A. à l'université de Kasdi Merbah, Ouargla, pour la qualité de son encadrement et de m'avoir dirigé et orienté avec ses précieux conseils, Il m'est agréable d'exprimer mes sincères remerciement à M^{elle} NESRINE SALHI maitre de conférence à l'université de Kasdi Merbah Ouargla, qui m'a dirigé, conseillé et encouragé, et ce malgré ses nombreuses occupations tout au long de l'avancement de ce travail.

Je remercie également le professeur Cheloufi H. qui m'a fait l'honneur de présider le jury, et ainsi de juger ce travail.

Mes remerciements s'adressent aussi à Mr BELAROUSSI M et Mr HOUICHITI R qui m'ont fait l'honneur en acceptant d'examiner ce travail.

En fin je n'oublie pas de remercier tous le personnel du laboratoire de recherche et de bibliothèque de la faculté des sciences de la nature et de la vie et sciences de la terre et de l'univers

Table des matières

Partie bibliographique	
Introduction	1
Chapitre I- Le phosphore et la vie végétale	
I-1-Généralités	3
I-2-Formes du phosphore dans le monde vivant	3
I-2-1-Forme minérale	3
I-2-2-Formes organiques	3
I-3-Les formes de phosphore dans le sol	3
I-3-1-Phosphore insoluble	3
I-3-2-Phosphore facilement échangeable	4
I-3-3-Phosphore soluble	4
I-4-Rôles physiologiques du phosphore	4
I-5-l'importance du phosphore	5
I-5-1-Sur les végétaux	5
I-5-2-L'importance chez les céréales	5
I-6-Symptômes visibles du manque ou Excès de phosphore	6
I-6-1- Symptômes visibles du manque du phosphore	6
I-6-1-1-Sur les végétaux	6
I-6-1-2-Sur les céréales	6
I-6-2- Symptômes visibles d'Excès de phosphore	7
I-7-Facteur influençant l'absorption du phosphore par la plante	7
I-8-Interactions des autres éléments nutritifs avec le phosphore	8
I-9-Besoins des cultures	9
I-10-Teneur des plantes en phosphore	9
Chapitre II- biologie du blé	
II-1-Généralités	10
II-2-Description générale de la plante	10
II-3-Exigence écologique	10
II-3-1-Exigences pédoclimatiques	10
II-3-1-1-Température	10
II-3-1-2- Eau	11
II-3-1-3-Lumière	11
II-3-1-4-Sol	11
II-3-1-5-Date de semis	12
II-4-LA Duré du cycle végétatif	13
II-5-Les stades de développement du blé	13
II-5-1-La période végétative	13
II-5-1-1-Une phase germination– levée	13
II-5-1-2- Une phase levée – tallage	14
II-5-2-La période reproductrice	14

II-5-2-1- Une phase montaison – gonflement	14
II-5-2-2- Une phase épiaison – floraison	15
II-5-2-3- Grossissement du grain	15
II-5-2-4- Maturation du grain	15
II-6- Les accidents de végétation du blé	15
II-6-1- l'excès de froid	15
II-6-2- l'excès d'humidité	15
II-6-3- L'excès de chaleur	16
Chapitre III : Les pigments chlorophylliens	
III-1- Définition	17
III-2- structure et propriétés chimiques de la chlorophylle	17
III-3- Propriétés physiques de la chlorophylle	18
III-3-1- Spectre d'absorption	18
III-3-2- Fluorescence de la chlorophylle	19
III-4- La biosynthèse des chlorophylles	19
III-5- Les facteurs influencent sur la chlorophylle	20
Partie pratique	
	22
Chapitre I : Matériels et méthodes	
I-1-1- Matériel végétal	22
I-1-2- Caractéristique agronomiques de la variété <i>CARIOCA</i>	22
I-2- Méthodes	22
I-2-1- Dispositif expérimental	22
2. Préparation du matériel de culture	23
2.1. Préparation du substrat de culture	23
2.2. Préparation des pots et repotage du sable	23
I-2-3- Germination	23
I-2-4- Repiquage	23
I-2-5- Préparation des solutions d'arrosage	24
I-2-5-1- La solution nutritive	25
I-2-6- Application du l'arrosage	2
I-2-6-1 Calcul des quantités de solution nutritive à apporter lors des arrosages	20
I-2-7- Paramètres climatiques	21
I-2-8- Les paramètres étudiés	21
I-2-8-1- Détermination du Poids frais moyen	21
I-2-8-2- Détermination du Poids sec moyen	22
I-2-8-3- Détermination des teneurs moyenne en chlorophylle(a);(b) et (a+b)	22
Chapitre II : Résultats et discussions	
II-1- Analyse statistique des résultats	23
II-2- paramètres étudiés	23
II-2-1- Le poids frais moyen (Pfm)	23
II-2-1-1 Effet de la dose du phosphore sur le poids frais moyen(g) après 30 jours	23

II-2-1-1- Effet de la dose du phosphore sur le poids frais moyen(g) après 45jours	25
II-2-2- Le poids sec moyen (Psm)	26
II-2-2-1 Effet de la dose du phosphore sur le poids sec moyen(g) après 30 jours	26
II-2-2-2 Effet de la dose du phosphore sur le poids sec moyen(g) après 45 jours	27
II-2-3-La teneur en chlorophylle (a)	29
II-2-3-1 Effet du phosphore sur la teneur en chlorophylle (a)($\mu\text{g/g}$ pf)après 30 jours	30
II-2-3-2 Effet du phosphore sur la teneur en chlorophylle (a)($\mu\text{g/g}$ pf)après 45jours	31
II-2-4-Teneur en chlorophylle (b)	32
II-2-4-3 Effet du phosphore sur la teneur en chlorophylle (b)($\mu\text{g/g}$ pf)après 30 jours	32
II-2-3-4 Effet du phosphore sur la teneur en chlorophylle (b)($\mu\text{g/g}$ pf)après 45 jours	34
II-2-5-Teneur en chlorophylle (a+b)	36
II-2-5-1 Effet du phosphore sur la teneur en chlorophylle (a+b)($\mu\text{g/g}$ pf)après 30 jours	37
II-2-5-1 Effet du phosphore sur la teneur en chlorophylle (a+b)($\mu\text{g/g}$ pf)après 45jours	38
II-2-6-Evolution de la teneur en chlorophylle	39
II-2-6-1-Evolution de la teneur en chlorophylle a	39
II-2-6-2-Evolution de la teneur en chlorophylle b	40
II-2-6-3-Evolution de la teneur en chlorophylle a+b	41
Conclusion	42
Références bibliographies	43
Annexe	46

Liste des tableaux :

N°	Titre	Page
Tableau 1	Composition de la solution nutritive de HOAGLAND (1937)	
Tableau 2	Effet de la dose de phosphore sur le poids frais moyen après 30 jours	23
Tableau 3	Effet de la dose de phosphore sur le poids frais moyen après 45 jours	25
Tableau 4	Effet de la dose de phosphore sur le poids sec moyen après 30	26
Tableau 5	Effet de la dose de phosphore sur le poids sec moyen après 45 jours	27
Tableau 6	Effet de la dose de phosphore sur la teneur en chlorophylle (a) 30 jours	29
Tableau 7	Effet de la dose de phosphore sur la teneur en chlorophylle (a) 45 jours	30
Tableau 8	Effet de la dose de phosphore sur le taux de chlorophylle (b) 30 jours	32
Tableau 9	Effet de la dose de phosphore sur la teneur en chlorophylle (b) 45 jours	33
Tableau 10	Effet de la dose de phosphore sur la teneur en chlorophylle (a+b) 30 jours	35
Tableau 11	Effet de la dose de phosphore sur la teneur en chlorophylle (a+b) 45 jours	36
Tableau 12	Analyse de variance de poids frais moyen	46
Tableau 13	Analyse de variance Poids sec moyenne	46
Tableau 14	Analyse de variance de chlorophylle a	46
Tableau 15	Analyse de variance de chlorophylle b	46
Tableau 16	Analyse de variance de chlorophylle (a+b)	47

List des figures :

N°	Titre	Page
Figure 1	Chlorophylle a	15
Figure 2	Chlorophylle b	15
Figure 3.	Schéma de la dispositif expérimental	23
Figure4	L'évolution de température et l'humidité	26
Figure 5	Effet de la dose de phosphore sur le poids frais moyen après 30 jours	24
Figure 6	Effet de la dose de phosphore sur le poids frais moyen après 45 jours	25
Figure 7	Effet de la dose de phosphore sur le poids sec moyen 30 jours	26
Figure 5	Effet de la dose de phosphore sur le poids sec moyen après 45 jours	28
Figure 9	Effet de la dose de phosphore sur la teneur en chlorophylle(a) après 30 jours	29
Figure 10	Effet de la dose de phosphore sur la teneur en chlorophylle a après 45 jours	31
Figure 11	Effet de la dose de phosphore sur la teneur en chlorophylle(b) après 30 jours	33
Figure12	Effet de la dose de phosphore sur la teneur en chlorophylle b après 45 jours	35
Figure 13	Effet de la dose de phosphore sur la teneur en chlorophylle (a+b) après 30 jours	36
Figure 14	Effet de la dose de phosphore sur la teneur en chlorophylle a après 45 jours	38
Figure 15	Évolution de la teneur en Chl a sous l'effet de la dose de phosphore	39
Figure 16	Évolution de la teneur en Chl b sous l'effet de la dose de phosphore	40
Figure 17	Évolution de la teneur en Chl a+b sous l'effet de la dose de phosphore	41

Liste des abréviations

Chlide	Chlorophyllide
CHLA	Chlorophylle (a)
CHLB	Chlorophylle (b)
CHL(A+B)	Chlorophylle (a+b)
C.V	Le coefficient de variation
Pfm	Poids frais moyen
PF	Poids fraîche
Psm	Poids sec moyen
PChlide	Protochlorophyllide oxydoréductase
POR	Protochlorophyllide

Introduction

Introduction

Les céréales constituent une part importante des ressources alimentaires de l'homme et de l'animal. Parmi ces céréales, le blé dur (*Triticum durum*, Desf.) (KOTCHI *et all*, 2012). Le développement futur de cette plante cultivée ou d'intérêt agronomique est primordial, surtout aux vues d'une population mondiale croissante et de plus en plus exigeante. Elle reste, après des millénaires, la première plante cultivée au monde. Elle fournit les denrées alimentaires les plus demandées sur la planète, par ses grains qui fournissent un ensemble bien équilibré de matières hydrocarbonées, azotées, grasses et minérales(MAURICE,1967).

Le blé est composé d'une écorce qu'on nomme son, d'amidon, de substance glutineuse, de sucre et de matière extractive (SAGE, 1879) .Il est spécifique généralement par des teneurs en protéines et des pigments caroténoïdes élevées. La teneur en protéine et la qualité du glutine des semoules exercent une influence sur la qualité des pâtes (BOUDREAU &GREGOURE).

Le blé est l'une des plantes vertes caractérisée par la chlorophylle. C'est grâce à cette molécule que la plante est capable de réaliser la photosynthèse, c'est à dire la préparation de glucose (le carburant de la plante) à partir de molécules organiques simples (eau et dioxyde de carbone) sous l'action de la lumière visible. En effet, l'utilisation des fertilisants minéraux y compris l'engrais phosphaté est devenue actuellement indispensable, ceci pour avoir une bonne production aussi bien quantitative que qualitative.

Le phosphore est l'un des trois éléments majeurs de la fertilisation des cultures et il est indispensable à la croissance des plantes. Il est reconnu comme l'élément clé du développement racinaire des cultures et de leur croissance en début de cycle (JEAN CANTIN,2003).

En agriculture, un apport en phosphore sous forme d'engrais est indispensable pour obtenir de bons rendements. Comme les réserves de phosphore naturel biodisponible sont limitées, un apport ciblé et respectueux de l'environnement est nécessaire pour l'agriculture. (VOLKER ET RENE, 2005).

La stratégie actuelle se fonde en premier lieu sur les besoins des plantes cultivées et ensuite sur la biodisponibilité en phosphore de la parcelle. Les critères principaux à

Introduction

prendre en compte sont : l'exigence en P_2O_5 de la culture, l'analyse de terre, le passé récent de fertilisation et les exportations de la culture (**VOLKER ET RENE, 2005**).

L'objectif de ce travail s'oriente vers la connaissance de l'influence de la dose du phosphore sur les paramètres biochimiques du blé dur en analysant les teneurs en chlorophylles dans les feuilles et le poids et l'évolution de chlorophylle pendant deux périodes.

Partie

bibliographique

Matériel et

méthode

Chapitre I – Le phosphore et la vie végétale

Dans ce chapitre, des généralités sur le phosphore, ses formes dans le monde vivant et dans le sol, ses rôles, son importance, les symptômes de son manque et l'excès et les facteurs qui influencent son absorption, sont entamés.

I-1 Généralités

Le phosphore ; l'élément chimique de masse atomique 30.9737 et du symbole P. (MARCEL,2002), est largement répandu dans la nature : c'est le onzième élément le plus abondant parmi les éléments de la croûte terrestre (0,12%) (GERVY,1970).

Selon le même auteur, le phosphore constitue le cinquième élément constitutif des êtres vivants, après le carbone, l'hydrogène, l'oxygène et l'azote, sur un plan quantitatif. Mais sur un plan qualitatif, il joue un rôle central dans l'organisation de la vie telle que nous la connaissons.

1-2-Formes du phosphore dans le monde vivant:

Le phosphore élémentaire est très réactif chimiquement et il ne se retrouve pas à l'état pur dans la nature. Il est toujours en combinaison avec d'autres éléments. La plupart de ces composés ne sont pas disponibles pour les plantes puisqu'ils sont insolubles.

I-2-1-Forme minérale

Des phosphates alcalins, tels que phosphate mono-sodique NaH_2PO_4 , et disodique Na_2HPO_4 existent également à l'état plus ou moins dissocié dans de nombreux tissus. Chez les végétaux les phosphates alcalins et alcalino-terreux se rencontrent dans tous les tissus, du phosphate de calcium apparaît même à l'état solide dans les graines. La proportion de phosphore minéral est variable, faible dans les graines, moyenne dans les rhizomes et tubercule; elle devient supérieure dans les feuilles de graminées et toute particulièrement dans le foin qu'elles fournissent (GERVY, 1970).

I-2-2-Formes organiques

Ce sont les plus intéressantes car c'est à elles qu'il revient de faire participer l'acide orthophosphorique H_3PO_4 aux réactions biochimiques des êtres organismes.

I-3-Les formes de phosphore dans le sol

I-3-1-Phosphore insoluble

Les précipitations de phosphates de fer et d'alumine que l'on rendait autrefois bas, inférieurs à 4,5 (GERVY, 1970)

L'acide phosphorique H_3PO_4 est un triacide qui donne donc 3 types de sels selon qu'un, deux ou trois fonctions acides sont neutralisées par les cations. Par exemple, avec le calcium :

- Le phosphate mono-calcique $Ca(H_2PO_4)_2$ est soluble;
- Le phosphate di-calcique $Ca_2(HPO_4)_2$ est peu soluble;
- Le phosphate tricalcique $Ca_3(HPO_4)_2$ est insoluble.

Il existe dans le sol des phosphates tricalciques (apatite par exemple) insolubles, de même qu'en sols acides des phosphates de fer et d'aluminium : le phosphore ainsi combiné est inutilisable (ÉLIARD –LOUIS,1979).

Responsable d'importantes pertes de phosphore dans les sols, n'intervient en fait qu'à des pH très élevé, cependant la précipitation des sels de fer et d'alumine reste possible jusqu'à des pH faiblement acide mais elle se fait en partie avec l'anion (OH^-) à l'état d'hydrate et totalement sous cette forme quand le pH est alcalin.

Les formes dites insolubles ou font néanmoins pas partie des réserves lourds de phosphore existant dans le sol. Des modifications de pH, l'action du matière organique, l'activité microbienne, la possibilité d'utilisation directe des phosphates minéraux par plusieurs espèces végétales font que ces formes de phosphore exercent un rôle non négligeable dans la nutrition des plantes(GERVY, 1970)

I-3-2-Phosphore facilement échangeable

Ce sont les ions phosphoriques adsorbés sur le complexe adsorbant du sol ; ils participent aux échanges constants (sol-solution) et constituent l'essentiel du «pool alimentaire » des plantes. (FARDEAU, 1993).

Les ions phosphates ont une charge électronégative, ils sont retenus dans le sol par le biais de cations métalliques essentiellement par le Ca^{2+} . L'acide phosphorique est un anion, et ne peut être retenu par le complexe que par l'intermédiaire d'un cation: fer, aluminium, potassium, mais plus généralement le calcium (LAMBERT, 1979).

I-3-3-Phosphore soluble

L'absorption de phosphore par la plante se fait sous forme soluble dans la solution du sol, sa concentration est très faible et presque constante du fait des échanges continuels avec le phosphore adsorbé. (DIEHL, 1975)

I-4-Rôles physiologiques du phosphore

Le phosphore entre dans la:

Fonctions métaboliques (fonctionnement de la matière vivante)

- Constituant de l'ATP : l'ATP fournit toute l'énergie nécessaire pour toutes les réactions de synthèse; formation de protéines, hydrates de carbone, d'acides nucléiques et autres réactions exigeant de l'énergie tel que l'absorption des éléments nutritifs à travers les membranes des cellules racinaires en cas d'absorption active. Ceci explique la forme chétive des plantes carencées en phosphore par une réduction de la croissance générale (élongation des racines) qui exige l'ATP.
- Il compose « épine dorsale » des molécules d'ADN et d'ARN et rentre dans la composition du carburant universel du vivant, l'adénosine triphosphate ou ATP (CLAUDE, 2007).
- Lie à des oses (triose phosphate, hexoses-phosphates) ou à des transporteurs d'hydrogène (NADP) le phosphore augmente la réactivité de ces molécules par exemple cycle de *KREBC* et de *CALVIN* (SOLTNER,2001).

Fonctions plastiques (constitution de la matière vivante)

- Constitution de lipides complexe, les phospho-aminolipide qui associé à des protéines (lipoprotéine), ont un rôle structural important .Ces lipides constituent également des réserves abondantes dans les graines. (HELLER,1989)
- Implication dans la structure des protéines (phosphoprotéines) et des sucres(comme le glucose-6-P impliqué dans la photosynthèse)
- Transport des nutriments dans les tissus de la plante, il est nécessaire à la germination des graines, des fleurs et des racines, il augmente la résistance aux maladies. (AKERMA,2009)
- Les rôles multiples du phosphore s'exercent particulièrement lors des stades de multiplication cellulaire et de formation des sucres au cours de l'élaboration des tissus cellulotiques ce qui permet de mieux résistance à la verse physiologique. (GERVY, 1970)

I-5-L'IMPORTANCE DU PHOSPHORE

I-5-1-Sur les végétaux

Le phosphore est un élément essentiel des plantes, la matière sèche végétal contient de 0.5 à 1% d'acide phosphorique(P_2O_5). Il intervient dans la plupart des processus physiologiques (respiration, photosynthèse, etc...) et favorise la croissance, la précocité; la résistance au froid. (MARCELE M, 2002 et BINET ET BRUNEL, 1968)

Son rôle rentre dans tous les processus de croissance et sa répartition dans les tissus est très inégale et augmente généralement avec la teneur en azote.

L'importance de phosphore au cours de premiers stades du développement est illustrée par l'impossibilité de compenser son absence momentanée avec des apports ultérieurs. (GERVY, 1970).

I-5-2-L'importance chez les céréales

Les prélèvements de phosphore par les végétaux, lors de leurs premiers stades de développement, sont extrêmement réduits. C'est ainsi qu'un blé d'hiver, du semis jusqu'à la fin du tallage, ne puise que tout au plus 1g de P/m^2 dont 1/10 était déjà contenu dans le grain semé. Puis la marche des prélèvements s'accélère rapidement et passe au rythme de 400g/ha/jour de P soit près de 1kg P_2O_5 /ha/jour pendant les périodes de montaison et d'épiaison. Il en est de même pour la plupart des autres graminées, céréales ou fourrages, au cours des semaines du printemps. Si l'on tient compte de l'exploration imparfaite du sol par les racines et de l'absence de mobilité de P_2O_5 dans le sol, c'est en générale 20 à 25pour cent seulement de l'acide phosphorique disponible du sol qui peut être utilisé avec profit par les végétaux (GERVY, 1970).

I-6-Symptômes visibles du manque ou Excès de phosphore

I-6-1- Symptômes visibles du manque du phosphore

I-6-1-1-Sur les végétaux

Les signes généraux du manque de phosphore sont liés à un développement anormalement faible du végétale, cette réduction porte à la fois sur les parties aériennes et souterraines. Les feuilles se singularisent par leur port érigé et leur forme généralement plus pointue que le normale, elles restent petites et tombent prématurément .Un retard dans l'éveil

des bourgeons et une floraison réduite sont souvent observés sur les arbres et les arbustes (**GERVY, 1970**).

Les caractères plus spécifiques du manque de phosphore sont notés sur le feuillage qui prend une couleur plombée ou mate, vert bleuté avec parfois des colorations pourpres allant même jusqu'au rouge (**GERVY, 1970**).

Dans le cas de carence extrême, la plante produit un excès de pigment (anthocyanine) donnant aux feuilles une coloration pourpre.

Toutefois cette coloration peut aussi apparaître à l'automne lors de l'arrivée des premiers grands froids.

Des détériorations peuvent apparaître sur la zone marginale du limbe qui brunit tôt. De tels symptômes s'observent par exemple sur la pomme de terre (**GERVY, 1970**).

Le phosphore est un élément majeur, les symptômes de carence se manifestent par une diminution de croissance, et très souvent une coloration vert foncé du feuillage ou pourpre (typique chez le maïs) à un stade avancé (**TEFIANI, 1985**).

Le phosphore étant un élément mobile dans les plantes, la carence se manifeste d'abord sur les feuilles âgées (du bas) (**TEFIANI, 1985**).

Une période de temps froid entraîne fréquemment l'apparition de ces symptômes sur les céréales, sans que l'on sache exactement si les températures basses sont responsables d'un manque de mobilité de l'acide phosphorique dans le sol ou si elles déclenchent directement un trouble quelconque de l'alimentation phosphatée du végétale (**GACHON, 1988**).

I-6-1-2-Sur les céréales

Blé, orge, et avoine, il s'agit principalement d'une coloration anormale du feuillage qui se manifeste par teinte pourpre et un rougissement. Cette pigmentation se localise sur des lignes parallèles aux nervures et affecte parfois la tige de la céréale. Elle peut apparaître précocement sur les jeunes plantes qui conservent alors en même temps un port dressé (**GERVY, 1970**).

Selon la même auteur, dans les cas de déficience les plus graves, on peut observer des symptômes visuels de Carence sur les feuilles et les divers organes végétatifs. Sur blé, ces

symptômes consistent en des rougissements de l'ensemble de la plante et en un tallage réduit. Au stade de la floraison, les 2^{ème} et 3^{ème} feuilles sous l'épi contiennent moins de 0,3 % de P dans leur matière sèche. Sur orge de printemps, les tiges sont de couleur pourpre, le tallage est réduit, le port de la plante est érigé, la feuille la plus âgée jaunit prématurément.

Étant donné la multiplicité des fonctions du phosphore chez le végétal, les symptômes de carence sont souvent peu caractéristiques : réduction de croissance, chloroses ressemblant à celles de la carence azotée. Sur luzerne, trèfle, tabac, arbres fruitiers, les symptômes peuvent consister en taches grisâtres ou noirâtres sur les limbes (GERVY, 1970).

I-6-2- Symptômes visibles d'excès de phosphore

L'excès de phosphore est rare. L'excès de phosphore a pour effet une diminution des teneurs en éléments solubles, de l'acidité, et des teneurs en vitamine C, une fumure abondante en phosphore provoque une carence induite de certains oligo-éléments (BENSEGHIR, 2006)

I-7-Facteur influençant l'absorption du phosphore par la plante

Un excès relatif de phosphore minéral par rapport au phosphore organique peut correspondre à un débauche du métabolisme, ce qui est utilisé dans certaines méthodes de diagnostic basées sur l'analyse de sucs extraits des tissus conducteurs (GACHON, 1988).

Le pH égale à 7, il existe une proportion à peu près équivalente d'ions $H_2PO_4^-$ et d'ion HPO_4^- , alors que l'ion PO_4^{3-} n'apparaît qu'à $pH > 11$ (GEVRY, 1970).

DUTHIL (1973), souligne que le calcaire joue un rôle protecteur vis-à-vis des ions phosphoriques contre leur adsorption énergétique par fer, Al et Mg libre à faible concentration. À des concentrations élevées, il y a formation de phosphates calciques de moins en moins solubles qui peuvent évoluer vers forme insoluble ou apatitique.

*Une augmentation des concentrations de sels de chlore ou de nitrate contenant du calcium, du magnésium, du sodium, du potassium ou de l'ammonium se traduit par une augmentation de l'adsorption des anions orthophosphates sur des suspensions de sol.

La température affecte la répartition du phosphore selon ces trois formes. D'une manière générale, de nombreuses observations montrent qu'une élévation de température tend à diminuer la disponibilité du phosphore pour les plantes. (IFRSDC, 1997).

Selon REICHMAN et CAUNES (1966) in TEFIANI AISSA (1985), travaillant sur blé cultivé sur deux sols différents et arrosés selon des niveaux prédéterminés de tension

d'humidité du sol et ayant reçu des doses différentes en phosphore ont trouvé que les rendements et l'absorption du phosphore ont été réduites dans les traitements à forte humidité.

Selon VIET 1968 in TEFIANI AISSA (1985), la disponibilité en phosphore est réduite dans les sols secs.

HOGGEN et HOPKINS(1960) in TEFIANI(1985), ont constaté une diminution de l'absorption du phosphore avec l'augmentation de la concentration chez les racines de plante de blé cultivées sur une solution nutritive.

I-8-Interactions des autres éléments nutritifs avec le phosphore

Les éléments nutritifs peuvent avoir un comportement synergique ou antagoniste vis-à-vis du phosphore (GACHON,1969); L'action simultanée azote-phosphore est synergique car elle favorise le développement racinaire.

Il existe une relation de synergisme entre le phosphore et l'azote. En effet ces deux éléments sont indispensables pour les fonctions vitales de la plante (photosynthèse, formation des protéines, fixation symbiotique d'azote...). L'azote ammoniacal favorise l'absorption du phosphore par la plante (HAFSI ,1990).

Par contre, lorsque les cations Ca^{2+} se trouvent en quantité importante dans le sol, il y a un effet antagoniste entre le phosphore et le calcium par la formation des composés insolubles P-Ca (GACHON, 1988).

Le manque d'oxygène dans l'atmosphère du sol, c'est-à-dire l'abaissement de sa pression partielle, entrave de façon irrégulière l'absorption du phosphore (GEVRY, 1970).

9-Besoins des cultures

La quantité de phosphore absorbé est souvent relativement plus importante en début qu'en fin de végétation: le blé absorbe 70 % de son phosphore entre le tallage et la floraison, le tournesol 50 % pendant les 30 jours précédant la floraison.

La « capacité d'absorption racinaire » est toujours supérieure aux exigences de la plante et la nutrition est davantage limitée par l'approvisionnement que par les possibilités physiologiques d'absorption. Les quantités d'éléments fertilisants que renferment les cultures en fin de végétation ou à la récolte correspondent sensiblement aux quantités maximales prélevées mais il peut se produire des chutes de feuilles et des redistributions d'éléments à l'intérieur du végétal. Par exemple, passage de phosphore des tiges et des feuilles vers les graines(GACHON, 1988).

I-10-Teneur des plantes en phosphore

La teneur des végétaux en phosphore est soumise à des variations fort importantes; elle dépend principalement de la nature de l'espèce, de l'âge de la plante et de l'organe analysé ; elle dépend également mais dans une moindre mesure, de la richesse du sol en P_2O_5 ; elle dépend enfin très faiblement de la présence d'autres éléments donnant lieu à des antagonismes avec l'acide phosphorique (**GERVY, 1970**).

Sa teneur moyenne est généralement de l'ordre 0,2 à 1% de la matière sèche. Le phosphore est un constituant de la matière vivante végétale et sa répartition dans les tissus est forte inégale voisine quelque ordres de grandeur(**GACHON, 1988**). A la récolte, le phosphore est localisé majoritairement dans les grains. La teneur dans les pailles est généralement faible (**JOHNSON P, 1993**).

Chapitre II- La biologie du blé**II-1-Généralités**

Le blé dur (*Triticum turgidum ssp. durum*) est une monocotylédone de la famille des *Poacées*, de la tribu des *Triticées* et du genre *Triticum*. En termes de production commerciale et d'alimentation humaine, cette espèce est la deuxième plus importante du genre *Triticum* après le blé tendre (*Triticum aestivum L.*)(GOSSIN,1859).

II-2-Description générale de la plante

Il s'agit d'une graminée annuelle de hauteur moyenne et dont le limbe des feuilles est aplati. Une plante du blé est constituée d'un ensemble de brins (ou axes, ou talles) qui comportent chacun une partie végétative, la tige feuillée, une partie reproductrice, l'épi et un système racinaire.

Le premier brin formé est appelé brin maître, et existe déjà à l'état embryonnaire dans la graine. Les autres brins sont des ramifications issues du brin maître.

La partie végétative est un assemblage d'unités morphologiques similaires, les phytomères, surmontés à la floraison par le pédoncule de l'épi. Un phytomère est constitué de plusieurs entités botaniques, qui sont, du bas vers le haut: le nœud, portant éventuellement un bourgeon axillaire et des racines nodales, l'entre-nœud, la gaine et le limbe.

L'ensemble limbe plus gaine correspond à la feuille. Limbe et gaine sont séparés par la ligule. Seuls les 3 ou 4 entre-nœuds supérieurs s'allongent. Ils forment la tige. Les entre-nœuds inférieurs restent très courts et la base de la tige est formée d'un empilement de nœuds peu distinguables, à partir desquels se développent les racines dites nodales (SOLTNER, 2005).

Le blé dur possède une tige cylindrique, dressée, habituellement creuse et subdivisée en entre nœuds. Certaines variétés possèdent toutefois des tiges pleines.

Le système racinaire comprend des racines séminales produites par la plantule durant la levée, ainsi que des racines adventives qui se forment plus tard à partir des nœuds à la base de la plante et constituent le système racinaire permanent (CHARLES, 1976).

L'inflorescence en épi terminal se compose de fleurs parfaites (SOLTNER, 1998).

II-3-Exigences écologiques**II-3-1-Exigences pédoclimatiques**

L'influence du climat est un facteur déterminant à certaines périodes de la vie du blé.

II-3-1-1-Température

La température est l'un des facteurs importants pour la croissance et l'activité végétative.

La germination commence dès que la température dépasse 0°C, avec une température optimale de croissance située entre 15 à 22° C. Les exigences globales en température sont assez importantes et varient entre 1800 et 2400 °C selon les variétés. De même la température agit sur la vitesse de croissance, elle ne modifie pas les potentialités génétiques de croissance ; c'est la somme de température qui agit dans l'expression de ces potentialités. Chaque stade de développement du blé nécessite des températures particulières (**BELAID, 1986**).

II-3-1-2- Eau

L'eau est un facteur limitant de la croissance du blé. Ce dernier exige l'humidité permanente durant tout le cycle de développement. Les besoins en eau sont estimés à environ 800 mm (**SOLTNER, 1988**).

En zone aride, les besoins sont plus élevés au vu des conditions climatiques défavorables. Ces de la phase épi 1 Cm à la floraison que les besoins en eau sont les plus importants. La période critique en eau se situe 20 jours avant l'épiaison jusqu'à 30 à 35 jours après la floraison (**LOUE, 1982**).

II-3-1-3-Lumière

La lumière est le facteur qui agit directement sur le bon fonctionnement de la photosynthèse et le comportement du blé.

Un bon tallage est garanti, si le blé est placé dans les conditions optimales d'éclairement (**SOLTNER, 1988**).

II-3-1-4-Sol

Les sols qui conviennent le mieux au blé sont des sols drainés et profonds. Des sols limoneux, argilo-calcaires, argilo- siliceux et avec des éléments fins. Du point de vu caractéristiques climatiques, les blés durs sont sensibles au calcaire et à la salinité ; un pH de 6,5 à 7,5 semble indiqué puisqu'il favorise l'assimilation de l'azote (**SOLTNER, 1988**).

II-3-1-5-Date de semis

Les dates de semis doivent être raisonnées de façon à ce que la culture arrive au stade plantule au moment où les températures sont à leurs valeurs minimales. Ceci permet aux

plantules du blé dur d'accumuler suffisamment d'énergie leur permettant de reprendre leur croissance après cette période du froid hivernal (SOLTNER, 2005).

II-4-LA durée du cycle végétatif

La longueur du cycle végétatif total du blé de printemps est de 100 à 130 jours; le blé d'hiver demande de 180 à 250 jours pour arriver à maturité. La longueur du jour et la température sont des facteurs déterminants dans le choix de la variété. On peut classer les variétés en type d'hiver ou type printemps, selon les caractéristiques de printanisation, la résistance à l'hiver et la sensibilité à la longueur de jour (MARCEL, 2002).

Le blé de printemps a besoin d'une période froide ou printanisation au début de son développement pour avoir une épiaison normale en jour long (BELAID, 1986). Le semis très peu importants, ont lieu en mars (MARCEL, 2002).

Le blé d'hiver dans ses premiers stades de développement, manifeste une forte résistance au gel, pouvant aller jusqu'à (-15°C) (SOLTNER, 2005).

Cette résistance disparaît pendant la période de croissance active au printemps. Au moment du développement des épis et de la floraison, le gel peut rendre les épis stériles. C'est pour cette raison que parfois les gelées de printemps causant de plus gros dommages au blé d'hiver que le gel hivernal (BELAID, 1986).

Les semis se font fin octobre-courant novembre pour les variétés tardives (type 'Néodur') et de novembre à décembre pour les variétés précoces. La densité va de 250grains/m² pour les semis de novembre à 350grains/m² pour ceux de décembre (MARCEL, 2002).

II-5-Les stades de développement du blé

II-5-1-La période végétative

Elle se caractérise par un développement strictement herbacé et s'étend du semis jusqu'à fin tallage. Elle se divise en deux phases :

II-5-1-1-Une phase germination – levée

La germination de la graine se caractérise par l'émergence du coléorhize donnant naissance à des racines séminales et de la coléoptile qui protège la sortie de la première feuille

fonctionnelle. La levée se fait réellement dès la sortie des feuilles à la surface du sol. (GATE, 1995).

Durant la phase semis levée, l'alimentation de la plante dépend uniquement de son système racinaire primaire et des réserves de la graine.

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

Les caractéristiques propres à la graine comme la faculté germinative et la quantité de réserves (taille des graines) jouent aussi un rôle déterminant.

En effet, les plus grosses graines lèvent les premières et donnent des plantules plus vigoureuses (MASLE-MEYNARD, 1980).

De plus la composition des réserves (teneur en protéines) agit favorablement sur la vitesse de la germination - levée (EVANS et RAWSON, 1975).

II-5-1-2- Une phase levée – tallage

Selon SOLTNER(1988), C'est un mode de développement propre aux graminées, caractérisé par la formation du plateau du tallage, l'émission de talles et la sortie de nouvelles racines.

La production de talles commence à l'issue du développement de la troisième feuille (MEKLICHE, 1983) L'apparition de ces talles se fait à un rythme régulier égal à celui de l'émission des feuilles. A partir des bourgeons situés à l'aisselle des talles primaires initiées à la base du brin maître, les talles secondaires peuvent apparaître et être susceptibles d'émettre des talles

II-5-2-La période reproductrice

Elle comprend :

II-5-2-1-Une phase montaison – gonflement

Elle est caractérisée par la formation de talles et l'initiation florale qui se traduit par l'apparition de la future ébauche de l'épi; tout déficit hydrique durant cette période se traduit par une diminution du nombre de grains par épi (MARTIN, 1984).

La montaison s'achève à la fin de l'émission de la dernière feuille et des manifestations du gonflement que provoquent les épis dans la gaine.

II-5-2-2-Une phase épiaison - floraison

La période de formation et de maturation du grain concerne les stades de grossissement des grains puis de maturation de ces mêmes grains.

II-5-2-3-Grossissement du grain

Cette phase marque la modification du fonctionnement de la plante qui sera alors orientée vers le remplissage des grains à partir de la biomasse produite (**BOULELOUAH, 2002**).

II-5-2-4- Maturation du grain

La phase de maturation succède au stade pâteux (45 % d'humidité). Elle correspond à la phase au cours de laquelle le grain va perdre progressivement son humidité en passant par divers stades (**GATE, 1995**).

II-6-Les accidents de végétation du blé

Au cours de son cycle végétatif, le blé exposé, nous l'avons vu, à l'action parfois défavorable du milieu dans lequel il vit : le climat et le sol.

II-6-1-L'excès de froid: peut nuire à la plantule

- la destruction par les froids d'hiver et les dégâts dus à l'asphyxie radiculaire;
- la **verse**, accident beaucoup moins grave depuis la création de variétés courtes, résistantes à l'accident.

II-6-2-L'excès d'humidité :

Est responsable du jaunissement de blé et son manque de développement fréquemment observés à la sortie de l'hiver résultent à la fois, mises à part les causes parasitaires :

- De l'asphyxie des racines ;
- D'une mauvaise nutrition azotée.

Ces deux causes résultent presque toujours d'un excès d'eau qui peut avoir pour origine :

- ✓ Une pluviométrie excessive ;
- ✓ Un mauvais drainage, principalement dans les cuvettes ;
- ✓ Une mauvaise stabilité structurale du sol, que les pluies ont glacé en surface, par suite généralement d'un manque d'humus et de calcium.

Cet excès d'eau, tout en privant d'air les racines, entrave l'activité des microbes nitrificateurs.

Plus tard, à partir de la fécondation, un excès d'humidité retarde la maturation, tout en rendant les tiges plus sensibles à la verse (**SOLTNER ,2005**).

II-6-3-L'excès de chaleur

La période critique de l'échaudage qui ne dure qu'une dizaine de jours, apparait sur les courbes de développement du grain comme celle de la migration des réserves des feuilles et des tiges vers le grain. L'échaudage peut être plus ou moins accentué selon que le coup de chaleur intervient au début ou à la fin de cette migration (**SOLTNER,2005**).

Chapitre III- Les pigments chlorophylliens

III-1-Définition

La chlorophylle est un pigment végétal responsable de la coloration verte des plantes. Ce pigment, que l'on retrouve dans les cellules des végétaux, et jouant un rôle essentiel dans la photosynthèse. La chlorophylle élaborée par des organites appelés chloroplastes, capte l'énergie lumineuse (essentiellement la lumière rouge et la lumière bleue de spectre visible) nécessaire à la synthèse des composés organiques à partir de l'eau et du gaz carbonique. La chlorophylle a été tout d'abord isolée par les chimistes Français **PELLETIER** et **CAVENTOU** qui lui ont donné son nom en référence à la couleur verte (chloro) des feuilles (phylle). Il existe plusieurs pigments photosynthétiques (chlorophylle a, b, c, d, e, carotène, phycocyanine, xanthophylle) mais le pigment le plus commun est la chlorophylle a, car on en retrouve dans toutes les plantes, les algues et les cyanobactéries (**MARCEL, 2002**)

III-2-Structure et propriétés chimiques de la chlorophylle

Ce sont des chromoprotéines, dont le groupement prosthétique, aisément détachable; est une chlorophylle, porphyrine (quatre noyaux pyrroles en cercle) avec un atome de magnésium au centre, quelques substitution à la périphérie, et en particulier un alcool à longue chaîne le phytol. La molécule de chlorophylle se présente comme un sorte de cerf-volant, dont le corps (1.5nmde diamètre), tétra-pyrrolique serait hydrophile tandis que la queue (le reste phytol, 2nmde long) serait lipophile.

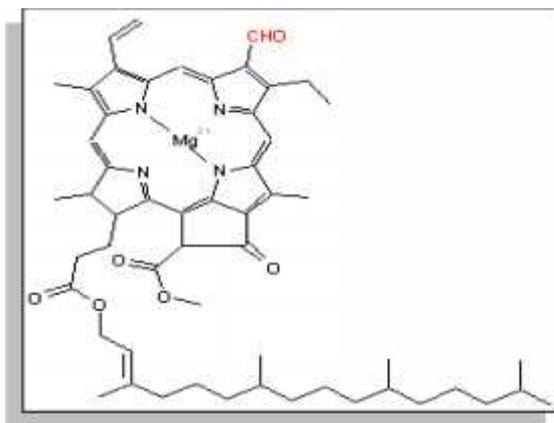


Figure:2 Chlorophylle b

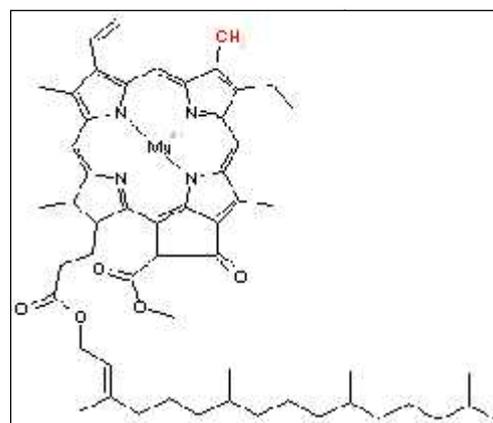


Figure: 1 Chlorophylle a

Les chlorophylles a et b ne diffèrent que d'un groupement chimique (méthyle -CH₃ pour la chlorophylle a et aldéhyde -CHO pour la b) sur le noyau de chlorine (HELLER,1989).

III-3-Propriétés physiques de la chlorophylle

Les chlorophylles sont solubles dans l'alcool et les solvants des lipides. Cependant la molécule de chlorophylle apparaît comme dipolaire avec une longue chaîne phytol de 20Angstroms de long environ, hydrocarbonée et donc fortement hydrophobe et un noyau tétra pyrrolique de 10 Angströms(A°) de côté environ qui est assez hydrophile malgré les groupements qui l'entourent. Bien que la chlorophylle soit insoluble dans l'eau elle s'oriente facilement au contact entre une phase aqueuse et une phase lipidique. Cette capacité d'orientation joue un grand rôle dans la disposition de la chlorophylle in vivo dans les chloroplastes et dans la formation de longs feuillettes de molécules de chlorophylle parallèles qui est une condition de l'activité photosynthétique du pigment (BINE et PBRUNEL,1968).

III-3-1-Spectre d'absorption

La connaissance des spectres d'absorption des chlorophylles et des pigments surnuméraires des chloroplastes revêt une grande importance dans la compréhension du mécanisme de la photosynthèse (BINE et PBRUNEL,1968).

La chlorophylle vient d'un pigment vert trouvé dans les cyanobactéries et les chloroplastes des algues et des plantes. La chlorophylle est une biomolécule extrêmement importante, essentielle dans la photosynthèse, ce qui permet aux plantes d'absorber l'énergie de la lumière.

- Certaines radiations sont électivement absorbées par la *chlorophylle a* et il sera facile de démontrer que ce sont surtout elles qui fournissent l'énergie lumineuse nécessaire à l'assimilation du gaz carbonique. Parmi les raies d'absorption les plus importantes, il faut signaler (BINE et PBRUNEL,1968).

- La chlorophylle absorbe la lumière la plus forte dans la partie bleue du spectre électromagnétique, suivie par la partie rouge. Cependant, il est un absorbeur pauvre de parties vertes et quasi-vertes du Spectre, d'où la couleur verte de la chlorophylle contenant des tissus.

- * Une large bande dans le rouge vers 660 millimicrons,

* Deux bandes moins sombres respectivement dans l'orange et le jaune (610 et 570 millimicrons),

* Une absorption pratiquement négligeable dans le vert d'où la couleur de la chlorophylle,

* Une bande large et presque continue dans le bleu-indigo-violet jusqu'à la limite la plus réfrangible du spectre visible (430-410 millimicrons) (**HELLER et all,1998**).

* Les pigments caroténoïdes absorbent surtout les radiations bleues et violettes. Le spectre de la chlorophylle brute de l'addition de ces effets.

III-3-2-Fluorescence de la chlorophylle

Traversée par des rayons ultra-violetts émis par une lampe de Wood, la chlorophylle s'éclaire. Elle restitue des radiations visibles. Cette fluorescence très forte in vitro est d'autant plus faible dans les chloroplastes que la photosynthèse est plus intense. Le fait a une signification énergétique profonde : l'énergie lumineuse captée est alors utilisée à fins ; elle est surtout transformée en énergie chimique (**BINE et PBRUNEL,1968**).

III-4-La biosynthèse des chlorophylles

Elle nécessite divers éléments, en particulier du Mg ; en son absence les tissus restent jaunâtres, c'est la chlorose magnésienne et du fer.

Elle nécessite, plus souvent de la lumière. Les organes aériens de la plupart des plantes supérieures, formés et maintenus à l'obscurité, ne verdissent pas. Non seulement ils s'allongent anormalement, mais ils gardent un aspect jaunâtre dû à la présence dans les plastides de xanthophylle. Ils sont étiolés.

A l'obscurité, se forme dans les chloroplastes un précurseur de la chlorophylle, la protochlorophylle, qui est normalement activée en chlorophylle par réduction. Cette réduction n'est généralement possible qu'à la lumière ; il s'agit alors d'une photoréduction. Elle exige également une température minimum, une bonne oxygénation des tissus et la présence de fer. La carence en fer les feuilles restent jaunâtres, c'est la chlorose ferrique (**BINE et PBRUNEL,1968**).

Le phosphore est un élément rare de monde minéral. Il est souvent le facteur limitant de la production végétal ; il existe une corrélation entre la concentration en chlorophylle et la concentration en phosphore (**EUGENE , 2001**).

La synthèse de la chlorophylle exige la présence de soufre bien que cet élément ne figure pas dans sa molécule ; et la carence en soufre entraîne une chlorose particulièrement spéculaire (**HELLER, 1969**).

III-5-Les facteurs influencent sur la chlorophylle

La chlorophylle en solution est facilement détruite par oxydation. Une lumière intense active cette destruction. Dans les chloroplastes, la disposition des molécules de chlorophylle et leur association à des lipoprotéines assurent la stabilité et la protection du pigment assimilateur. De plus, l'accumulation d'anthocyanes dans les vacuoles épidermiques des feuilles soumise à un éclaircissement intense (rougissement des feuilles de vigne vierge,.....) augmente cette protection. Malgré tout les molécules de chlorophylle sont très rapidement détruites et remplacées. Une diatase, la chlorophyllase, catalyse le décrochement de divers radicaux de la chlorophylle, et en particulier du phytol (**BINE et PBRUNEL,1968**).

_L'influence de la température sur la teneur en pigments : l'analyse des pigments de trois lots d'algues, cultivés respectivement à 30°, 40° et 50°C, montre que leur teneur en chlorophylle diminue avec l'élévation de la température de culture tandis que leur teneur en phycocyanine est maximum pour la température de 40°C et minimum pour celle de 50°C (**YVETTE ET SACLAY, 1963**).

_Une étude statistique réalisée sur le palmier dattier, présente la relation du milieu avec le taux de chlorophylle. L'analyse des corrélations montre que le taux de chlorophylle diminue dans les régions salines (**GHEZOUL,2008**).

_La destruction de la chlorophylle concerne aussi bien les cellules vivantes et/ou mourantes que les tissus morts. Cette destruction peut être associée à des changements importants dans le cycle de vie de l'organisme (affaiblissement, adaptation à un nouveau milieu), à un continuel renouvellement de la chlorophylle («turne -over » cellulaire) et à la mort prématurée (provoquée par la variation de la température, les polluants,... ; digestion par un autre organisme ; maladie,...) Il fut spéculé que la chlorophylle était réutilisée lors d'un processus endogène pour la biogénèse des caroténoïdes secondaires dans certaines algues vertes.

_ La dégradation de la chlorophylle dans les plantes sert certainement à empêcher l'accumulation de tétrapyrroles photodynamiquement actifs durant le processus de vieillissement pendant lequel les nutriments sont relocalisés (**FOLLY, 2000**).

Partie pratique

Résultat et
discussion

I-Matériels et méthodes**I-1-Matériel****I-1-1-Matériel végétal**

Le matériel végétal utilisé est composé de semences de blé dur (*Triticum durum*) variété *carioca*, d'origine française (R2), c'est une variété à maturité précoce dont la hauteur de la tige est moyenne. Elle est inscrite au catalogue officiel des variétés cultivées en 2005 (MIHOUB, 2012)

I-1-2-Caractéristique agronomiques de la variété CARIOCA

-Précocité épiaison: très précoce

-Précocité maturité: très précoce

-Hauteur: moyenne

-Résistance à la verse: peu sensible

-Poids mille grains: élevé

-Qualité:

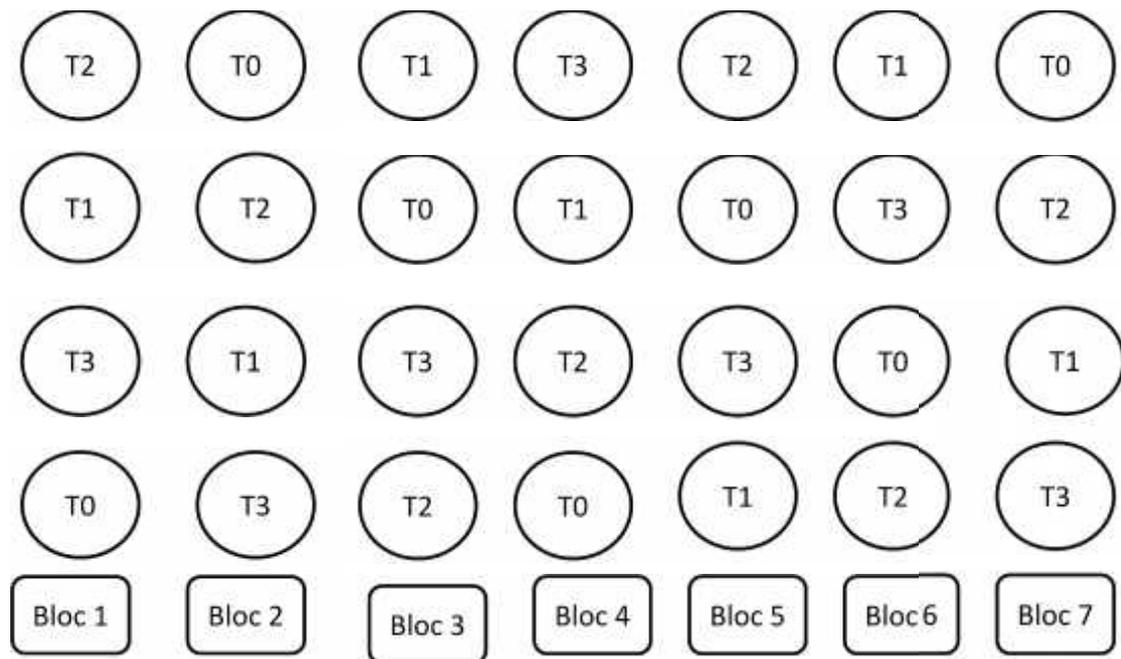
- Couleur moyenne
- Bonne ténacité
- peu sensible à la moucheture
- Assez sensible au magasinage

(BEN HEBIRECHE et DJAFOUR, 2011)

I-2-Méthodes**I-2-1- Dispositif expérimental**

L'étude a été conduite dans une serre, à l'exploitation de l'université de Ouargla. Le dispositif expérimental adopté est en blocs aléatoires complets comprend 4 traitements et 7 blocs (répétitions pour chaque traitement) et chaque traitement est constituée d'une série de pots de 10 plantes, les plantes sont traitées avec solution nutritive de HOAGLAND (1937).

Figure 3. Schéma de la dispositif expérimental



I-2-2. Préparation du matériel de culture

I-2-2.1. Préparation du substrat de culture

Le substrat de culture utilisé est le sable des dunes ayant subi:

- *Un tamisage approprié afin de supprimer les différents débris et déchets dans le but d'obtenir un sable fin,
- *Un traitement à l'esprit de sel pour éliminer les carbonates, les chlorures, etc....,
- * Des lavages successifs à l'eau filtrée,
- *Des rinçages répétés à l'eau distillée sont appliqués afin d'essayer d'éliminer toute trace de chlore,
- * Et enfin, un séchage. Un test au nitrate d'argent 5% (AgNO_3) a été réalisé pour vérifier la pureté du substrat concluant la limpidité de la solution.

I-2.2. 2-Préparation des pots et repotage du sable

Des pots en plastique de 18cm de diamètre et de 23 cm de hauteur sont remplis par une quantité de 2000 g de sable .Cette valeur de poids est retenue pour déterminer la capacité de rétention de ce substrat. Cette caractéristique hydrique est nécessaire car elle permet le calcul des quantités de solution nutritive à apporter lors des arrosages .

Avant la mise en pot du substrat, le fond des pots est tapissé d'une couche de gravier afin d'assurer le drainage.

I-2-3-Germination

Au laboratoire, nous avons préparé au primitif les graines de leur bractée afin de faciliter la germination. Ensuite, les graines sont sélectionnées selon leur morphologie, leur taille, leur couleur et leur aspect sanitaire (absence de contaminations). Celles-ci sont imbibées par l'eau distillée et disposées dans l'étuve à 25°C pendant 24h pour la production des plantules.

I-2-4-Repiquage

Après l'apparition des racines, les plantules sont repiquées soigneusement à raison de dix plantules par pot, puis déposés sous serre. Tous les deux jours, ces plantules sont arrosées à la solution nutritive de HOAGLAND (1937) (Tableau 1) diluée au 1/1000ème et ramenée à 30% de la capacité de rétention du substrat

I-2-5- Préparation des solutions d'arrosage**I-2-5-1-La solution nutritive**

Au cours de l'élevage des plantes, l'arrosage se fait tous les deux jours à la solution nutritive. Elle se compose d'un ensemble de solutions mères de micro éléments et de macroéléments, rapportées dans le tableau 02.

Tableau1.Composition de la solution nutritive de HOAGLAND (1938)

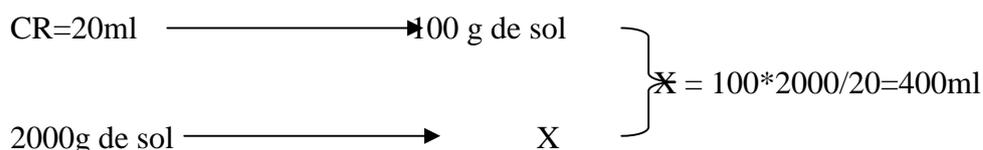
Composants	Nomenclature	Quantité en g/l
Nitrate de potassium	KNO ₃	191.90
Nitrate de calcium	(NO ₃) ₂ Ca 4H ₂ O	129.80
Nitrate d'ammonium	NO ₃ NH ₄	210
Sulfate de magnésium	SO ₄ Mg 7H ₂ O	61.5
Di-potassium hydrogénophosphate	PO ₄ K ₂ H 3H ₂ O	34.23
Chlorure de manganèse	Cl ₂ Mn 4H ₂ O	1.80
Sulfate de cuivre	Cu SO ₄ 5H ₂ O	0.176
Sulfate de zinc	Zn SO ₄ 7H ₂ O	0.219
Acide borique	H ₃ BO ₃	2.861
Molybdate d'ammonium	Mo ₇ O ₂₄ (NH ₄) 7H ₂ O	0.285
Complexe ferrique EDTA ferrique	(C ₁₀ H ₁₂ FeN ₂ NaO ₈)	0.050

I-2-6-Application du l'arrosage

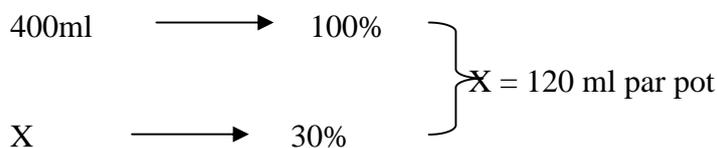
Appliqué de l'arrosage aux plantes de différentes solutions par la variation en dose de phosphore:

- * les plantes de témoins négatif (T0) reçoivent la solution nutritive sans phosphore(sans Di-potassium hydrogénophosphate);
- * les plantes témoins positif (T1) reçoivent la solution nutritive sans modification ;
- * les plantes traitement (T2) reçoivent la solution nutritive avec deux prise de phosphore(la quantité de Di-potassium hydrogénophosphate redoublée) ;
- * les plantes traitement (T3) reçoivent la solution nutritive avec trois prises de phosphore (la quantité de Di-potassium hydrogénophosphate redoublée trois fois).

I-2-6-1Calcul des quantités de solution nutritive à apporter lors des arrosages



L'arrosage est 30% dont les plantes reçoivent



1-2-7- Les paramètres climatique

La température et l'humidité sous serre prélever a 9:45.

Les valeurs de température sont comprises entre 16,8 et 38C°, la haute température enregistré le 27novembre, et la plus faible 20 décembre.

Les valeurs d'humidité sont comprises entre 37% et 80C°, la haute valeur enregistré 27novembre, et la plus faible 20 décembre.

La température augment jusqu'à 40°C a13 :30

calcium et 20 ml d'acétone 80% « L'alcool altéré les membranes des cellules et des chloroplastes qui libèrent leur chlorophylle ».

Filtrer à l'abri de la lumière pour éviter l'oxydation de la chlorophylle.

Procéder ensuite aux mesures spectrophotométrie (JENWAY 6300) à deux longueurs d'ondes ($\lambda = 645\text{nm}$ et $\lambda = 663\text{nm}$)

Le Calcul de la qualité de la chlorophylle est obtenu par la formule suivante :

- $\text{Chl a} = 12.7(\text{Do663}) - 2.69(\text{Do645})$
- $\text{Chl b} = 22.9(\text{Do645}) - 4.86(\text{Do663})$. (Hiscot ET Israelstam; 1978).
- $\text{Chl (a+b)} = 8.02(\text{Do645}) + 20.20(\text{Do663})$. (Brown ET White 1986).

II-Résultats et discussions**II-1-paramètres étudiées****II-1-1Le poids frais moyen (Pfm)****II-1-1-1Effet de la dose du phosphore sur le poids frais moyen(g) après 30 jours**

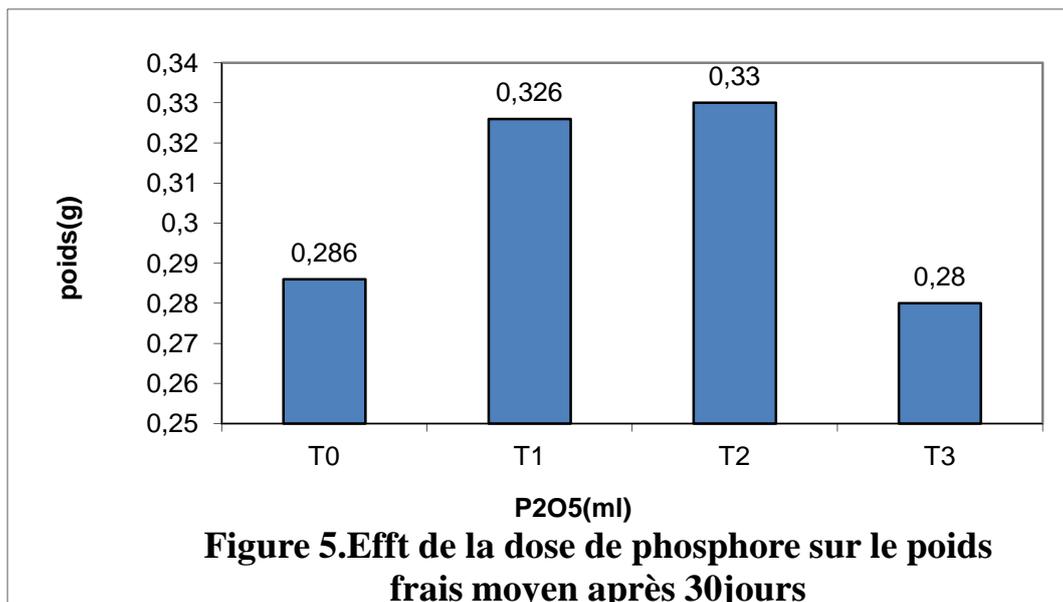
Tableau 2. Effet de la dose de phosphore sur le poids frais moyen après 30 jours(g)

P f m	T0	T1	T2	T3	Moyenne Général
Moyenne	0,286	0,326	0,330	0,280	0,3055

Nous enregistrons que le poids frais moyen agrandi par l'augmentation de la dose du phosphore notés chez les feuilles des plantules témoins et ceux traitées par la solution nutritive sans phosphore est 0,286g, cette valeur passe à 0,326g constaté avec la dose T1 pour atteindre son optimum a T2 (0,330g). puis il diminuée à T3 (0,280g),

La matière fraîche est composée de l'eau et de la matière sèche, et cette dernière est constituée de matières minérale et organique. Une relation proportionnelle entre la teneur en matière sèche et celle de la matière fraîche est donc établie. Quand la teneur en matière sèche augmente celle de la matière fraîche augmente aussi et inversement.

CAMPBELL et SAGE (2002) ont montré que la biomasse sèche aérienne et racinaire et la surface foliaire de jeunes plantes de lupin âgées de deux semaines après germination ont doublé quand la concentration en CO₂ a augmenté uniquement sous une forte disponibilité en Phosphore.



II-1-1-2 Effet de la dose du phosphore sur le poids frais moyen(g) après 45 jours

Tableau 3. Effet de la dose de phosphore sur le poids frais moyen après 45 jours(g)

P f m	T0	T1	T2	T3	Moyenne général
Moyenne	0,524a	1,049a	1,257a	1,203a	1,008

L'analyse de variance du tableau (12), montre l'effet significatif de la dose de phosphore sur le poids frais moyen.

Le test-Newman-Keuls relatif à l'effet des doses de phosphore sur ce paramètre a fait ressortir un seul groupe a. Le coefficient de variation est de 49% .

Nous enregistrons que le poids frais moyen élève par l'augmentation de la dose du phosphore notés chez les feuilles des plantules témoins et ceux traitées par la solution nutritive sans phosphore est 0,524g, cette valeur passe à 1,049g constaté avec la dose T1 pour atteindre son optimum à T2 (1,257g), puis baissé vers T3 (1,203g).

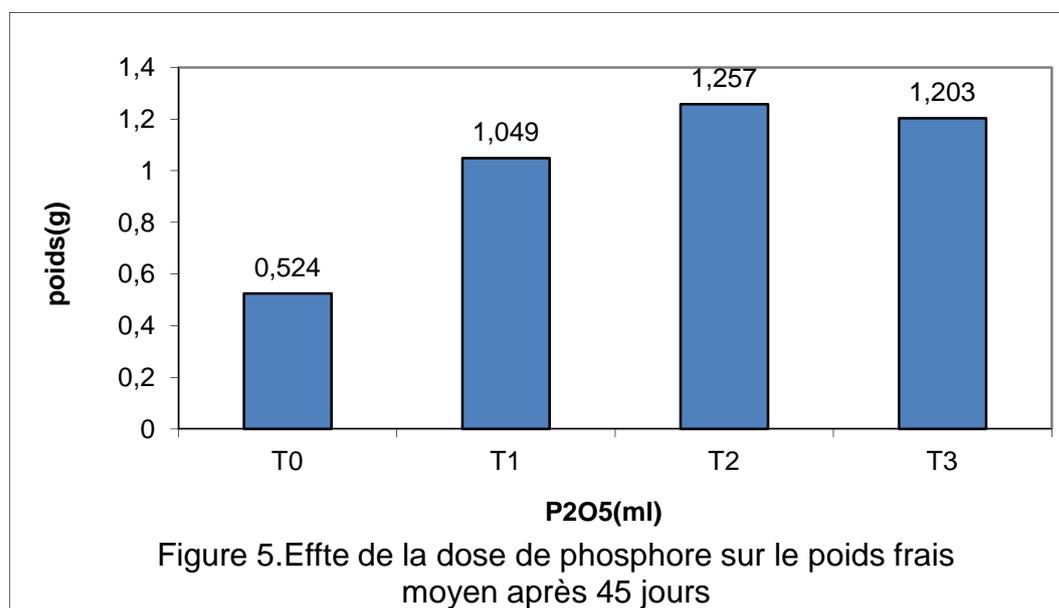
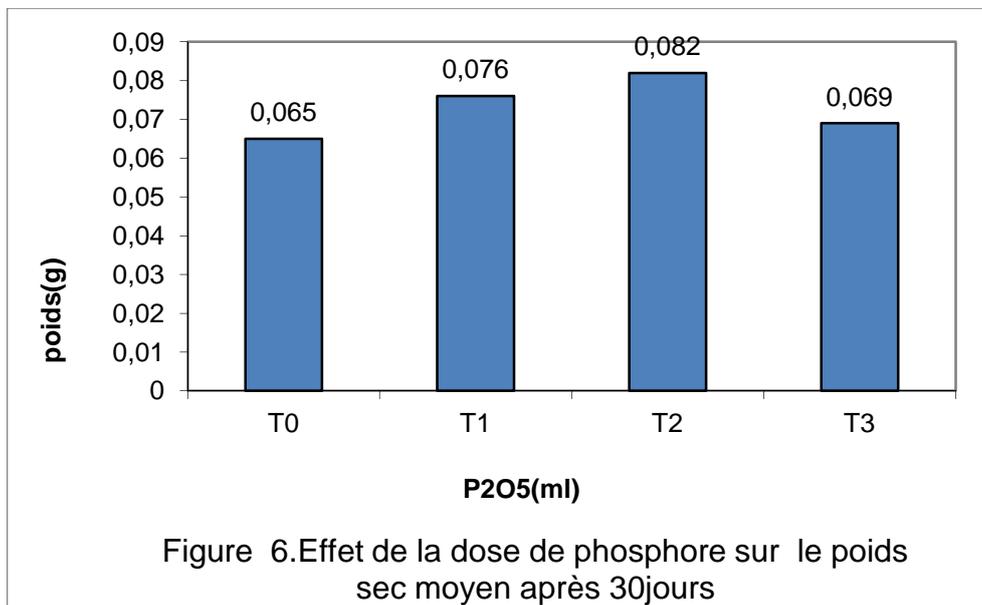
**II-1-2- Le poids sec moyen (Psm)****II-1-2-1 Effet de la dose du phosphore sur le poids sec moyen(g) après 30 jours**

Tableau 4 . Effet de la dose du phosphore sur le poids sec moyen(g) après 30 jours

Psm	T0	T1	T2	T3	Moyen général
Moyen	0,065	0,076	0,082	0,069	0,073

Nous remarquons que le poids sec moyen augmente avec l'augmentation de la dose du phosphore écrits chez les feuilles des plantules témoins et ceux traitées par la solution nutritive sans phosphore est de 0,065g, ce taux passe à 0,076 constaté avec la dose T1 pour atteindre son optimum à T2 0,082g, puis diminue à T3 0,069g ;

Les études menées par **GROOT et al (2001)** sur des plantules de tomate cultivées en milieu hydroponique dans une chambre de culture sous conditions contrôlées montrent que la biomasse sèche des plantes augmente à la fois avec l'augmentation de la disponibilité en P et le niveau de l'éclairage.



II-1-2-2 Effet de la dose du phosphore sur le poids sec moyen(g) après 45 jours

Tableau 5 .Effet de la dose du phosphore sur le poids sec moyen après 45 jours(g)

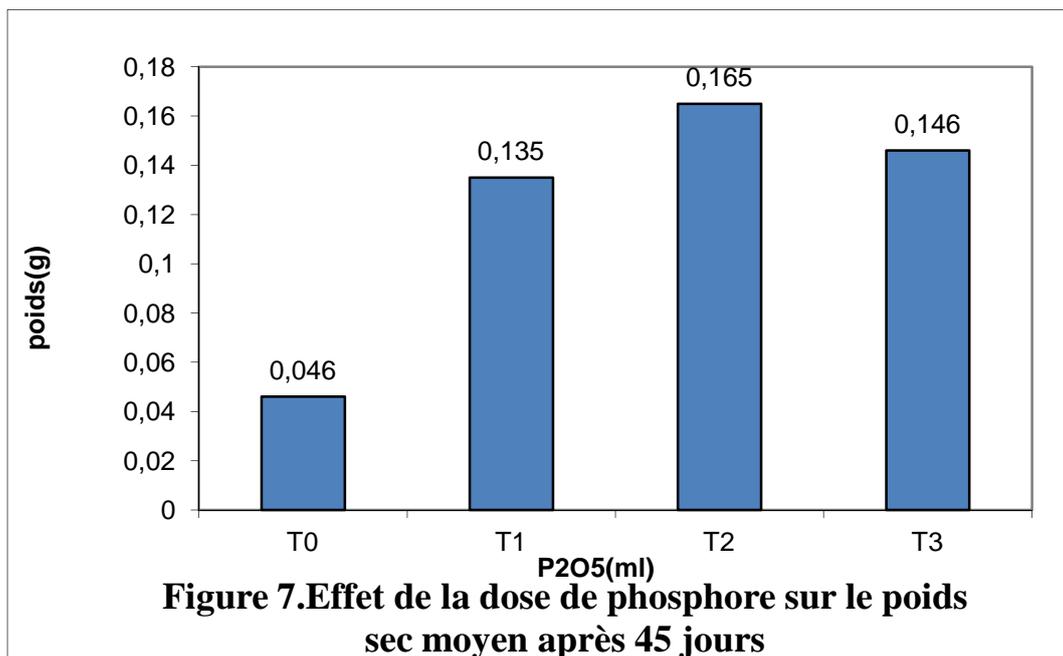
	T0	T1	T2	T3	Moyenne général
poids sec moyen					
Moyenne	0,046A	0,135A	0,165A	0,146A	0,123

L'analyse de variance du tableau (5), montre qu'il n'existe pas de différence significative entre les différentes doses du phosphore pour le paramètre poids sec moyen du blé.

Nous remarquons que le poids sec moyen augmente par l'augmentation de la dose du phosphore chez les feuilles des plantules témoins et ceux traitées par la solution nutritive sans phosphore est de 0,046g, ce taux passe à 0,135g constaté avec la dose T1 pour atteindre son optimum à T2 0,165g, puis diminue à T3 0,146g ; le coefficient de variation est 26,53%

Le test-Newman-Keuls relatif à l'effet des doses de phosphore sur ce paramètre a fait ressortir un seul groupe.

Nos résultats concordent à ceux de **GERVY (1970)** qui montrent que la teneur en matière sèche augmente par l'augmentation de la concentration du phosphore, dans la très grande majorité des cas, indépendamment de la richesse du sol, l'ajout du phosphore dans les démarreurs a favorisé l'accumulation de matière sèche des plantules du maïs évaluée au stade de croissance d'environ 7 feuilles. La valeur de cette augmentation diminue au fur et à mesure que la richesse des sols augmente..



II-1-3-La teneur en chlorophylle (a)

II-1-3-1 Effet du phosphore sur la teneur en chlorophylle (a)($\mu\text{g/g}$ pf)après 30 jours

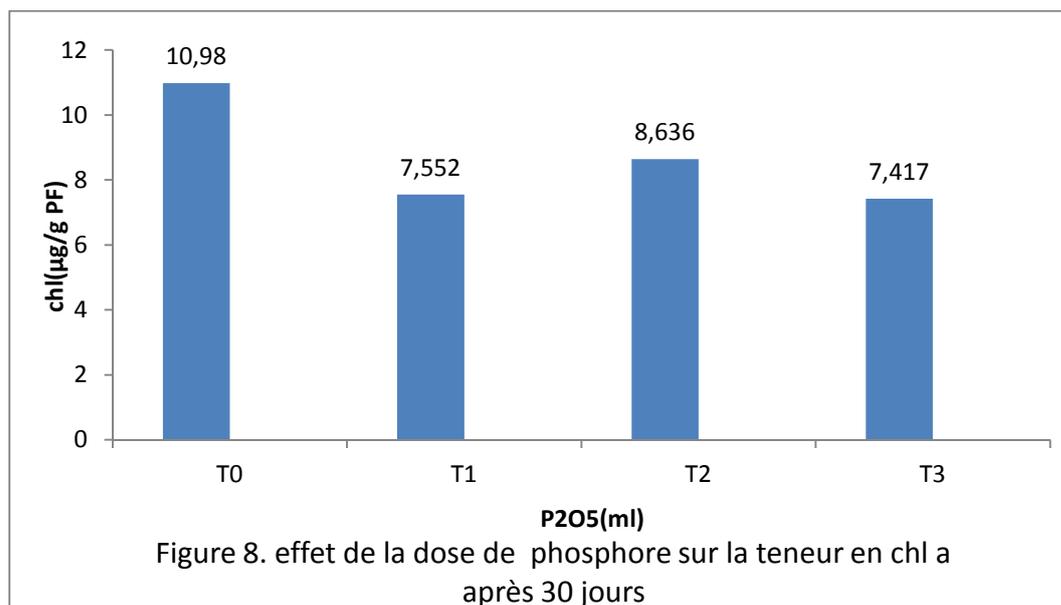
Tableau 6. Effet du phosphore sur la teneur en chlorophylle (a)($\mu\text{g/g}$ pf)après 30 jours

Chl a	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	Moyenne Générale
Moyenne	10,98	7,552	8,636	7,417	8,646

La teneur en *chlorophylle a* ne proportionne pas avec la dose du phosphore; est élevée au T₀(10,98 $\mu\text{g/g}$ PF), puis baisse à T₁ par 7,552 $\mu\text{g/g}$ PF et retour pour augment à 8,636 $\mu\text{g/g}$ chez T₂ et baisse à 7,417 $\mu\text{g/g}$ à T₃

La variation en la teneur en chlorophylle due à l'altération de l'état physiologique des plantes, causée par des conditions défavorables de l'environnement, se reflète rapidement au niveau des signaux lumineux et thermiques émis par les feuilles), la teneur en protéine(HADE,2002).

Sous un stress hydrique, une diminution de la teneur en chlorophylle est remarquée chez le blé dur. Nos résultats sont en parfait accord avec les travaux de TAHHRI *et al.* (1997) qui ont mis en évidence une augmentation de la teneur en proline foliaire sous l'effet du stress hydrique suivie par un abaissement dans les teneurs en pigments chlorophylliens totaux (Chlorophylles a et b).



II-1-3-2 Effet du phosphore sur la teneur en chlorophylle (a)($\mu\text{g/g}$ pf)après 45 jours

Tableau 7. Effet de la dose de phosphore sur le taux de la chlorophylle (a) $\mu\text{g/g}$ PF) après 45 jours

CHLA	T0	T1	T2	T3	Moyenne général
Moyenne	18,23B	22,46A	14,69C	20,03AB	18,854

L'analyse statistique de variance sur le tableau (7) montre qu'il n'existe pas de différence significative entre les différentes doses du phosphore pour le paramètre teneur en chlorophylle (a) (CHLA), les résultats varient entre 22,46 $\mu\text{g/g}$ et 14,69 $\mu\text{g/g}$.

Nous constatons que la teneur en chlorophylle (a) enregistré chez les témoins est de 18,23 $\mu\text{g/g}$ PF, cette valeur augmente pour atteindre une valeur 22,46 $\mu\text{g/g}$ PF chez T1. A T2, la teneur en chlorophylle a atteint 14,69 $\mu\text{g/g}$ PF ; puis augmente en T3 par 20,03 $\mu\text{g/g}$ PF.

Le coefficient de variation est 33,3%

Le test-Newman-Keuls relatif à l'effet des doses du phosphore sur ce paramètre a fait ressortir quatre groupes regroupant les quatre doses.

Le groupe (a) présente par la dose T1 (22,46 $\mu\text{g/g}$)

Le groupe (b) présente par la dose T3 (20,03 $\mu\text{g/g}$)

Le groupe (ab) présente par la dose T0 (18,23 $\mu\text{g/g}$)

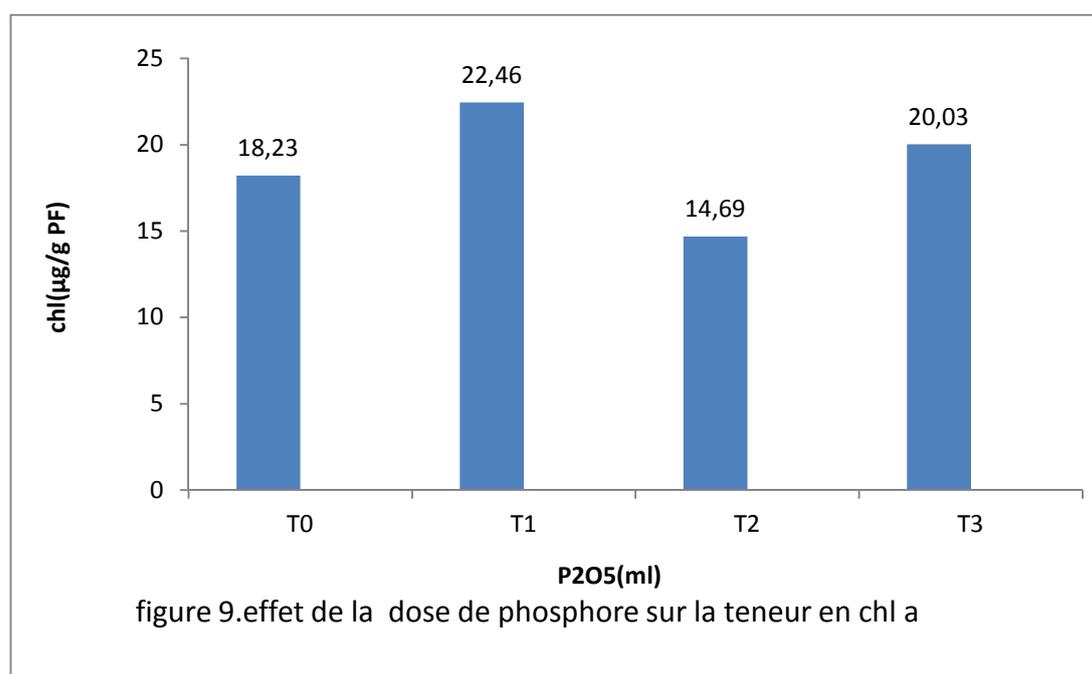
Le groupe (c) présent par T2 (14.69 $\mu\text{g/g}$)

La chlorophylle (a) est considérée comme étant un indicateur de l'abondance (biomasse). Étant à la base de la chaîne alimentaire, il détermine la productivité, c'est-à-dire le taux de production de la matière organique. Équilibrée, cette productivité est le reflet d'une santé. Toutefois, une productivité trop importante pourrait être une indication d'un trop grand enrichissement par les matières nutritives et plus particulièrement par le phosphore (HADE,2002).

Cette relation proportionnelle entre la dose du phosphore, la teneur en chlorophylle et la quantité de matière sèche produite est clairement apparente entre T1 et T0, et la même chose pour le poids sec.

La diminution de la teneur en chlorophylle *a* en T3 et celle de la valeur du poids sec peut être interprétée par le fait que la dose du phosphore est devenue en excès des besoins des plantes et qu'il leurs a provoqué une toxicité introduite par la baisse de leur teneur en chlorophylle et ainsi de la quantité de la matière sèche qu'elles donnent.

Dans ce contexte **BENSEGHIR (2006)** trouve que la teneur élevée en phosphore diminue la concentration des oligo-éléments.



II-1-4-Teneur en chlorophylle (b)

II-1-4-1 Effet du phosphore sur la teneur en chlorophylle (b)(µg/g pf) après 30 jours

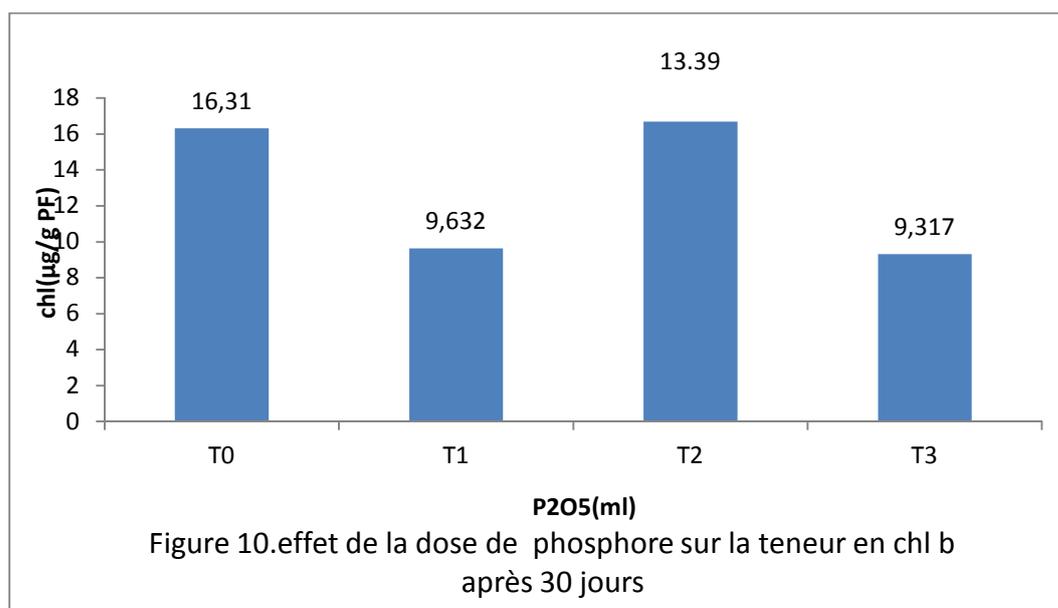
La **chlorophylle b** est une forme de chlorophylle de couleur jaune qui absorbe essentiellement la lumière bleue et qui est davantage soluble en milieu aqueux de la chlorophylle *a* en raison de son groupe carbonyle.

Tableau 8. effet de la dose de phosphore sur la teneur en Chl b(µg/g PF) après 30jours

CHL B	T0	T1	T2	T3	Moyenne général
Moyenne	16,31	9,632	13,39	9,317	12,98

La teneur en *chlorophylle b* ne proportionne pas avec la dose du phosphore; Cette dernière s'élève au T0(16,31/µg PF), puis baisse à T1 par 9,632 µg/g PF et retour pour augmenter à 16,69 µg/g en T2 et baisse à 9,317 µg/g à T3

Selon FOLLY (2000), la variation est due à des facteurs endogènes comme la physiologie (photosynthèse, respiration l'état sanitaire), la teneur en protéine et les facteurs externes (température et humidité).



II-1-4-2 Effet du phosphore sur la teneur en chlorophylle (b)(µg/g pf) après 45 jours

Tableau 9. Effet de la dose du phosphore sur la teneur en Chl b(µg/g PF) après 45 jours

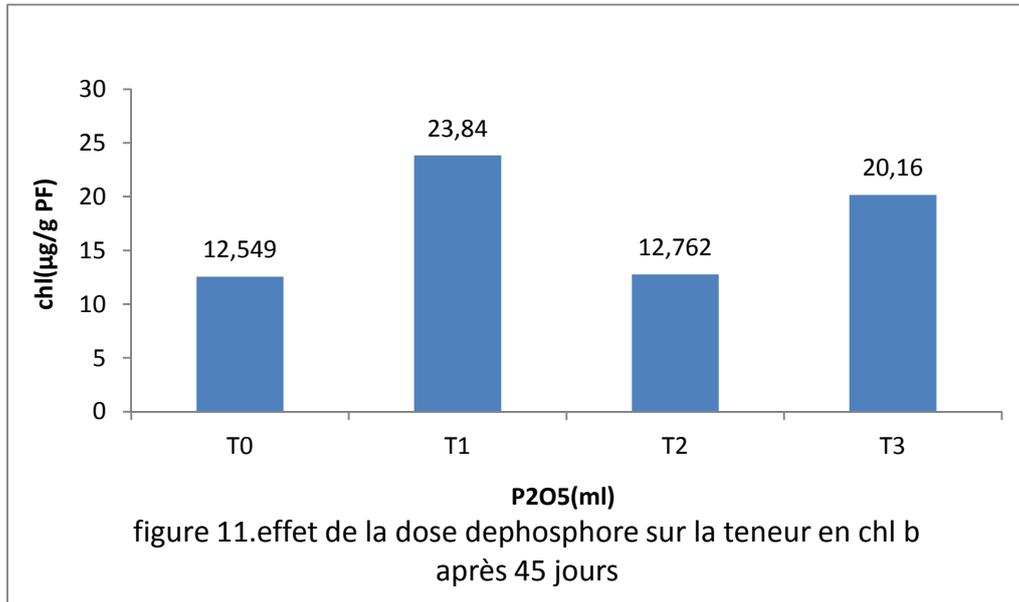
CHLB	T0	T1	T2	T3	Moyenne général
Moyenne	12,549C	23,840A	12,762C	20,160B	17,328

L'analyse statistique de variances du tableau (9) montre qu'il n'existe pas de différence significative entre les différentes doses du phosphore pour le paramètre de la teneur en *chlorophylle b* du blé. On constate que les coefficients de variation sont très élevés ce qui masquerait les différences éventuelles entre les différents traitements.

Le coefficient de variation est de 52,8%

Le test-Newman-Keuls relatif à l'effet des doses du phosphore sur ce paramètre a fait ressortir trois groupes regroupant les quatre doses.

- Le groupe (a) présente par la dose T1(23,840 $\mu\text{g/g}$)



➤

- Le groupe (b) présente par la dose T3 (20,160 $\mu\text{g/g}$)
- Le groupe (c) présente par les doses T2 (12,762 $\mu\text{g/g}$) et T0(12,549 $\mu\text{g/g}$).

La figure (7) montre une augmentation du taux moyen en *chlorophylle b* de T0 teneur (12,55 $\mu\text{g/g}$) à T1 de l'ordre 11,29 $\mu\text{g/g}$ PF, pour diminuer en T2 par 11,08 $\mu\text{g/g}$ PF, puis augmente en T3 par 7,4 $\mu\text{g/g}$ PF

Les variations enregistrées dans ce graphe étaient les mêmes que celles enregistrées dans le graphe de la chlorophylle a.

Nos résultats étaient similaires que ceux enregistrés par **FOLLY (2000)** qui a signalé que le taux de la *chlorophylle b* est lié à la teneur en *chlorophylle a*. En effet, la production de *chlorophylle b*, ajoutent **HELLER et al., (1998)**, implique l'intervention d'une oxygénase qui va conduire au remplacement du groupement méthyle du noyau B de la *chlorophylle a* par un groupement-CHO

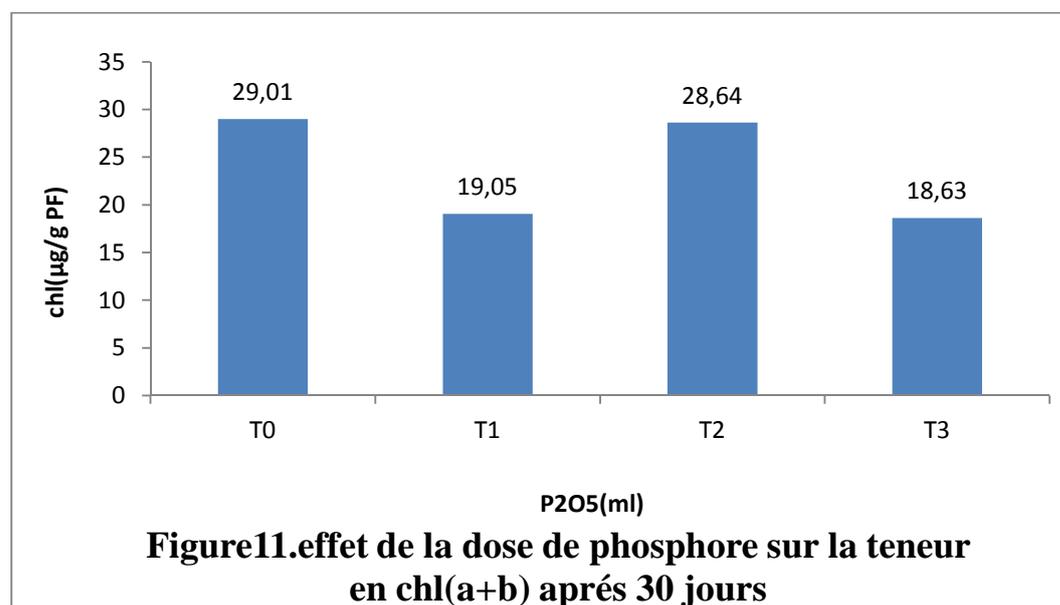
II-1-5-Teneur en chlorophylle (a+b) :**II-1-5-1 Effet du phosphore sur la teneur en chlorophylle (a+b)($\mu\text{g/g}$ pf)après 30 jours**

Tableau 10. Effet de la dose de phosphore sur la teneur en Chl(a+b) ($\mu\text{g/g}$ PF) après 30 jours

CHLA+B	T0	T1	T2	T3	Moyenne général
Moyenne	29,01	19,05	28,05	18,63	

La teneur en *chlorophylle a+b* ne proportionne pas avec la dose du phosphore; Cette dernière s'élève au T0(29,01 $\mu\text{g/g}$ PF), puis baisse à T1 par 19,05 $\mu\text{g/g}$ PF et retour pour augmenter à 28,05 $\mu\text{g/g}$ en T2 et baisse à 18,63 $\mu\text{g/g}$ à T3

Nos résultats ont mis en évidence une augmentation de la teneur moyenne en chlorophylle a et b avec l'augmentation de la dose du phosphore . nos résultats confortent ceux obtenus par **HADE (2002)** en travaillant sur les plantes chlorophylliennes dans un milieu aquatique.



II-1-5-2 Effet du phosphore sur la teneur en chlorophylle (a+b)($\mu\text{g/g}$ pf)après 45jours

Tableau 11 . L'effet de la dose de phosphore sur la teneur en chlorophylle (a+b) ($\mu\text{g/g}$ PF)après 45 jours

CHLA+B	T0	T1	T2	T3	Moyenne général
Moyenne	39,960C	53,916A	33,716D	47,537B	43,782

L'analyse de la variance à un critère de classification du tableau (11) ; montre qu'il y'a une différence non significative de l'effet de phosphore sur la teneur en chlorophylles (a+b).

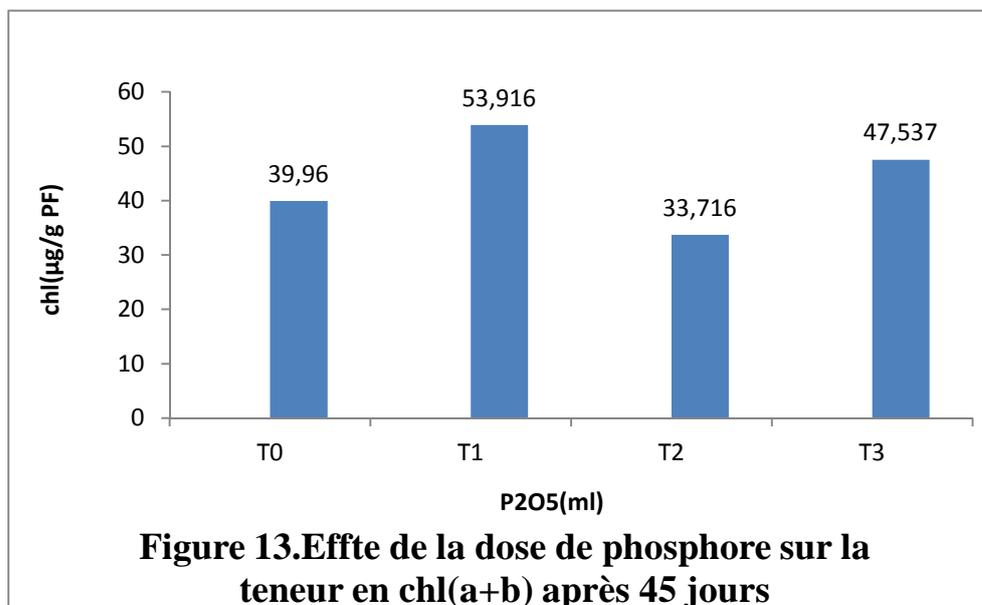
Le coefficient de variation est 35,9%

Le test-Newman-Keuls relatif à l'effet des doses du phosphore sur ce paramètre a fait ressortir quatre groupes regroupant les quatre doses.

- Le groupe (a) présente par la dose T1 (53,916 $\mu\text{g/g}$)
- Le groupe (b) présente par la doseT3 (47,537 $\mu\text{g/g}$)
- Le groupe (c) présente par la dose T0 (39,960 $\mu\text{g/g}$)
- Le groupe (d) présent par la doseT2 (33,716 $\mu\text{g/g}$)

La chlorophylle (ab) augment de T0 àT1 par13,956 $\mu\text{g/g}$ qui indique la présence de l'effet de phosphore sur la chlorophylle ; mais diminue enT2 par 6,244 $\mu\text{g/g}$ par apport T0 ; puis augment par 7,577 $\mu\text{g/g}$ en T3

La teneur en *chlorophylle (a+b)* ne proportionne pas avec la dose du phosphore ; la grande teneur en *chlorophylle (a+b)* obtenue est (53,916 $\mu\text{g/g}$) avec T1, (47,537 $\mu\text{g/g}$) avec T3, (39,960 $\mu\text{g/g}$) avecT0 et le faible teneur (33,716 $\mu\text{g/g}$) en T2.

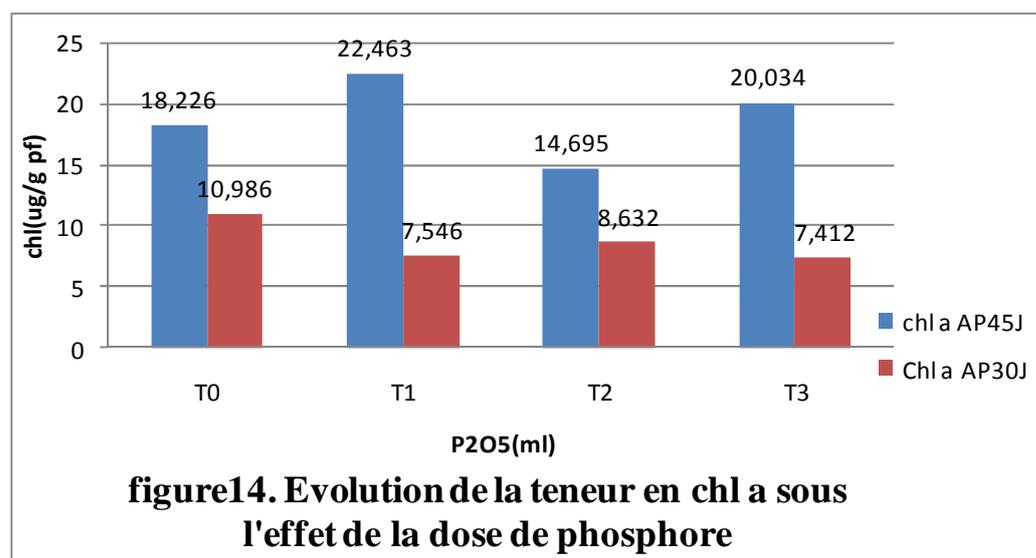


II-1-6-Evolution de la teneur en chlorophylle

II-1-6-1-Evolution de la teneur en chlorophylle a

À partir de figure 14 on remarquons l'évolution de la teneur en Chl a est augmenté avec la dose de phosphore pendant 45 jours, tandis que l'évolution de la teneur en Chl a pendant 30 jours est diminué avec la dose de phosphore.

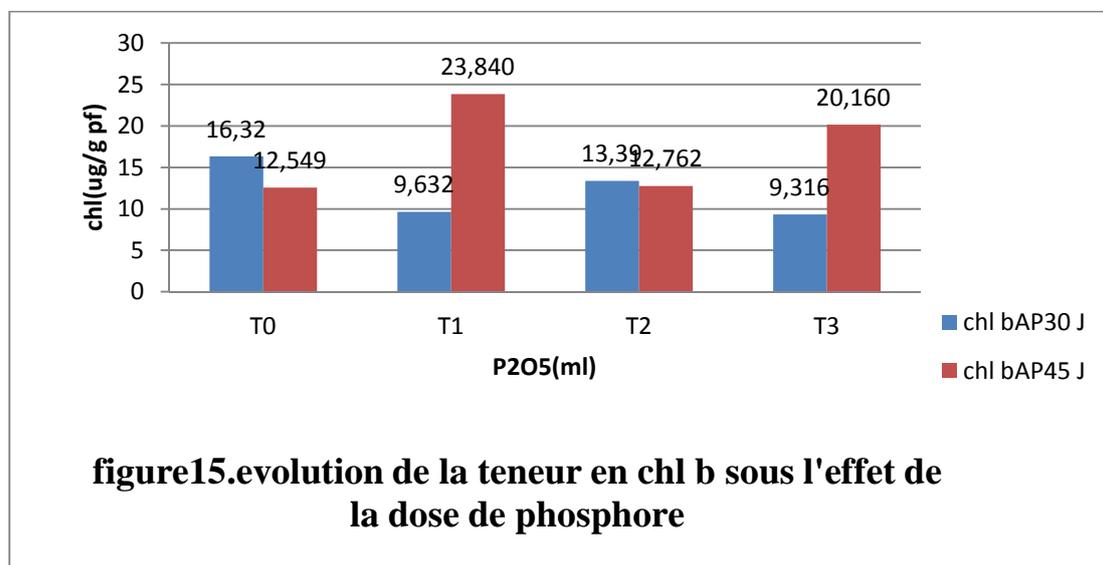
Cette variabilité est probablement due à la variation des surface des feuilles et l'intensité de la photosynthèse chez la plante et variation dans la cycle de vie de la plante



II-1-6-2-Evolution de la teneur en chlorophylle b

A partir de figure 15 on remarque que les résultats de l'évolution de la teneur en chlorophylle b ne se ressemblent pas pendant les deux périodes. Pendant la première période on a enregistré une augmentation de la teneur en chlorophylle b de T0 à T1 puis une diminution à T2, par contre cette même teneur se diminue de T0 à T1 et s'élève à T2 pendant 30 jours.

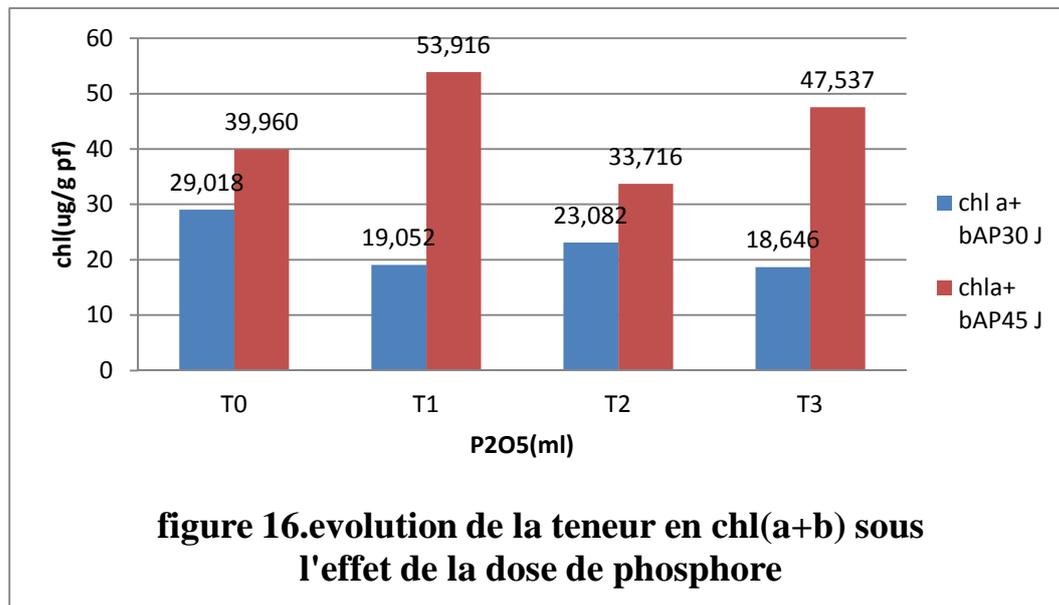
Comme celle de la chlorophylle a, cette variabilité est aussi due à la variation de la surface et nombre des feuilles, à l'intensité de la photosynthèse chez la plante et à la variation du cycle de vie de la plante (les stades de la développement de la plante).



II-1-6-3-Evolution de la teneur en chlorophylle (a+b)

L'évolution de la teneur en chlorophylle(a+b) présenté par la figure 15 montre une proportion inverse entre les teneurs en chlorophylle pendant les deux périodes. En T0 la teneur supérieur à T1 a30 jours, est T0 faible de T1 pour 45 jours.

Présentant la somme de la chlorophylle a et b, le graphe de la variation en chlorophylle a+b ne peut refléter que l'image des graphes de variation de ces deux chlorophylle.



conclusion

Conclusion

Conclusion :

A travers cette essai, nous avons mis en évidence l'effet de différentes doses de phosphore sur les paramètres physiologiques important qui sont la teneur en chlorophylle , le poids frais et le poids sec de variétés Carioca soumises à quatre concentrations de phosphore , il ressort que :

D'abord, le poids frais augment par l'augmentation de la dose du phosphore on observe un effet significatif de phosphore sur le poids frais moyen après 30 jours où le meilleur résultat est obtenu avec la dose T2 (0,330g) et significatif pour le poids après 45 jours où le meilleur résultat est obtenu avec la dose T2 (1,257g). Sur le poids sec moyen il augment par l'augmentation de la dose du phosphore, l'effet est non significatif après 30 jours où le meilleur résultat est obtenu avec la dose T2 0,082g, et non significatif pour le poids après 45 jours; le meilleur résultat obtenu avec T2 est (0.165g).

Par ailleurs, les résultats obtenus pour le dosage des chlorophylles, la chlorophylle (a) en particulier, montre une variation non proportionnelle avec la dose de phosphore, dont le meilleur résultat est obtenu avec la dose T0(10,98 μ g/g PF) après 30 jours et le meilleur résultat est obtenu avec la dose T1 (par 22,463) après 45 jours.

La meilleur teneur obtenus après 30 jours sont 16,69 μ g/g en T2 pour chlorophylle b et T0(29,01 μ g/g PF) pour la chlorophylle a+b., et la meilleure valeur de la teneur en chlorophylle (b) et chlorophylle (a+b) est enregistrée avec T1, (20,16) pour la chlorophylle b et (53,916) pour la chlorophylle (a+b) après 45 jours.

La teneur en chlorophylle varie par la variation de période et le stade de développement de la plante .

Un seul résultat ne permet pas de conclure à un effet des éléments nutritifs sur les paramètres biochimiques de la plante.

Pour cela on insiste sur la nécessité de répéter l'expérience plusieurs fois pour avoir des résultats plus significatifs et plus fiables.

Références

bibliographiques

Références bibliographiques

1. **AKERMA.K , 2009.** *LE jardin potager (produire ses légumes en toutes saisons.* Ed ISBN P63 ; pp8
2. **BEN HEBIRECHE N et DJAFOUR A,2011:** *effet de stress salin sur l'accumulation de la chlorophylle chez le blé dur.* Mémoire licence. Université Kasdi Merbah. P47
3. **BELAID D ,1986 :** *Aspect de la céréaliculture algérienne,* Ed- O.P.U, 217p.
4. **BINET. P ET J.P. BRUNEL , 1967 :** *physiologie végétale.* Ed DOIN. France, pp72 ; P439
5. **BINET. P ET J.P. BRUNEL , 1968:** *physiologie végétale.* Ed DOIN. France,; 788 P.
6. **BENSEGHIR Abderrahim 2006.** *Contribution à l'étude de l'état nutritionnel par la méthode du diagnostic foliaire de trois variétés d'abricotier (Prunus armeniaca L.) en zone aride (commune de Doucen - w. Biskra)* Université de Biskra - ingénieur
7. **BOUDREAU &GREGOURE,1992.** *Le Blé éléments fondamentaux et transformation.* Paris. Pp 172
8. **BOULELOUAH N,2002.** *Analyse de la variabilité génotypique de l'absorption de l'azote chez le blé tendre.*DEA.INA. Paris Grignon, 33p.
9. **CHARLES ,1976 :** *Diagnostic de la carence phosphorique des sols par symptomatologie végétale* annales de l'INA vol 22 pp 119-121.
10. **CLAUDE AUBERT , 2007:** *Le phosphore : élément essentiel à la vie mais avec un impact sur l'environnement lié aux activités humaines,* Ed ITAVI - Zoopôle Beaucemaine PLOUFRAGAN. P12
11. **DIEHL J.A, 1975 :** *Agriculture générale,* pp 205-211.
12. **ÉLIARD JEAN-LOUIS,1979 :** *manuel d'agriculture générale ; base de la production végétale* Ed J-B BAILIER. Pp99.P388
13. **EUGENE ANGELIER, 2001.** *Ecologie des eaux courantes* Ed Danger le Londres. Paris. New York. Pp 141, P199
14. **FARDEAU J. C, 1993.** *Le devenir du phosphore dans le sol et dans les systèmes sol plante. Perspectives agricoles n° :181-juin, pp : 17-22.*
15. **Fardeau JC (2005).** *Dynamique du phosphore et du potassium dans le système sol plante.*Dans « *Fertilisation P-K : raisonner pour agir* », ARVALIS Institut du Végétal, p. 12-19

Références bibliographiques

16. **GACHON L, 1969.** *La fertilisation phosphatée.* Panorama des recherches récentes effectuées en France. Phosphore Agri., 53. 17 -26.
17. **GACHON LOUIS, 1988 :** *Phosphore et potassium dans les relations sol-plantes :* INRA. Paris
18. **GATE P; VIGNIER L; VADON B; MINOV D;LAFARGA A; et ZAIRI M, 1996.***Céréales en milieu méditerranéen un modèle pour limiter les risques climatiques.*Perspectives agricoles. N°27 : 59-66.
19. **GERVY R ,1970 :** *Les phosphates et l'agriculture.* Edition DUNOD, Paris. 298p.
20. **GHEZOULA SAMIRA , 2008 :** *contribution à l'étude de l'impact de l'environnement hydro édaphique sur le stress salin et la qualité des sucres de dattes de deux variété (Déglet-Nour et Ghars) dans le pédocpaysage de la cuvette de Ouargla.* Mémoire d'études supérieures Biochimie I.T.A.S Ouargla. P 61
21. **GOSSIN,1859.** *Principe d'agriculture.* Ed paris.733P
22. **HADE.A,2002.** Nos lacs – *les connaître pour mieux les protéger* La chlorophylle *Éditions Fides*, pp. 2 360 p.
23. **HAFSI M, 1990.** Influence de la fertilisation phospho-azotée sur la variété de blé dur (*Triticum durum*) «Mohamed Benbachir » cultivée dans les conditions des hautes plaines sétifiennes. E.N.S.A. 124p.
24. **HELLER.R , 1969:** *biologie végétale T2 Nutrition et métabolismes.* Ed MASSON et C^{ie} paris. P578
25. **HELLER RENE, ROBERT ESNAULT, CLAUDE LANCE, 1989:** *physiologie végétale 1-nutrition 6^e Édition DUNOD paris*, p292_294, p323.566P.
26. **INSTITUT FRANÇAISE DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE POUR LE DEVELOPPEMENT EN COOPERATION (IFRSDC), 1997:** *La rétention du phosphore dans les sols principes d'étude, modélisation, mécanismes et compartiments du sol impliqués: Éd Centre ORSTOM de Nouméa, France .P78*
27. **JEAN CANTIN,2003.** *effets des apports d'engrais minéraux phosphatés dans les démarreurs à maïs-grain en complément des apports de phosphore provenant des engrais de ferme selon la saturation en phosphore des sols,* Centre de services de St-Bruno. Canada. P 19
28. **JOHNSON P. (1993).** *foliar phosphate applications to potatoes. Symposium on plant health and the European Single Market,* Reading, ROYAUME-UNI

29. **KOTCHI Valère, YAO Kouamé Albert et Sitapha Diatta, 2012.** *Réponse de cinq variétés de riz à l'apport de phosphate naturel de Tilemsi (Mali) sur les sols acides de la région forestière humide de Man (Côte d'Ivoire)* .**Vol.15, Issue 2: 21****Publication date 30/9/2012,**
30. **LAMBERT J.C, 1979 :** « *La fertilisation phosphatée* » revue Cultivar. N °115, pp 96-97
31. **LOUE A, 1982 :** *Le potassium et les céréales.* Dossier K2O n°02, pp1-41.
32. **LUNA CM, González CA, Trippi VS, 1994.** *Oxidative damage caused by excess of copper in oat leave. Plant cell physiol.* 35:11-15
33. **MARCEL M ,2002 :** *Larousse agricole.* France. p767
34. **MARTIN PREVEL P, 1984 :** *L'analyse végétal dans le contrôle de l'alimentation des plantes tempérées et tropicales* pp 653-667.
35. **MASLE J, et MEYNARD J.M ,1981 :** *L'élaboration du nombre d'épis chez le blé d'hiver. Influence de différentes caractéristiques de la structure du peuplement sur l'utilisation de l'azote et de la lumière,* Thèse., Doctorat., INA, Paris, France, 274p.
36. **MEKLCHE A, 1983 :** *Contribution à l'établissement de la fertilisation azotée du blé d'hiver dans le haut Chélib.* Mémoire de magistère. I.N.A. Alger .81p.
37. **MIHOUB ADIL , 2012.***Dynamique du phosphore dans le système sol-plante en conditions pédoclimatiques sahariennes.* Thèse de MAGISTERE UNIVERSITE KASDI MERBAH100 p.
38. **PADMAJA K, PRASAD DDK, PRASAD ARK,1990.** *Inhibition of chlorophyll synthesis in Phaseolus vulgaris Seedlings by cadmium acetate. Photosynthetica.*;24:399-405.
39. **PATRICK FOLLY , 2000.** *Catabolisme de la chlorophylle b Structures, mécanismes et synthèses.* THESE grade de Docteur. Institut de Chimie Organique de l'Université de Fribourg (Suisse)
40. **RAZI S, 2006.** *Etude expérimentale de l'influence du gypse sur la dynamique du phosphore dans le sol et sa cinétique d'absorption par le Ray-grass.* Thèse. MAG. AGR. Batna: 3-36p
41. **SAGE,1879:** *analyse des blés, et expériences.* Ed Académie Royale des Sciences. Paris. P 137
42. **SOLTNER , 1988 :** *Les grandes productions végétales.* Les collections sciences et techniques agricoles, Ed. 16ème éditions 464P.

Références bibliographiques

43. **SOLTNER, 1998** : *Les grandes productions végétales*. Les collections sciences et techniques agricoles, Ed .17^{ème} édition, 464p.
44. **SOLTNER, 2001** : Les basses des productions végétales. Ed 23^{ème} T1 : le sol et son amélioration 464p
45. **SOLTNER ,2005** : *Les grandes productions végétales*, phytotechnie, Ed. 16^{ème} éditions 464P
46. **TEFIANES A, 1985** : *effet du régime hydrique et de la fertilisation phosphatée sur la luzerne pérenne (Medicago sativa)*
47. **YVETTE -GIF-SUR ET SACLAY, 1963** : *photosynthèse* ; Ed CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE. France- Paris 645 p.
48. **VOLKER PRASUHN ET RENE FLISCH, 2005** : *Le phosphore dans l'agriculture*; Ed UNIFA ; P6.

Annexe

Annexes

Annexe

Tableau 12. ANALYSE DE LA 1re VARIABLE : Pfm (Pfm) après 45 jours

ANALYSE DE VARIANCE

	S.C.E.	DDL	CARRES	MOYENS	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	8.20	27	0.30					
VAR.FACTEUR 1	2.35	3	0.78		3.21	0.0474		
VAR.RESIDUELLE 1	4.40	18	0.24				0.49	49.0%
F1 LIBELLES MOYENNES GROUPES HOMOGENES								
3 T2	1.26						A	
4 T3	1.20						A	
2 T1	1.05						A	
1 T0	0.52						A	

Tableau 13 ANALYSE DE VARIANCE DE LA 2e VARIABLE : Psm (Psm) après 45 jours

	S.C.E.	DDL	CARRES	MOYENS	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	12.27	27	0.45					
VAR.FACTEUR 1	1.32	3	0.44		0.98	0.4249		
VAR.RESIDUELLE1	8.05	18	0.45				0.67	26.53%
F1 LIBELLES MOYENNES GROUPES HOMOGENES								
3 T2	0.165						A	
4 T3	0.146						A	
2 T1	0.135						A	
1 T0	0.046						A	

Tableau 14. ANALYSE DE VARIANCE DE LA 3e VARIABLE : Chl a (Chl a) après 45 jours

	S.C.E.	DDL	CARRES	MOYENS	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	1158.51	27	42.91					
VAR.FACTEUR1	224.83	3	74.94		1.90	0.1646		
VAR. RESIDUELLE1)	709.58	18	39.42				6.2	33.3%
F1 LIBELLES MOYENNES GROUPES HOMOGENES								
3 T1	22.46						A	
4 T3	20.03						AB	
2 T0	18.23						B	
1 T2	14.69						C	

Tableau 15. ANALYSE DE VARIANCE DE LA 4e VARIABLE : Chl b (Chl b) après 45 jours

	S.C.E.	DDL	CARRES	MOYENS	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	2401.30	27	88.94					
VAR.FACTEUR 1	658.86	3	219.62		2.62	0.0816		
VAR. RESIDUELLE1	1509.32	18	83.85				9.16	52.8%
F1 LIBELLES MOYENNES GROUPES HOMOGENES								
3 T1	23.840						A	
4 T3	20.160						B	

Annexes

2 T2 12.762 C
 1 T0 12.549 C

Tableau 16 ANALYSE DE VARIANCE DE LA 5e VARIABLE : Chl (a+b) (Chl (a+b))

	S.C.E.	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	7170.05	27	265.56				
VAR.FACTEUR1	632.97	3	544.32	2.20	0.1217		
VAR. RESIDUELLE1	4444.84	18	246.94			15.71	35.9%

F1 LIBELLES MOYENNES GROUPES HOMOGENES

3 T1 53.916 A
 4 T3 47.537 B
 2 T1 39.96 C
 1 T2 33.716 D

Résumé

Ce travail a pour but d'étudier l'effet de la dose du phosphore sur les paramètres biochimiques du blé dur (variété *CARIOCA*) conduit sous serre à l'exploitation de l'ITAS en se basant sur l'analyse de variance des résultats faite sur la moyenne des poids frais, moyenne de poids sec et les chlorophylles (a, b et (a +b))

Les principaux résultats obtenus montrent

- Un effet significatif sur la moyenne de poids frais. Les meilleures valeurs sont obtenues au niveau de la dose T2 pour les deux périodes.
- Un effet non significatif pour la moyenne de poids sec. Les meilleures valeurs sont obtenues au niveau de la dose T2 pour les deux périodes.
- Un effet non significatif pour les chlorophylles. Les meilleurs valeurs sont obtenues au niveau de la dose T0 pour la première période et T1 pour la deuxième période

Mots clés : dose du phosphore -blé dur – moyenne de poids sec-période - moyenne de poids frais chlorophylles

Summary

This work aims to study the effect of phosphor dose on biochemical parameters of durum wheat (variety *CARIOCA*) conducted under a greenhouse situated in the ITAS. It is based on the analysis of variance results made on average fresh weight and dry weight from the chlorophylls (a, b and (a + b)). The main results show

- A significant effect on the average fresh weight. The best values are obtained at dose T2 for the tow periods.
- No significant effect on the average dry weight. The best values are obtained at dose T2 for the tow periods.
- An insignificant effect for chlorophylls. The best values are obtained at dose T0 for first period ,at T1 for second period.

Keywords: phosphate dose- durum - average dry weight - wet weight average –period-chlorophyll

إن الهدف الأساسي من هذا العمل هو دراسة تأثير التركيز على الخصائص البيوكيميائية للقمح الصلب "كاريوكا" أجريت في البيت البلاستيكي بمستثمره *ITAS* انطلاقا من تحليل النتائج المحققة على الوزن الحي, الوزن الجاف و اليخضور (, +)

أهم النتائج المتحصل عليها :

تأثير ايجابي على معدل الوزن الحي , و أحسن نتيجة متحصل عليها على مستوى التركيز T2 خلال الفترتين

تأثير سلبي على معدل الوزن الجاف , و أحسن نتيجة متحصل عليها على مستوى التركيز T2 خلال الفترتين

تأثير سلبي على معدل الاحتواء على اليخضور , نتيجة متحصل عليها على مستوى التركيز T0 ,at T1 خلال الفترة الثانية.

: التركيز الفسفوري - - - - - اليخضور (, +)