



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université des Frères Mentouri Constantine 1  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

جامعة الاخوة منتوري قسنطينة 1  
كلية علوم الطبيعة والحياة

**Département :** Biologie et Ecologie Végétale

**قسم :** البيولوجيا و علم البيئة النباتية

**Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master**

**Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie**

**Filière : Biotechnologies**

**Spécialité : Biotechnologie et Génomique Végétale**

Intitulé :

---

## **Contribution à l'étude et l'optimisation de la fertilisation minérale du blé dur ( *Triticum durum* Desf.)**

---

**Présenté et soutenu par : - ABDELLICHE Mohamed Seddik**

**- FERKHI Anis**

**Le : 08/07/2018**

**Jury d'évaluation :**

**Présidente du jury : Mme. YKHLEF Nadia (Pr. UFMC1)**

**Rapporteur : Mr. KELLOU Kamel (MAA. UFMC1)**

**Co-rapporteur : Mr. SAKHRI Mohamed El-Hadi (Directeur ITGC Khroub Constantine)**

**Examineur : Mr. BAZRI Kamel Eddine (MCA. UFMC1)**

*Année universitaire  
2017 - 2018*

## Remerciements

Nous tenons à remercier en premier lieu Dieu, le tout Puissant de nous avoir donné volonté et patience pour achever ce travail réalisé à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université Frères Mentouri Constantine1.

C'est avec plaisir que nous tenons à exprimer notre gratitude à Mr Kellou K, notre encadrant, qui a dirigé ce travail, nous a soutenues et nous a poussés à nous surpasser et à donner le meilleur de nous-même.

Nous remercions aussi notre Co-encadrant Mr Sakhri directeur de l'institut technique des grandes cultures qui a accepté de nous offrir un peu de son précieux temps durant ce modeste travail

Nos vifs remerciements s'adressent également aux membres de jury qui ont accepté de juger ce travail :

Pr Yakhlef N. Pour le grand honneur de présider le jury.

DR Bousbaa pour le grand honneur de présider le jury

Dr Bazri pour avoir bien voulu examiner ce travail.

Un grand merci à l'équipe du laboratoire dont Mr Belbekri, Mme Chafika, Mme Rima, pour tous les conseils qu'ils nous ont donné, pour toute l'aide qu'ils ont apporté et pour tous leurs encouragements et aussi Mr Sadek le responsable des laboratoires pédagogiques.

Et aussi l'équipe de l'institut technique des grandes cultures particulièrement Mme Salmi

Merci à tous les professeurs qui nous ont enseignées durant notre cursus universitaire en particulier Mr Benbelkacem et Mr Hamidechi et Mr Kellou ainsi que toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

*JE DÉDIE CE MÉMOIRE À :*

*MES PARENTS :*

*MA MÈRE, QUI A ŒUVRÉ POUR MA RÉUSSITE, DE PAR SON AMOUR, SON SOUTIEN, TOUS LES SACRIFICES CONSENTIS ET SES PRÉCIEUX CONSEILS, POUR TOUTE SON ASSISTANCE ET SA PRÉSENCE DANS MA VIE, REÇOIS À TRAVERS CE TRAVAIL AUSSI MODESTE SOIT-IL, L'EXPRESSION DE MES SENTIMENTS ET DE MON ÉTERNELLE GRATITUDE.*

*MON PÈRE, QUI PEUT ÊTRE FIER ET TROUVER ICI LE RÉSULTAT DE LONGUES ANNÉES DE SACRIFICES ET DE PRIVATIONS POUR M'AIDER À AVANCER DANS LA VIE. PUISSE DIEU FAIRE EN SORTE QUE CE TRAVAIL PORTE SON FRUIT ; MERCI POUR LES VALEURS NOBLES, L'ÉDUCATION ET LE SOUTIEN PERMANENT VENU DE TOI*

*À MES CHÈRES SŒURS LAMIA, NOUZHA, AOUATEF, SAMIRA ET HOUDA POUR LEURS ENCOURAGEMENTS PERMANENTS, ET LEUR SOUTIEN MORAL*

*À MES CHERS FRÈRES KAMEL, FOUZI, ADEL ET HATEM ET À TOUTE MA FAMILLE*

*À TOUS MES AMIS PARTICULIÈREMENT ; MON BINÔME ANIS, ABDOU ET YASSER (HATEM)*

*À MME NOUAR QUI A ENDURÉ AVEC NOUS ET NOUS A SUPPORTÉE PENDANT CES 2 DERNIÈRES ANNÉES MERCI BEAUCOUP*

*À TOUS MES PROFESSEURS*

*MES COLLÈGUES DE PROMOTION BIOTECHNOLOGIE ET GÉNOMIQUE VÉGÉTALE 2017/2018*

*MES AMIS ET TOUTES PERSONNES QUI ME SONT CHERS ;*

*POUR LE SOUTIEN QU'ILS M'ONT APPORTÉ,*

*POUR LEUR ENCOURAGEMENT, PATIENCE ET GENTILLESSE,*

*JE VOUS REMERCIE INFINIMENT*

*MOHAMED SEDDIK*





*Je dédie ce modeste travail à :*

*Mes chers parents, qui sont toujours près de moi, m'encouragent, me conseillent, avec tous les moyens, aucun mot, ne peut exprimer ce que vous méritez pour tous les sacrifices que vous n'avez pas cessée de me donner depuis ma naissance, merci que dieu vous garde et vous protège;*

*Mon frère ;*

*Mes sœurs ;*

*A toute la famille ;*

*A tous mes amis particulièrement ; mon binôme  
Mohamed, Abdou et Yasser (Hatem)*

*A Mme NOUAR qui a enduré avec nous et nous a supportée pendant ces 2 dernières années merci beaucoup*

*Mes collègues de promotion biotechnologie et génomique végétale 2017/2018 ;*

*Mes amis et toutes personnes qui me sont chers ;*

*Pour le soutien qu'ils m'ont apporté,*

*Pour leur encouragement, patience et gentillesse,*

*Je vous remercie infiniment.*

**ANIS**

## SOMMAIRE :

Introduction générale.....	1
Chapitre I : Synthèse bibliographique	
1) Origine du genre <i>Triticum</i> .....	3
2) Importance économique du blé.....	6
3) Stades phénologiques du blé.....	12
4) Caractéristiques morphologiques de la plante.....	15
5) Fertilisation minérale des cultures du blé dur.....	17
Chapitre II : Matériels et méthodes	
1) Présentation du matériel végétale.....	23
2) Dispositif expérimentale .....	24
3) Méthodologies de travail.....	28
Chapitre III : Résultats et discussions	
1) Paramètres morphologiques :.....	38
2) Paramètres biochimiques : .....	39
3) Paramètres physiologique.....	50
4) Composantes du rendement théorique :.....	52
5) Conclusion.....	58

## LISTE DES FIGURES

---

### Liste des figures :

<b>Figure 1 :</b> Origine géographique du blé Arzani (2018).....	4
<b>Figure 2 :</b> Schématisation qui montre l'origine génétique du blé Arzani (2018).....	5
<b>Figure 3:</b> Estimation de la production mondiale de blé en million de tonnes (2017-2018)...	7
<b>Figure 4 :</b> Exportations du blé de la Russie et des Etats-Unis.....	7
<b>Figure 5:</b> Classement des pays producteur de blé 2015-2017.....	8
<b>Figure 6:</b> Production nationale des céréales lors de la campagne 2016/2017.....	9
<b>Figure 7:</b> Superficies emblavées en céréales Anonyme E 2017.....	10
<b>Figure 8 :</b> Production du blé dur enregistré au niveau de la wilaya de Constantine pendant 4 campagnes agricoles.....	11
<b>Figure 9 :</b> Surfaces emblavées en blé dur au niveau de la wilaya de Constantine durant 4 campagnes agricoles.....	11
<b>Figure 10 :</b> les stades phénologiques selon l'échelle de Zadoks.....	12
<b>Figure 11 :</b> exemple de rotation céréalière.....	22
<b>Figure 12 :</b> Dispositif expérimental proposer par IPNI et agréer et mis au point par l'ITGC.	25
<b>Figure 13 :</b> L'appareil SPAD (MINILOTA 502).....	35
<b>Figure 14:</b> Résultats du dosage de l'azote pour les sept traitements entre les deux sites.....	40
<b>Figure 15 :</b> Résultats du dosage du sodium pour les sept traitements entre les deux sites.....	42
<b>Figure 16 :</b> Résultats du dosage du potassium pour les sept traitements entre les deux sites..	43
<b>Figure 17:</b> Résultats du dosage du phosphore pour les sept traitements entre les deux sites..	45

## LISTE DES FIGURES

---

## LISTE DES TABLEAUX

---

### Liste des tableaux :

<b>Tableau 1 :</b> Description des caractéristiques générales de la variété GTA Dur.....	23
<b>Tableau 2 :</b> Différentes combinaisons de traitements avec les éléments minéraux N, P et K utilisé pour chaque parcelle élémentaire.....	26
<b>Tableau 3:</b> Doses des engrais minéraux N, P et K (unité/hectare) utilisé dans chaque parcelle élémentaire.....	26
<b>Tableau 4:</b> Précipitations enregistrées Constantine-durant la campagne agricole 2017/2018..	27
<b>Tableau 5 :</b> Relevé des températures enregistrées à Constantine durant la campagne agricole 2017/2018.....	28
<b>Tableau 6 :</b> Moyennes de la longueur du pédoncule et de l'épi des différents traitements entre les deux sites étudiés avec les groupes homogènes.....	38
<b>Tableau 7:</b> Moyennes de la teneur en protéines totales des différents traitements entre les deux sites étudiés avec les groupes homogènes.....	46
<b>Tableau 8 :</b> Moyennes de la teneur en chlorophylles a, b et totale des différents traitements entre les deux sites étudiés avec les groupes homogènes.....	48
<b>Tableau 9 :</b> Moyennes du taux de chlorophylle SPAD des différents traitements entre les deux sites étudiés avec les groupes homogènes.....	49
<b>Tableau 10 :</b> Moyennes des températures de l'épi et de la feuille des différents traitements entre les deux sites étudiés avec les groupes homogènes.....	51
<b>Tableau 11 :</b> Moyennes des épis/ m <sup>2</sup> des différents traitements entre les deux sites étudiés avec les groupes homogènes.....	52
<b>Tableau 12 :</b> Moyennes des grains par épi des différents traitements entre les deux sites étudiés avec les groupes homogènes.....	53
<b>Tableau 13 :</b> Moyennes des poids frais des épis des différents traitements entre les deux sites étudiés avec les groupes homogènes.....	54

## LISTE DES TABLEAUX

---

**Tableau 14** : Moyennes des poids secs des épis des différents traitements entre les deux sites étudiés avec les groupes homogènes.....55

**Tableau 15** : Moyennes des poids de mille grains des différents traitements entre les deux sites étudiés avec les groupes homogènes.....56

**Tableau 16** : Tableau récapitulatif des différentes valeurs des composants de rendement....56

**Tableau 17** : Matrice de corrélation de l'analyse en composantes principales.....61

## **Abstract**

Among the cultural practices, that man seeks to better understand is fertilization, this process designates several methods of supplying the mineral elements, which the plant needs for a good development and a better yield; these methods are different according to the type of fertilization. Element and its dose and according to the adapted methodology.

As part of the research and development network of the durum wheat sector in Constantine, we have integrated into a collaborative work between IPNI and ITGC. This work consists of monitoring and valuing the effect of a fertilizer treatment proposed by the IPNI program on a crop of the GTA Dur variety, which is an approved local variety of durum wheat, by comparing it with the effect of five others. Treatments and a witness. This trial is conducted by the ITGC Constantine team on two platforms, site A located in Baaraouia and site B located in Massine. Several manipulations of dosages of mineral elements in plants in addition to the measurement of multiple morphological parameters have been made in the laboratory of Genetics, Biochemistry and Plant Biotechnology of the University of the Mentouri Constantine Brothers 1 and also on field in order to be able to answer to the question is the process proposed by the IPNI really more effective than the other processes adopted by our farmers? The results obtained revealed that the GNSS treatments and the farmer's practice had a positive effect, and also the estimation of a good yield for all the parcels, the other treatments and the witness also had effects that could be taken into consideration. However, the confirmation of these results requires solidification by other repetitions of the same test on other microclimates and under different climatic conditions

**Key words:** agriculture, durum wheat, fertilization, yield, treatment

## الملخص

إن من بين الممارسات الزراعية التي يسعى الإنسان إلى فهمها التخصيب، فهي عملية لتعيين عدة طرق لتناول المعادن التي يحتاجها النبات للتنمية السليمة والنمو، وهذه الأساليب تختلف تبعا لنوع العنصر وجرعته وأيضا وفقا لمنهجية تكييفها كجزء من شبكة البحث والتطوير في قطاع زراعة القمح الصلب في قسنطينة، قمنا بالاندماج في عمل تعاوني بين IPNI و ITGC الخروب. وهذا العمل هو رصد تأثير التخصيب بواسطة البرنامج المقترح على زراعة الصنف GTA-Dur للقمح الصلب التي هي من الأصناف المحلية من القمح الصلب المعتمدة، ومقارنتها مع تأثير الخمس معالجات مع الشاهد. يتم إجراء هذه التجربة من قبل فريق ITGC Constantine على موقعين، الموقع A يقع في Baaraouia والموقع B الموجود في Massine.

وقد قمنا بعدة فحوصات للعناصر المعدنية في النباتات بالإضافة إلى قياس المعلمات الشكلية المتعددة و تم إجراؤها في مختبر علم الوراثة والكيمياء الحيوية النباتية والتكنولوجيا الحيوية جامعة الإخوة منتوري قسنطينة 1 و أيضا في هذا المجال من أجل التمكن من الإجابة على السؤال التالي: هل العملية التي يقترحها IPNI أكثر فعالية من العمليات الأخرى التي اعتمدها مزارعونا أم لا؟ وقد كشفت النتائج أن العلاج وممارسة المزارعين GNSS كان لها تأثير إيجابي، وتقدير أيضا مردودا جيدا لجميع القطع الزراعية وغيرها من العلاجات وللشاهد أيضا الآثار التي يمكن أن تؤخذ بعين الاعتبار. لكن تأكيد هذه النتائج يتطلب التأكد من خلال تكرار آخر لنفس الاختبار على مناطق مناخية أخرى وتحت ظروف مناخية مختلفة.

**الكلمات المفتاحية:** الزراعة، القمح الصلب، التخصيب، معالجات، مردود



---

---

# *INTRODUCTION*

---

---

# INTRODUCTION

---

## INTRODUCTION

Les céréales occupent, à l'échelle mondiale, une place primordiale dans les programmes de recherche et d'amélioration agricole. La presque totalité de la nutrition de la population mondiale est fournie par les aliments en grains dont 95% sont produits par les principales cultures céréalières comme les blés qui constituent la première ressource d'alimentation humaine, elles constituent une des principales sources de protéines.

En Algérie, cette place est d'autant plus importante vu que le pays prévoit d'atteindre une production stable de céréales, en particulier le blé dur, demeure l'aliment de base des régimes alimentaires algériens. De plus de l'importance alimentaire, cette plante herbacée annuelle occupe une place centrale dans l'économie algérienne, elle représente l'un des plus grand marché d'importation, et pour ces raisons sa culture occupe une majeure partie de la superficie estimée à l'agriculture.

Malheureusement, l'Algérie n'arrive pas à atteindre l'autosatisfaction, elle ne couvre que 40% des besoins et cette faiblesse du rendement est due à plusieurs facteurs biotiques (les maladies, les attaques des insectes...), ou abiotiques (le climat et surtout la précipitation, la structure édaphique, ...), aussi on peut l'expliquée par la non maîtrise des itinéraires techniques (la mauvaise préparation du sol, l'adaptation des anciennes méthodes non ou peu efficaces...).

Parmi ces pratiques on trouve la fertilisation, qui est un facteur limitant pour le rendement du blé dur en Algérie, vu qu'en sol des régions semis arides, généralement pauvre en éléments nutritifs, la fertilisation reste à l'heure actuelle le moyen le plus efficace pour l'obtention de rendements acceptables. De ce fait, il est impératif de raisonner convenablement aux apports d'engrais minéraux pour améliorer les rendements sur le plan qualitatif ainsi que sur le plan quantitatif.

La fertilité des sols est très variable et il en est de même de la réaction aux intrants. La fertilité des sols est très hétérogène et présente une grande variabilité d'une exploitation agricole à l'autre, autant au niveau local que sur l'ensemble du pays (Zingore et *al.*, 2007). En outre, bon nombre de sols réagissent faiblement lorsque les engrais sont appliqués seuls. Cette faible « efficacité agronomique » peut être améliorée grâce à une gestion complémentaire de la structure du sol par des bonnes pratiques culturales. (Nono et *al.*, 2010).

Kelly, 2006 ; Nono et *al.*, 2010, rapportent que l'utilisation des engrais en Afrique est faible par comparaison aux pays développés.

## INTRODUCTION

---

L'objectif du présent travail est d'étudier la nutrition minérale d'une variété de blé dur communément utilisée chez les agriculteurs de la région, la variété GTA-Dur. Etant admis que les teneurs des feuilles en éléments minéraux sont fonction à la fois de la spécificité de la plante et de la disponibilité des éléments dans le sol.

Ainsi, l'influence du stade de développement et du cycle de végétation sur la composition minérale des plantes a déjà fait l'objet de nombreux travaux à travers l'étude des différents paramètres phénologiques, morphologiques, physiologiques et biochimiques de la plante.

Cette étude, basée sur l'examen des variations de la composition de feuilles du blé dur, contribuera à pouvoir évaluer les périodes d'épandages des engrais afin de les utiliser pour l'amélioration de la fertilité chimique ainsi que l'influence des propriétés chimiques de ces amendements sur la culture du blé dur.

---

---

***SYNTHESE***

***BIBLIOGRAPHIQUE***

---

---

## CHAPITRE I

### 1) Origine du genre *Triticum*

#### 1.1) Origine géographique

La culture des céréales a permis l'essor des grandes civilisations, car elle a constitué l'une des premières activités agricoles. Il y a plus de trois millions d'années, l'homme préhistorique pratiquait la chasse et la cueillette des fruits pour assurer sa nourriture.

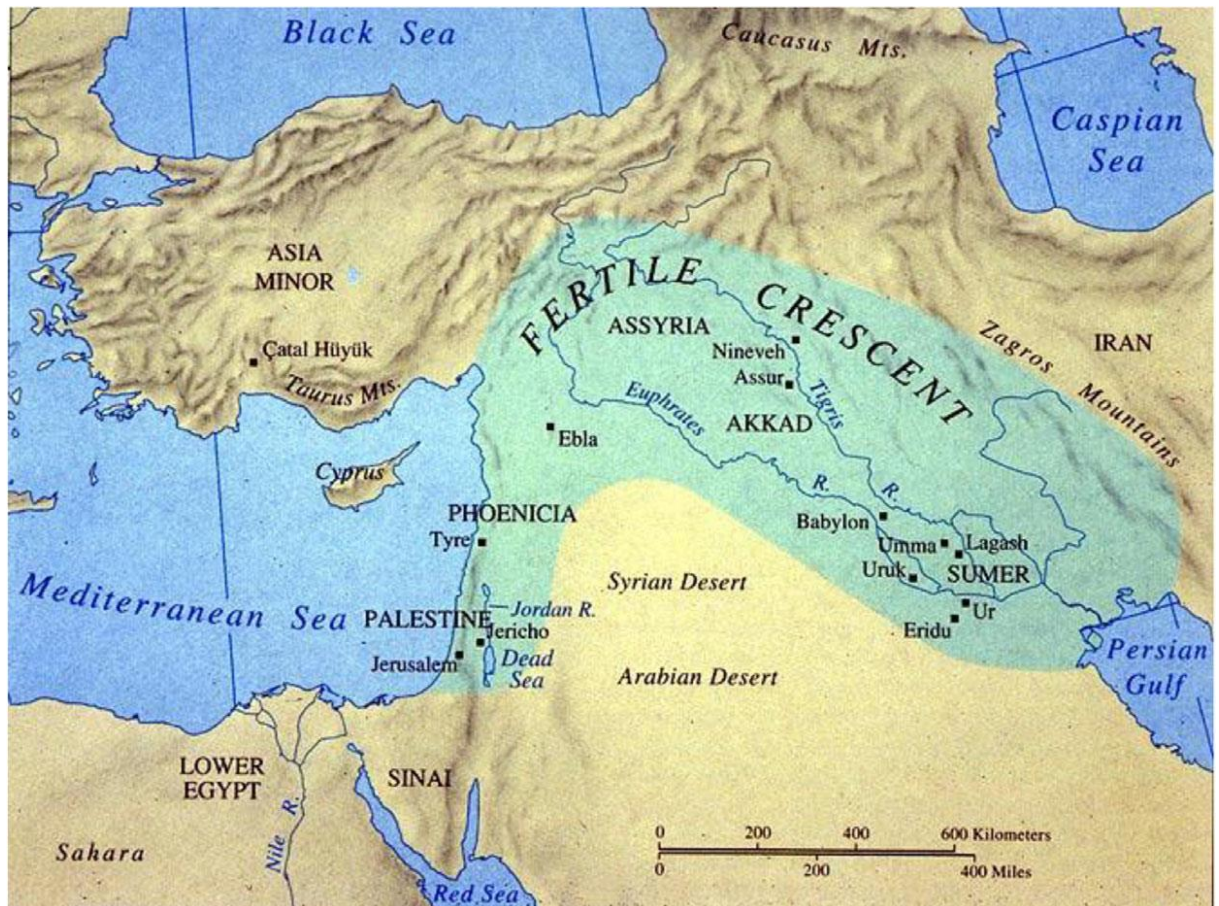
Lors du passage à l'agriculture, les humains accumulent les connaissances sur les cycles biologiques des plantes, développent les techniques qui permettent de les exploiter et apprennent à modifier à leur profit les cycles naturels.

L'agriculture apparaît au moment de la « révolution néolithique », vers le **8<sup>e</sup> millénaire avant JC**. Les hommes se mettent à cultiver des céréales et à élever des animaux. Ils ont moins besoin de chasser et de cueillir et s'installent donc dans des villages et des villes.

Parmi les cultures les plus anciennes on trouve le blé, qui est l'une des premières plantes domestiquées. Selon Vavilov le genre *Triticum* comprend trois groupes d'espèces avec trois origines distincts (Auriau, 1967. Moule, 1980) :

- Groupes des diploïdes : dont le centre d'origine est le foyer Syrien et le nord Palestinien ;
- Groupes des tétraploïdes : ayant comme centre d'origine l'Abyssinie ;
- Groupes des hexaploïdes : dont le centre d'origine est le foyer Afghano-Indien.

D'après Bozzini 1988, selon le bureau de la biosécurité au Canada (2006) ; les blés sauvages tétraploïdes sont largement répandus au Proche-Orient, où les humains ont commencé à les récolter dans la nature, puis Feldman en 2001 a confirmé que l'origine de l'aire géographique du blé dur comprend des territoires de la Turquie, de la Syrie, de l'Iraq et de l'Iran connus aussi sous la nomination du croissant fertile (figure 1).



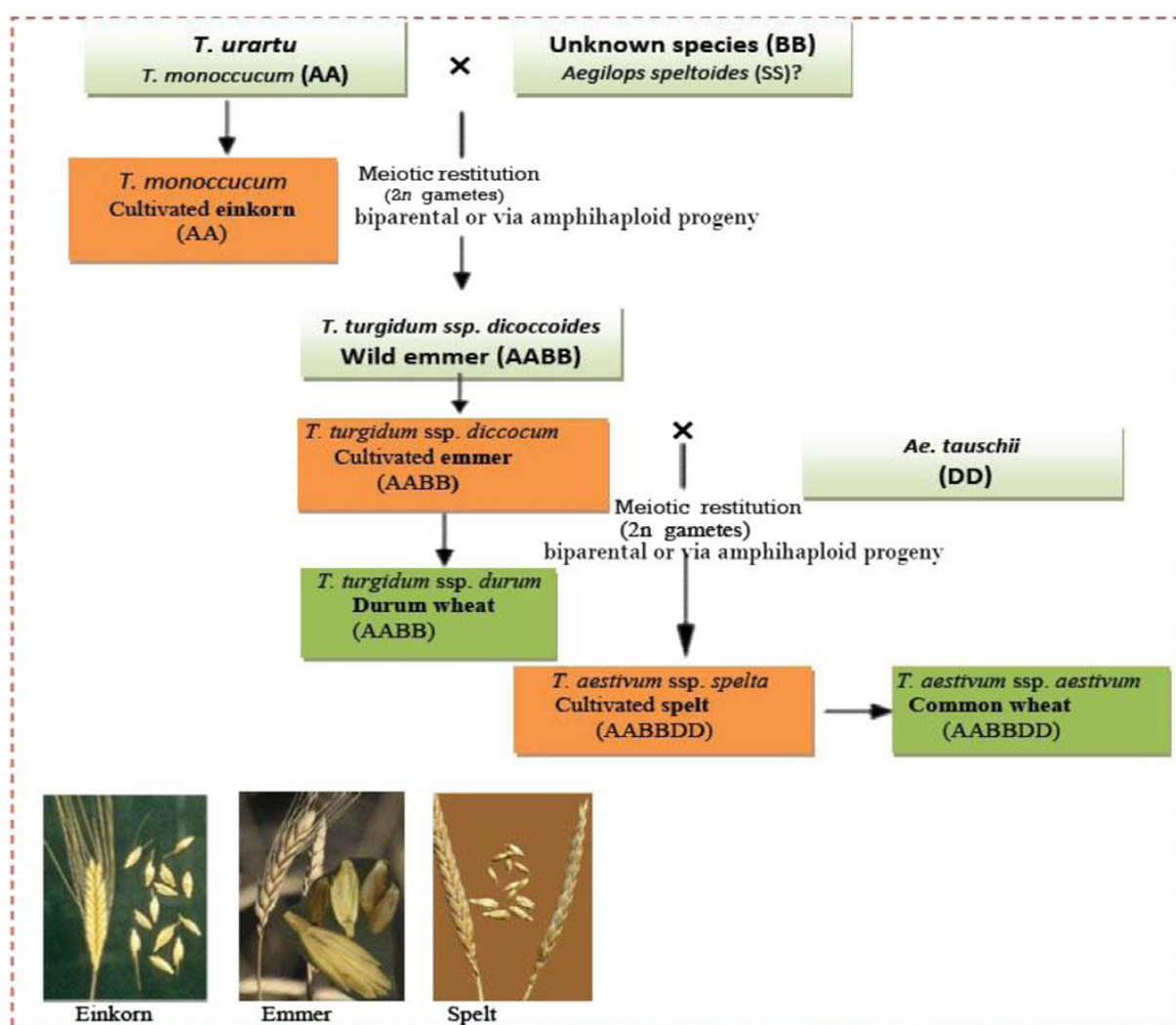
**Figure 1** : Origine géographique du blé (Arzani, 2018)

## 1.2) Origine génétique

Selon une recherche menée par l'équipe de l'INRAA France (2018), la céréaliculture a commencé par la culture des céréales issues de croisements naturels spontanés ; tel que l'engrain *Triticum monococcum* aussi l'amidonnier *Triticum turgidum dicoccum*. Une nouvelle espèce qui est le blé tendre *Triticum aestivum* a apparue suite au croisement spontané entre l'amidonnier et l'espèce *Aegilops squarrosa* qui est une graminée sauvage. En parallèle, Arzani (2017), a cité une hypothèse qui dit que l'espèce *Triticum turgidum dicoccoides* est issue d'un croisement entre *Triticum monococcum* ou *Triticum urartu* avec *Aegilops speltoides* (figure 2). L'espèce issue de ce croisement est nommée amidonnier sauvage « Wild emmer », Après des séries de sélections au cours de la domestication effectuée par l'homme, s'est transformé en *Triticum durum* communément nommé le blé dur.

## SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Dans le but d'une meilleure amélioration du blé, plusieurs études sont portées sur les origines des génomes du blé tendre ainsi que du blé dur. D'après Arzani et Ashraf (2017), le génome AA est hérité de l'espèce *Triticum urartu*, qui l'a passé à l'engrain *T. monococcum* qui est l'ancêtre du blé cultivé aujourd'hui. Le génome BB selon Haider (2013), proviens d'un donneur encore relativement inconnu mais des recherches effectuées ont montré que ce génome BB est étroitement apparenté au génome S de la section des *Sitopsis*. Arzani (2017) soutiens aussi l'hypothèse que le parent donneur du génome BB est l'espèce *Aegilops speltoides*, et plusieurs autres travaux de recherche ont mis la même hypothèse (figure 2), mais ça reste à prouver.



**Figure 2** : Schématisation qui montre l'origine génétique du blé (Arzani, 2018)

## 2) Importance économique du blé

### 2.1) Sur le plan mondial

Depuis l'Antiquité le blé contribue d'une façon directe ou indirecte au développement des sociétés car au-delà de son rôle purement alimentaire, le blé est considéré comme l'aliment stratégique de toutes les nations du monde. (Abis, 2016).

Si la demande pour ce produit vital se mondialise et s'amplifie avec la croissance démographique, sa culture reste localisée dans des territoires qui bénéficient d'une géographie généreuse (eau, sols fertiles, climat tempéré). Peu de pays possèdent de tels atouts et rares sont ceux qui en produisent pour à la fois nourrir leurs populations et en exporter.

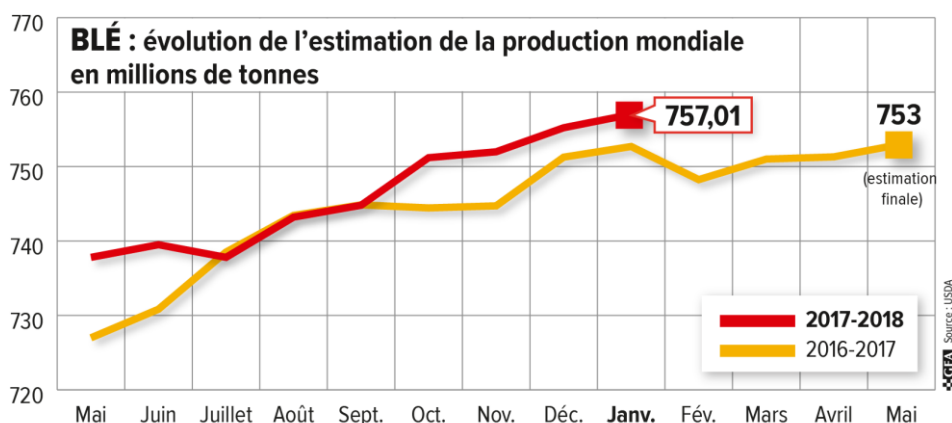
Chaque année, plus de 600 millions de tonnes de blé sont récoltées dans le monde ce qui fait du blé la céréale la plus cultivée au monde. Selon (Charvet, 2004), « le blé demeure la principale clef de voûte du système alimentaire mondial ».

La consommation mondiale du blé est en augmentation plutôt rapide, cette progression de la consommation a été plus remarquée dans les pays en voie de développements, tout particulièrement en Afrique du nord, l'Asie et d'autres pays dans lesquels le blé était resté pratiquement absent des habitudes alimentaires jusqu'à ces dernières années (Charvet, 2004).

La production mondiale de blé est insuffisante pour faire face à la consommation directe ou indirecte du blé. D'où une diminution très sensible des stocks de report mondiaux. Ce repli est particulièrement prononcé pour les cinq principaux pays exportateurs qui détiennent plus du tiers des stocks mondiaux. Cela a eu des répercussions inévitables sur les marchés. En outre, selon l'avis des experts, la consommation du blé vers l'année 2050 augmentera de 30-40%, et cela signifie que la communauté mondiale n'est pas protégée contre la récurrence des nouvelles spirales de la crise alimentaire dans le futur. (Jacque, 2014).

La production mondiale de blé pour l'année 2017-2018 (figure 3), pourrait atteindre 753,6 millions de tonnes selon l'USDA (Anonyme A, 2017).

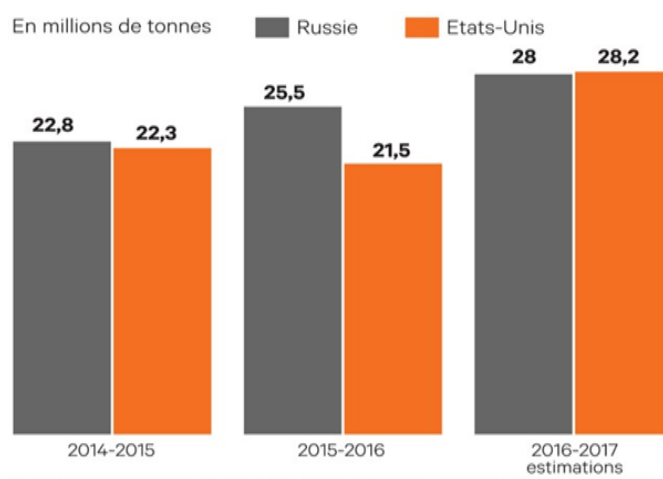




**Figure 3 :** Estimation de la production mondiale de blé en million de tonnes 2017-2018 (Anonyme A, 2017).

En quantité, la céréale est distancée par le maïs (environ 980 Mt). Ainsi les stocks mondiaux de blé atteignent un niveau important, estimés à 234 millions de tonnes en 2016/17. Ils atteignent 272,7 millions de tonnes leur plus haut niveau depuis 2001/02. (Anonyme. B 2018).

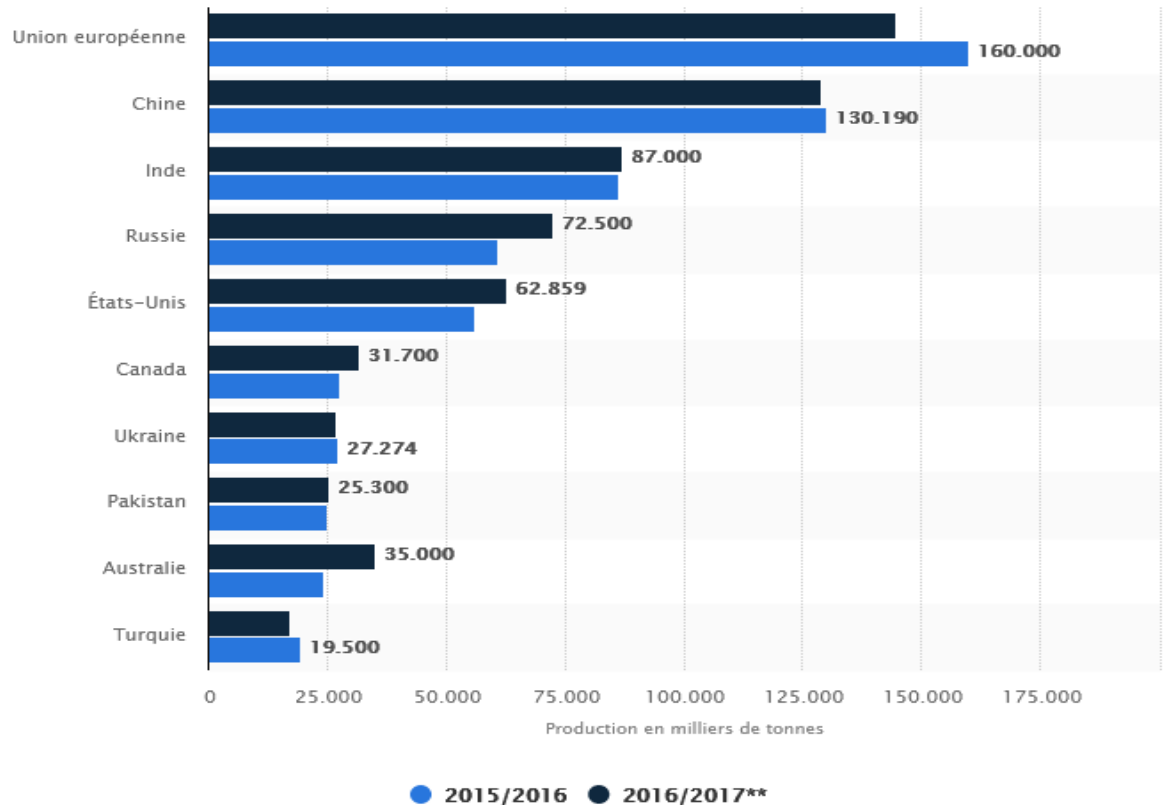
Les échanges mondiaux de blé sont évalués à 165 millions de tonnes (Anonyme C 2017), le plus gros exportateur mondial est désormais les états unis selon l'estimation de l'USDA, qui devance l'Union Européen, qui est presque à égalité avec la Russie (figure 4)



**Figure 4 :** Exportations du blé de la Russie et des Etats-Unis (Anonyme C 2017).

## SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

En termes de production, il a été prévu que la Chine produise plus de 128 millions de tonnes de blé entre 2016 et 2017 par rapport aux presque 145 millions de l'Union européenne au cours de cette même année. (Anonyme D 2018) (Figure 5).



**Figure 5:** Classement des pays producteur de blé 2015-2017 (Anonyme D 2018).

### 2.2) Sur le plan national

En Algérie, les produits céréaliers occupent une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale. Cette caractéristique est perçue d'une manière claire à travers toutes les phases de la filière de la production céréalière Algérienne (Djermoun, 2009).

En s'intéressant au blé, on remarque qu'il occupe une superficie importante de l'activité agricole. Il occupe les plus grandes superficies céréalières emblavées qui représentent environ 45% de la SAU. Actuellement, selon Observatoire National des filières Agricoles et Agroalimentaires (ONFAA) la superficie moyenne du blé se situe à environ 1664345 Ha. Les variations de la pluviométrie contribuent à la différence des rendements (anonyme E, 2017)

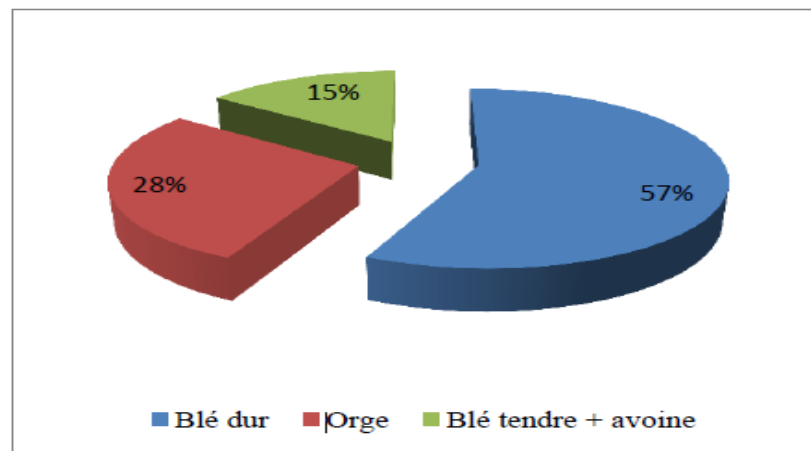
## SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

---

d'une année à l'autre ainsi le manque des moyens techniques et la mauvaise gestion d'utilisation des fertilisants.

La production céréalière obtenue en 2016/2017 est de 35 millions de quintaux, en hausse de 1,4 % par rapport à la campagne précédente, avec un rendement moyen de 15 q/ha contre 16 q/ha en 2015/2016, selon le ministère de l'agriculture, du développement rural et de la pêche.

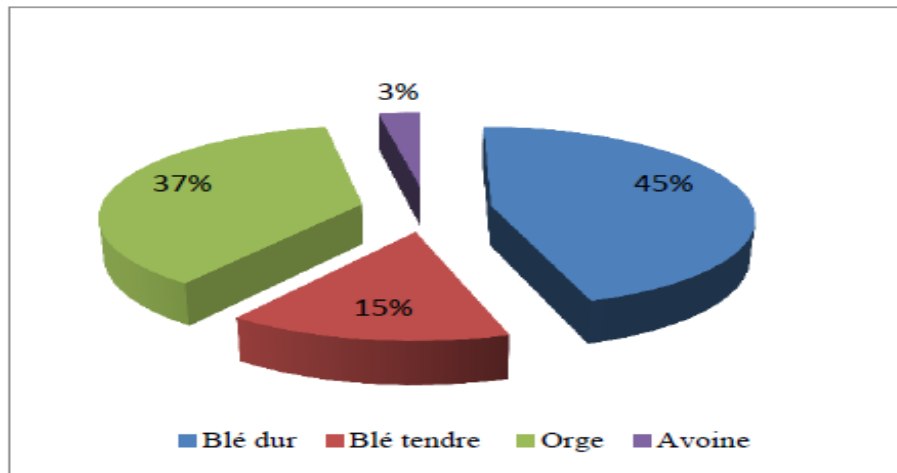
En tout état de cause, la production céréalière algérienne d'aujourd'hui est loin des niveaux atteints en 2008-2009 : 61,2 millions de quintaux (Figure 6).



**Figure 6:** Production nationale des céréales lors de la campagne 2016/2017

(Pré-bilan de la campagne céréalière 2016/2017) (Anonyme E, 2017).

La superficie emblavée est de 3 507 150 ha. 45% des superficies récoltées sont constituées du blé dur, soit plus de 1,17 million ha, et 37% des superficies récoltées sont constituées d'orge, soit 762.331 ha (Figure 7).



**Figure 7:** Superficies emblavées en céréales

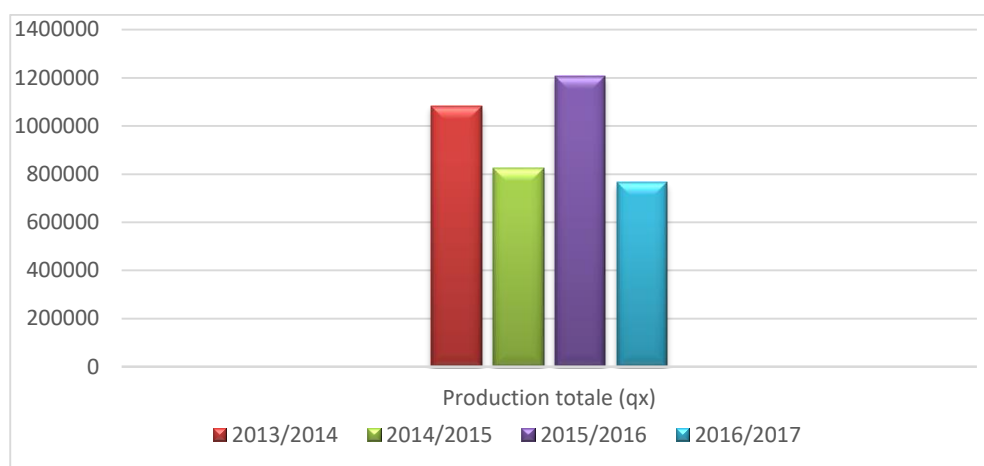
(Pré-bilan de la campagne céréalière 2016/2017) (Anonyme E 2017).

Selon le pré-bilan de l'observatoire national des filières agricoles et agroalimentaires, les superficies utilisées pour l'ensemencement du blé dur ont connu une faible augmentation de 0,1% en 2016/2017 comparativement à la campagne précédente, par contre les superficies récoltées ont enregistré une baisse de 17% en 2016/2017 par rapport à 2015/2016.

### 2.2.1) A l'échelle de Constantine

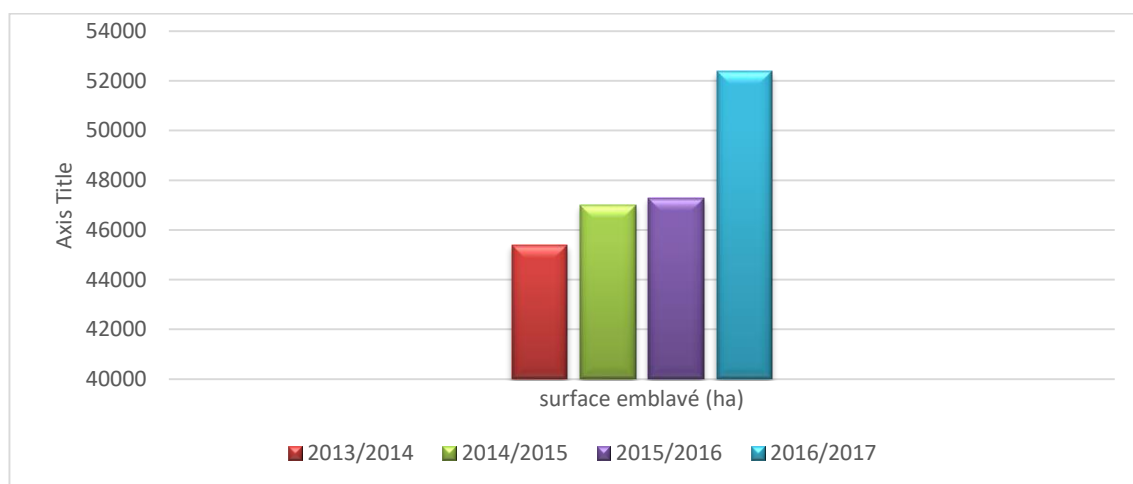
La production céréalière enregistrée dans la wilaya de Constantine au titre de la campagne 2016-2017 a atteint 1.109 million de quintaux (figure 8).

La production du blé dur durant les quatre dernières campagnes a connue des fluctuations importante, ces variation ont pour cause principale les contraintes abiotiques et le faible taux de précipitation (figure 8).



**Figure 8 :** Production du blé dur enregistré au niveau de la wilaya de Constantine pendant 4 campagnes agricoles (DSA- Constantine, 2017).

Les superficies emblavées en blé dur dans la région connaissent une augmentation notable en trois campagnes, l'augmentation des superficies est traduite par une hausse des productions sauf pour les deux campagnes 2014-2015 et 2016-2017. Qui ont connu une baisse à cause des contraintes climatiques (sécheresse) (Figure 9).



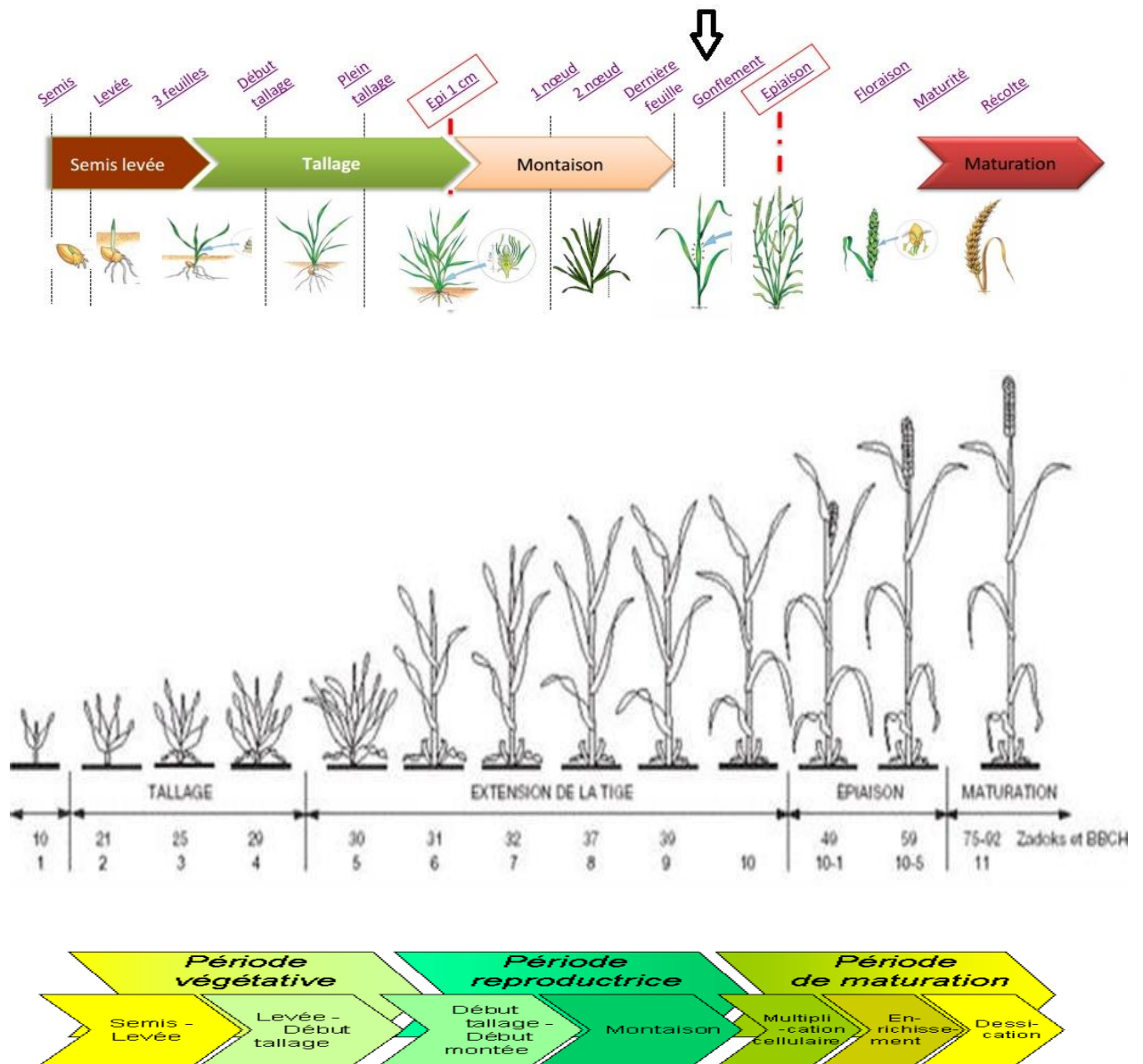
**Figure 9 :** Surfaces emblavées en blé dur au niveau de la wilaya de Constantine durant 4 campagnes agricoles (DSA- Constantine, 2017)

### 3) Stades phénologiques de la plante

Au cours de la croissance, le blé dur passe par plusieurs phases végétatives au cours desquelles la plante développe, d'un stade à un autre, des nouveaux organes. Selon l'échelle de

# SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Zadoks, on peut repérer les stades du développement de la plante en observant les changements de sa structure. ( Figure 10 ).



**Figure 10** : les stades phénologiques selon l'échelle de Zadoks (Alley et al., 1999)

On peut diviser ce cycle de développement en 2 périodes :

\* **La période végétative**, durant laquelle la plante ne différencie que des feuilles et des racines.

\* **La période reproductrice**, dominée par l'apparition de l'épi et la formation du grain

### 3.1) La période végétative

#### a) La germination

La germination est le processus de développement de la plante contenue dans sa graine, elle commence une vie active et se développe grâce à l'énergie contenue dans les réserves de la graine.

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 (Bada, 2007).

Après, nous constatons le début de la levée de la plantule qui commence par l'apparition d'une première feuille au sommet de la coléoptile, qui pointe son limbe au grand jour. C'est la photopériode et la température qui contrôlent le rythme de l'émission des feuilles lors de la levée.

En arrivant au stade de trois feuilles, il y a la formation des bourgeons à l'assaille des feuilles qui vont donner des pousses, ces pousses à leurs tours vont être l'origine de la formation des futures tiges, à ce stade nous constatons également l'apparition des racines secondaires ou adventives.

#### b) Le tallage

Le tallage est subdivisé en trois stades :

1\ La formation du plateau de tallage ; après l'apparition de la troisième feuille le deuxième entre nœud qui est le porteur du bourgeon terminal s'allonge à l'intérieur de la coléoptile, ceci est dit le pré-tallage « à la fin de l'hiver généralement » et quel que soit la profondeur du semis sa monté est arrêté à 2 centimètres sous la surface. A ce niveau il y a un gonflement qui va apparaître, il est le futur plateau de tallage. En dessous de lui, la sève venant des racines primaires est encore transportée par le rhizome temporairement avant qu'il devient inactif.

## SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

---

2\ L'émission des talles ; à ce stade des bourgeons axillaires qui sont à l'assaille des premières feuilles émergées deviendront actifs, leur activité contribue à donner de nouvelles pousses « future talles ». La première feuille va donner la première talle, la deuxième feuille va donner la seconde ... est ainsi de suite, la partie d'où les talles émergent est le plateau de tallage. L'aptitude à émettre les talles varie selon les variétés et leurs caractéristiques et aussi elle est surtout dépendante des conditions du milieu et des techniques culturales (Boulay et *al.*, 2007).

3\ La sortie de nouvelles racines ; la période de déroulement de la quatrième feuille et la sortie de la première talle est accompagné par la naissance de nouvelles racines, ces racines secondaires portant des poils absorbants sortent de la base du plateau de tallage.

A ce stade, on peut remarquer l'apparition d'une tige secondaire ou une talle verte à la base de la première feuille, les autres talles vertes continuent à pousser à la base des feuilles restantes. En arrivant au plein tallage on peut voir que la plante est étalée et elle commence à ressembler à un épi, et à l'intérieur de la tige il y a ce qu'on appelle la pointe de croissance qui est situé sous terre afin d'être protégé contre les conditions climatiques défavorables surtout le gel, au fur et à mesure de la reprise des activités végétatives la pointe de croissance va s'élever dans la tige.

Avantages du tallage : implanter le système racinaire définitif à partir de la zone de surface, quelle qu'ait été la profondeur de semis et émettre des pousses qui viendront combler les vides laissés entre chaque pied par un semis irrégulier ou une mauvaise levée (Ohbijou, 2014).

### **3.2) La période reproductive**

C'est dans cette période que l'épi se forme et se développe, et on peut distinguer plusieurs phases :

- Phase de la formation des ébauches d'épillets qui est divisée en deux étapes :
  - La première étape ; c'est là où les entre-nœuds montrent une élongation plus ou moins réduite. On peut dire que c'est le stade d'initiation florale où les bourgeons axillaires vont se développer.
  - La seconde étape ; c'est à cette étapes qu'on remarque deux renflements au niveau des épillets, ce sont les futures glumes.

Donc elle signifie la fin du tallage ou le début de montaison proprement dit.



## SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

---

- Phase de l'épiaison ou l'épi va sortir de sa gaine et continue à monter au-dessus du dernier nœud
- Phase de la spécialisation florale durant laquelle les pièces florales vont se spécialiser, dans cette phase on va assister à l'allongement rapide des entre-nœuds traduisant le début de montaison en plus la différenciation des parties de la fleur comme suit :
  - L'apparition des ébauches de glumes et de glumelles
  - L'apparition des ébauches de la fleur

Cette phase se termine une fois que les stigmates sont différenciés

- Phase de floraison et fécondation

La floraison est marquée par la sortie des étamines des glumelles. Et après quelques jours de la phase d'épiaison s'effectue la fécondation dite « stade F », selon Zadoks, la durée varie selon la précocité de la variété.

### **4) Caractéristiques morphologiques de la plante**

#### **4.1) Partie racinaire**

La racine du blé est fibreuse. A la germination la radicule ou racine primaire, est un entre-nœud sub-coronal émergent du grain ; cet entre-nœud évolue vers la formation d'un collet près de la surface du sol. Le système racinaire secondaire peut être assez développé, s'enfonçant à des profondeurs atteignant jusqu'à deux mètres. Il apporte les éléments nutritifs à la plante ; (Soltner, 1988).

#### **4.2) Partie aérienne**

##### a) La tige

La tige ou talle du blé est constitué de chaumes cylindriques, comprend cinq ou six entre- nœuds, qui sont séparés par des structures denses appelées nœuds d'où naissent les feuilles, cette tige est le plus souvent pleine chez le blé dur et renferme de nombreux faisceaux conducteurs de sève. Ces faisceaux à leur tour renferment des fibres à parois épaisses, assurant la solidité de la structure.

##### b) Les feuilles

## SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

---

Les feuilles engainent la tige puis s'allongent en un limbe étroit à nervures parallèles lancéolés, ce limbe possède souvent à la base deux prolongements aigus embrassant plus ou moins complètement la tige. Quant à la gaine, elle est un cylindre qui permet d'attacher le limbe au nœud le plus bas.

Les oreillettes ou stipules à la soudure du limbe et de la gaine peut se trouver une petite membrane non vasculaire entourant en partie le chaume (Belaid, 1986).

Avant de s'allonger, les gaines protégeant l'apex qui se trouve en cercle concentrique au plateau de tallage, et après que les feuilles s'allongent, elles jouent leur rôle chlorophyllien et photosynthétique ; respiration et conservation de l'eau, aussi d'après Soltner la feuille terminale a un rôle primordial dans la reproduction (Soltner, 1988).

Au cours du cycle végétatif du blé, les feuilles prennent un aspect vert jaunâtre, vert foncé ou vert franc.

### c) L'appareil reproducteur : L'épi de blé

Les fleurs sont regroupées en une inflorescence qui est un épi muni d'un rachis portant des épillets séparés par de courts entre nœuds. Un épillet regroupe de deux à cinq fleurs, et souvent trois fleurs à l'intérieur de deux glumes, chaque fleur est dépourvue de pétales, et entourée de deux glumelles avec des barbes colorées.

D'après Prats, la fleur contient trois étamines qui ont la forme en X, un ovaire surmonté de deux styles plumeux dichotomique. La fleur du blé est dite cléistogame (Prats, 1966), à cause du caractère cléistogame de la fleur, l'autofécondation est le mode de reproduction le plus fréquent chez les blés.

### d) Le grain

Le grain du blé est un caryopse surmonté d'une brosse qui montre une face dorsale, une face ventrale, un sommet et une base. L'embryon est situé au bas de la surface dorsale. Ce grain a une texture vitreuse et il comprend quatre parties ; l'enveloppe du grain (péricarpe), l'enveloppe du fruit (assise protéique), l'endosperme (albumen), et le germe ou embryon (Soltner, 1988).

Après fécondation, le grain du blé se forme, et il est considéré à la fois le fruit et la graine. En effet, les enveloppes du fruit sont soudées à celles de la graine.

### **5) Fertilisation minérale des cultures du blé dur**

En sol algérien, la fertilisation actuelle reste l'un des moyens les plus efficaces pour améliorer le rendement et la qualité en matière de production de blé dur. Pour cela il, est essentiel de maîtriser et raisonner de façon convenable les apports d'engrais minéraux pour améliorer le rendement et réduire les risques de pollution sur l'environnement.

#### **5.1) Exigence du blé dur en éléments minéraux**

La fertilisation s'intéresse aux éléments minéraux qui sont indispensables aux plantes et contribue également à la valeur nutritionnelle des aliments pour l'homme et les animaux. La pratique d'une fertilisation raisonnée permet l'augmentation du rendement d'une culture, qu'elle soit céréalière ou autre, sa maîtrise est essentielle pour l'amélioration de la production même lors des campagnes difficiles et en condition de sécheresse, parce que la fertilisation, même dans ces condition extrême aide la plante à employer les réserves d'eaux d'une manière efficace et optimale. (Guennouni, 2017).

Par ailleurs, s'il faut globalement répondre à des besoins de la culture, et aussi y répondre en fonction du moment de la saison où sont rencontrés ces besoins, en respectant les 4B (Bonne source à la Bonne dose, au Bon moment et au Bon endroit). (Bruulsema et *al* 2016)

##### **5.1.1) Apport de l'azote**

D'après plusieurs études, l'azote joue un rôle prépondérant pour les cultures céréalières, principalement le blé dur, l'application des apports azotés donne toujours une action positive sur le rendement de la plante et la qualité de la graine (Anonyme F 2017).

D'après Belaid (1986), les besoins de l'azote sont particulièrement importants pour la multiplication cellulaire et le développement des organes végétatifs de la plante, l'azote entre dans la synthèse des glucides, et la constitution des réserves azotées de la plante, (Belaid, 1986). Ainsi l'azote entre dans la composition des nucléoprotéines des noyaux des cellules, donc se trouve en abondance dans les cellules jeunes. (Abdellaoui, 2007).

## SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

---

Les plantes de blé utilisent la majorité de leur azote avant la phase de croissance initiale. Les carences en azote au cours de cette période végétative peuvent entraîner des plants de blé moins développés avec peu de talles (et têtes) par plante ce qui réduit le rendement des grains. (Knowles, Tim C.; Ottman, Michael J et al .2018).

### **5.1.2) Apport phospho-potassique**

La conduite de la fertilisation est primordiale compte tenu de l'enjeu qualité et rendement qui en découle. Selon un classement des cultures en fonction de leur exigence en éléments minéraux (lesouder 2017), le blé dur figure dans les cultures moyennement exigeantes en phosphore, alors que son exigence en potasse est faible.

Des études ont prouvé l'efficacité de l'apport phospho-potassique sur l'accroissement des rendements de grain et de biomasse et de la qualité des grains du blé dur conduit en intensif ainsi qu'une meilleure résistance de cette culture au stress thermique. En effet, une culture de blé dur conduite dans des conditions non limitantes en eau et en azote a réagi à un apport potassique au sol (Aissa et Mhiri, 2000).

Les analyses foliaires de la culture à différents stades végétatifs et le suivi de la croissance de la culture ont montré que, aux stades de pleine croissance, montaison et épiaison, les besoins instantanés en potassium, nécessaire à l'activation des métabolismes de synthèse et de translocation des glucides (Syers, 1990).

## **5.2) Disponibilité des éléments N, P et K**

### **5.2.1) Différentes sources d'azote**

Selon Poussert (2002), il existe plusieurs sources naturelles de l'azote qui alimente les végétaux telle que :

- La fixation d'azote des bactéries rhizobiales ;
- La fixation non abiotique des azotobactères ;
- Les pluies et les orages ;
- Les résidus organiques ;
- Les engrais organiques.

Les réserves azotées du sol se trouvent à l'état organique sous forme d'humus qui contient environ 5% d'azote.

## SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

---

Les plantes absorbent l'azote minéral du sol. Tandis que les cultures légumineuses ont la capacité de fixer l'azote par le processus symbiotique des nodosités. (Anonyme G 2005)

Alors on peut constater qu'il existe deux formes d'assimilations d'azote par la plante :

- L'assimilation de l'azote issu de la matière organique du sol ;
- L'assimilation de l'azote apporté par l'agriculture sous forme d'engrais.

### **5.2.2) Différentes sources du phosphore**

Le phosphore est, avec l'azote et le potassium, l'un des trois nutriments indispensables à la croissance des végétaux. L'exigence de l'espèce et la disponibilité en phosphore décide les stratégies de fertilisation.

Le phosphore est concentré dans la partie superficielle du sol, sous forme minérale ou organique. La forme organique est d'un intérêt moindre pour la nutrition de la plante que la forme minérale. Le phosphore minéral provient de l'altération des roches, tandis que le phosphore organique résulte de la dégradation des végétaux par la faune et la flore du sol (Kati, 2012).

Ces formes de phosphore ne sont pas immédiatement disponibles pour les plantes. Le prélèvement du phosphore par les racines des plantes n'a lieu que sous forme d'ions  $PO_4$  soit moins de 0,5 % du phosphore total. Dans les milieux cultivés, la teneur en phosphore du sol est appauvrie puisque le phosphore contenu dans les plantes récoltées ne retourne pas aux sols. L'apport de fertilisants phosphatés minéraux ou organiques (fumiers, lisiers) est alors nécessaire. (Anonyme D 2018)

### **5.2.3) Différentes sources du potassium**

Le potassium dans le sol se trouve uniquement sous forme minérale. Il provient soit de la décomposition de la matière organique et des minéraux du sol, soit des engrais. (Anonyme G 2005).

Le potassium est toujours abondant dans la matière sèche des végétaux. Les racines de la plante l'absorbent sous forme de cation  $K^+$ , et l'assimilent en grande quantité lorsque les sols sont humides. (Anonyme G 2005)

## SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

---

On trouve le potassium dans le sol sous quatre formes (Anonyme G 2005) :

- solution dans l'eau des sols ;
- un constituant de l'argile et les roches mères : il est libéré dans la solution du sol en fonction des besoins ;
- inclus entre les feuillets des argiles ;
- dans le sol sous forme minérale (minéraux primaire).

### **5.3) Optimiser la gestion de la surface agricole**

Un sol fertile est la base du succès de la culture, il devient plus que jamais essentiel de connaître la nature et la structure des sols qu'on utilisera à des fins agricoles, tout cela pour un objectif d'augmenter le rendement sans augmentation des charges variables. Ainsi, la maîtrise de l'itinéraire technique figure dans l'image de cette requête afin d'atteindre des résultats satisfaisants.

La connaissance précise des nutriments disponibles dans les sols constitue la base de tout apport d'engrais adapté aux besoins. Ainsi, la détermination de la fertilité du sol se base sur des examens qui peuvent être associés aux analyses de nutriments habituelles pour une interprétation globale. Les études régulières permettent de surveiller et d'optimiser les effets de la gestion (labour / sans labour), de l'engrais (minéral / organique-minéral / organique) et de la rotation des cultures.

D'après Grevillot (2018), pour évaluer la fertilité d'un sol, il est nécessaire de connaître ces trois composants qui sont en interaction permanente :

- La biologie du sol (les analyses de la biomasse microbienne) ;
- La chimie du sol (la disponibilité des minéraux et l'évaluation du pH du sol) ;
- Physique du sol (la porosité du sol, sa structure et sa stabilité structurale).

Selon Cor (2017), pour booster la fertilité des sols exploités par la polyculture céréalière, et raisonner les apports de fertilisation et diminuer les coûts, l'agriculteur joue sur les leviers suivants :

- La structure du sol, un couvert permanent et pas d'intervention dans de mauvaises conditions climatiques quitte à décaler les interventions ;

## SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

---

- Préserver et favoriser la vie du sol : micro-organismes et macro-organismes par des apports annuels de matières organiques même en faible quantité, intégration superficielle des débris végétaux ;
- Les couverts végétaux appelés anciennement engrais vert, ils permettent de relocaliser et de remobiliser les éléments nutritifs en surface du sol ;
- Contrôler le statut acido-basique (chaulage si nécessaire) et les teneurs en éléments nutritifs (plan d'échantillonnage et d'analyse de sol)

### **5.4) Rotation des cultures au cœur d'une fertilisation raisonnée**

La rotation ou l'assolement des cultures est le procédé par lequel on utilise une succession de cultures sur une même partie de terrain dans le but d'améliorer le rendement et la qualité des récoltes, tout en favorisant une meilleure conservation du sol.

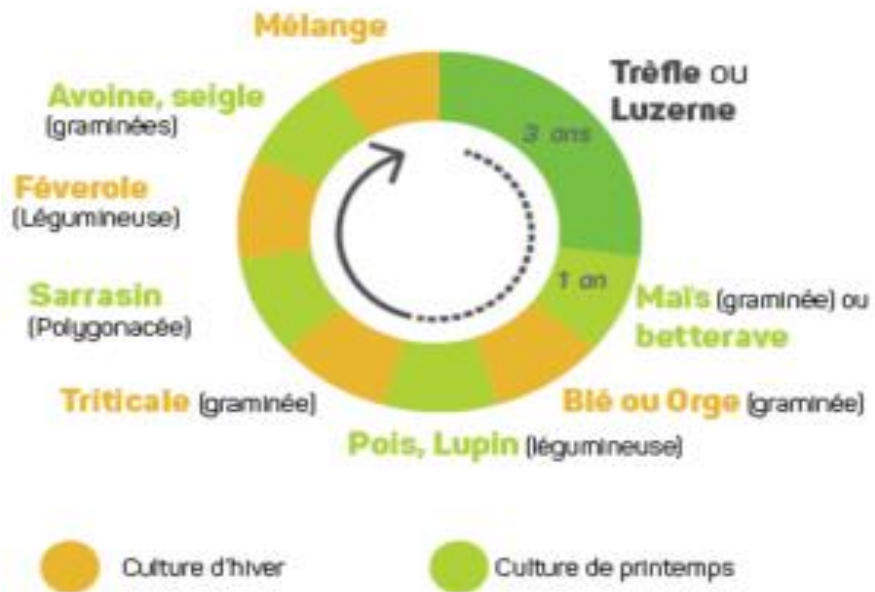
Selon Petit et Jobin (2005), la rotation des cultures est une pratique très importante dans l'agriculture moderne. Les grandes cultures après une rotation, bénéficie de plusieurs avantages :

- Apportées la bonne quantité des éléments nutritifs pour la plante (recyclage des éléments provenant des résidus laissée par les cultures précédentes) ;
- Importer de l'azote dans le sol après une implantation de culture fixatrice d'azote comme les légumineuses ;
- Protéger les sols contre l'érosion et le lessivage des éléments fertilisants solubles dans le sol notamment les reliquats d'azote et de potasse ;
- Augmenter la matière organique dans le sol ;
- Aide à la gestion des mauvaises herbes et réduire l'incidence des maladies et insectes.

Pour assurer une rotation efficace est rentable il faut prendre en compte les aspects suivants (Bonte, 2010) :

- Le choix de la culture (l'interaction entre la culture et le milieu) ;
- La prise en compte de la spécificité de chaque culture ;
- Respecter quelque règle d'alternance des cultures exemple : rotation par légumineuse et culture exigeante en azote comme le blé dur, cultures d'hiver et d'été pour rompre le cycle des bio-agresseur, culture salissante et nettoyante, culture d'enracinements pour améliorés la gestion des nutriments et la structure de sol.

**Exemple de rotation céréalière**



**Figure 11** : exemple de rotation céréalière (Petit et Jobin, 2005)



---

---

***MATERIELS ET***

***METHODES***

---

---

## Matériel et Méthodes

### 1. Matériel végétal

La variété **GTA Dur** qui a confirmé sa performance sur le plan agronomique a fait l'objet de cette étude. Cette variété est choisie et proposée par **IPNI Afrique du Nord** en collaboration avec l'**Institut technique des grandes cultures (ITGC) d'El-Kroub** dans le cadre des essais de l'IPNI Afrique du Nord dans la wilaya de Constantine.

**GTA Dur** est une variété d'origine mexicaine (CIMMYT), elle est introduite en Algérie par l'ITGC de Guelma depuis l'an 2000. Le grain est de forme allongée, la paille est moyenne avec une section peu épaisse. L'épi est de couleur blanche. Cette variété présente de bonnes caractéristiques technologiques (tableau 1).

- Pédigrée : Gavieta / durum

**Tableau 1** : Description des caractéristiques générales de la variété GTA Dur (ITGC, 2006).

<b>GTA Dur</b>		
<b>Caractéristiques morphologiques</b>	<b>Caractéristiques culturelles</b>	<b>Caractéristiques qualitatives</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compatibilité de l'épi : compact</li> <li>• Couleur de l'épi : blanc</li> <li>• Hauteur de la plante à la maturité : moyenne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alternativité : hiver</li> <li>• Cycle végétatif : précoce</li> <li>• Tallage : fort</li> <li>• Résistance :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Au froid : résistante</li> <li>- A la verse : moyennement résistante</li> <li>- A la sécheresse : résistante</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poids de mille grains (PMG) : moyen</li> <li>• Qualité semoulière : bonne</li> <li>• Mitadinage : moyennement résistante</li> <li>• Moucheture : sensible</li> </ul>
<b>Productivité</b>	<b>Conditions techniques</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rendement en grain optimal : 50 qx/ha</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Date de semis : fin de novembre – début janvier</li> <li>• Dose de semis (kg/ha) : 130 – 150</li> <li>• Fertilisation (u/ha) :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Azotée : 90 à 100</li> <li>- Phosphatée : 90</li> <li>- Potassique : 46</li> </ul> </li> </ul>	

## 2. Méthodes

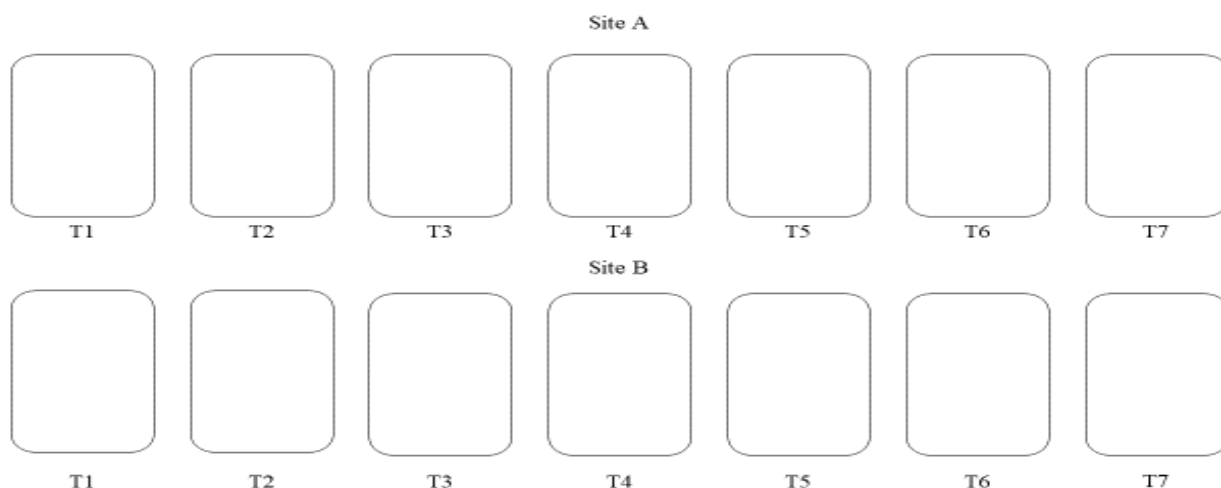
Dans l'objectif d'évaluer les essais d'éléments nutritifs manquants d'azote, de phosphore et de potasse ainsi que l'influence des propriétés chimiques de ces amendements sur la culture du blé dur, une étude de déficiences des éléments majeurs (N, P et K) et leurs effets sur la croissance et le développement du blé à travers l'analyse de quelques paramètres biochimiques, morphologiques et physiologiques liés à la fertilisation N, P et K du blé dur (*Triticum durum* Desf. var. GTA Dur) a été menée. Cette étude est basée sur l'examen des variations de la composition de feuilles du blé dur au niveau de deux plateformes, une à El Baaraouia, El-Khroub et l'autre à El M'ridj (Massine), contribuera à pouvoir optimiser les périodes d'épandages des engrais afin de les utiliser pour l'amélioration de la fertilité chimique de la culture du blé dur.

Au cours de cet essai, nous avons fait plusieurs sorties sur terrain au site expérimental de la fertilisation IPNI à El-Baaraouia ITGC El-Khroub, et Achouri la 2<sup>ème</sup> plateforme d'essai qui se situe à la région d'El-M'ridj (MASSINE), accompagnés à chaque fois par un des ingénieurs de l'ITGC. À chaque sortie on a prélevé quelques échantillons des 7 parcelles élémentaires de l'essai IPNI. Chaque parcelle représente un traitement différent des éléments fertilisants (N, P et K).

### 2.1. Dispositif expérimental

L'essai a été installé par l'ITGC d'El-Khroub sur trois plateformes. Il est divisé sur sept parcelles élémentaires (en bloc) pour chacune des trois plateformes, où chaque parcelle a reçu un traitement différent des six autres comme indiqué sur le schéma en dessous (figure 12). Ce dispositif en bloc est proposé par l'IPNI, et mis en place par l'ITGC.

Notre travail consiste à mener des sorties sur deux plateformes seulement : la plateforme Baaraouia (El-Kroub) et la plateforme Achouri (Massine), les sorties effectuées ont pour but de faire des prélèvements, des observations et des mesures. Et vu les grandes surfaces des parcelles (900 m<sup>2</sup>) nous avons procédé à un échantillonnage au hasard afin de toucher toute la surface des parcelles et compenser le manque de répétitions dans nos manipulations.



**Figure 12 :** Dispositif expérimental proposé par IPNI et agréer et mis en place par l'ITGC.

### 2.2. Itinéraire technique

Toutes les données concernant les pratiques culturales sur les deux plateformes ont été fournies par l'ITGC d'El-Khroub

- Informations sur la plateforme Baaraouia « Site A » :
  - Les coordonnées géographiques : Longitude 36.255593°Nord.  
Latitude 006.61192°Est.  
Altitude 700 m.
  - Précédent cultural : céréale blé dur GTA Dur.
  - Les dimensions de la parcelle : Largeur du semis 18m.  
Longueur du semis 50m.
  - Superficie de la parcelle élémentaire 900 m<sup>2</sup>.
  - L'essai comporte 07 traitements soit la superficie de l'essai et de 6300m<sup>2</sup>.
  - Date de semis : 29/11/2017, Dose de semis : 1.40 qx/ha.
- Information sur la plateforme Achouri (Massine) « Site B » :
  - Les coordonnées géographiques : Longitude 36.33849°Nord.  
Latitude 006.74441°Est.  
Altitude 734 m.
  - Le précédent cultural : Jachère travaillée.
  - Les dimensions de la parcelle : Largeur du semis 9m.  
Longueur du semis 100m.

## MATERIEL ET METHODES

- Superficie de la parcelle élémentaire 900m<sup>2</sup>.
- L'essai comporte 07 traitements soit la superficie de l'essai et de 6300m<sup>2</sup>.
- Date de semis : 11/12/2017, Dose de semis : 1.40 qx/ha.

### 2.3. Traitements parcellaires

**Tableau 2 :** Différentes combinaisons de traitements avec les éléments minéraux N, P et K utilisées pour chaque parcelle élémentaire. Source ITGC

	Site A : Baaraouia		Site B : Massine
<b>T1</b>	T6 GNSS	<b>T1</b>	T6 GNSS
<b>T2</b>	T5 Pratiques agriculteur NP	<b>T2</b>	T5 Pratiques agriculteur NP
<b>T3</b>	T4 NP	<b>T3</b>	T4 NP
<b>T4</b>	T3 NK	<b>T4</b>	T3 NK
<b>T5</b>	T2 PK	<b>T5</b>	T2 PK
<b>T6</b>	T1 NPK	<b>T6</b>	T1 NPK
<b>T7</b>	T0 Témoins	<b>T7</b>	T0 Témoins

GNSS : le traitement recommandé par le logiciel nutriment expert

#### 2.3.1. Engraissement

**Tableau 3 :** Doses des engrais minéraux N, P et K (unité/hectare) utilisées dans chaque parcelle élémentaire : source ITGC, 2018.

Traitement	P1 FP BAAROUIA Unité /ha	P2 ACHOURI Unité /ha
<b>T0</b>	0	0
<b>T1 NPK</b>	59.5 - 25.5 – 30.6	59.5 - 25.5 – 30.6
<b>T2 PK</b>	25.5 -30.6	25.5 -30.6
<b>T3 NK</b>	59.5 – 30.6	59.5 – 30.6
<b>T4 NP</b>	59.5 – 25.5	59.5 – 25.5
<b>T5 Pratique agriculteur NP</b>	92 – 69	92 – 69
<b>T6 GNSS NPK</b>	95 – 55 -41	95 – 55 -41

## MATERIEL ET METHODES

---

### 2.3.2. Fractionnement de la fertilisation azotée

Pour les deux plateformes l'apport de l'azote a été fractionné selon le protocole destiné par l'ITGC.

- Pour la plateforme Baaraouia (El-Khroub) :
  - Le premier apport 1/3 de l'apport N selon le traitement est fait le 25/01/2018 ; au stade 3feuilles.
  - Le deuxième apport 2/3 de l'apport N selon le traitement est fait le 14/03/2018 ; au stade plein tallage.
- Pour la plateforme Achouri (Massine) :
  - Le premier apport 1/3 de l'apport N selon le traitement est fait le 23/01/2018 ; au stade 3feuilles.
  - Le deuxième apport 2/3 de l'apport N selon le traitement est fait le 10/04/2018 ; au stade redressement.

### 2.4. Conditions climatiques durant la campagne 2017/2018

**Tableau 4** : Précipitations enregistrées – Constantine-durant la campagne agricole 2017/2018. Source : station IMETOS

Mois	Pluviométrie en mm
<b>Septembre 2017</b>	10.20
<b>Octobre 2017</b>	19.65
<b>Novembre 2017</b>	13.20
<b>Décembre 2017</b>	09.87
<b>Janvier 2018</b>	19.60
<b>Février 2018</b>	40
<b>Mars 2018</b>	102
<b>Avril 2018</b>	57.8
<b>Mai 2018</b>	68.2
<b>Cumul</b>	340.5

On remarque que la campagne 2017/2018 est caractérisée par un taux de précipitation plus au moins bon, le cumul pluviométrique en période d'automne été favorable pour les différentes manœuvres technique (labour, recroisement, hersage et semis). Ainsi le taux de précipitation durant les 3 mois mars, avril et mai a favorisé un bon développement des plantes.

## MATERIEL ET METHODES

**Tableau 5** : Relevé des températures (moyenne journalière) enregistrées à Constantine durant la campagne agricole 2017/2018 Source : station IMITOS

Mois	Température Moyenne Mensuel C°	Température Minimal C°	Température Maximal C°
Septembre	24.35	23.26	25.72
Octobre	18.79	17.61	19.65
Novembre	12.37	11.60	13.20
Décembre	09.22	08.55	09.87
Janvier	07.88	07.10	07.88
Février	07.39	06.74	08.07
Mars	09.74	08.95	10.47
Avril	11.10	10.38	11.91
Mai	13.61	12.72	14.34

On remarque que la campagne 2017/2018 se caractérise par une température journalière plus au moins élevée durant les mois septembre, octobre 2017 et mai 2018, alors que la température durant les mois d'hiver été relativement basse.

### 3. Paramètres étudiés

#### 3.1. Paramètres biochimiques :

Afin d'atteindre notre objectif, deux sorties sur terrain sont réalisées dans lesquelles on a fait des prélèvements.

L'échantillonnage est effectué aléatoirement pendant le stade montaison, pour chaque parcelle 9 plantes sont prélevées (3 plantes du haut de chaque parcelle et 3 plantes du bas ainsi 3 autres plantes du milieu de la parcelle), pour le second prélèvement ; 18 feuilles étendards de chaque parcelle. Cette méthode de prélèvement est choisie vue la dimension des parcelles et aussi dans le but de couvrir le manque des répétitions dans nos manipulations. Les échantillons récoltés sont transportés au laboratoire de Génétique, Biochimie et Biotechnologie Végétale de l'université des Frères Mentouri Constantine 1 pour effectuer les mesures.

#### ❖ Préparation des échantillons pour le dosage des éléments minéraux (N, P, Na et K) :

Les échantillons prélevés sont séchés dans l'étuve à 85 C° pendant 48 heures, coupés en petits morceaux et broyés avec un moulin à café jusqu'à obtention d'une poudre fine, la poudre

## MATERIEL ET METHODES

---

est ensuite filtrée à l'aide d'un tamis d'un diamètre de 250µm puis récupérée et stockée à sec dans des sacs à papier

- La minéralisation de l'azote (N), le potassium (K) et le sodium (Na) :

Pour la minéralisation des éléments (Azote, Potassium et Sodium) il a été choisi d'appliquer une méthode de minéralisation à chaud comme Lambert la décrit en 1975, le principe de cette méthode consiste à faire une minéralisation totale pour transformer les éléments qui se trouvent sous forme organique en éléments minéraux afin qu'ils puissent être dosés par la suite.

Dans cette phase, 0.2 g de chaque échantillon est déposé dans un erlenmeyer, 10 ml d'acide sulfurique  $H_2SO_4$  est ajouté et la réaction se produit en 8 min, puis sous hotte, 10 ml d'eau oxygénée  $H_2O_2$  (30%) sont ajoutés ; cela se fait lentement et avec une douce agitation pour éviter l'ébullition brutale. Le mélange est laissé à température ambiante jusqu'à ce qu'il refroidisse, ensuite la solution est transférée dans une fiole jaugée à 50 ml et le volume est complété avec de l'eau ultra pure ( $H_2O$  up). Pour terminer, le volume final est transféré dans un tube marqué et mis dans le réfrigérateur.

Selon Lambert cette méthode est plus rapide, plus simple, plus économique et fournit des résultats fiables.

- La minéralisation pour le phosphore (P) :

On réalise une minéralisation par la voie humide en utilisant l'acide nitrique  $HNO_3$  car selon Lambert (1975) l'attaque par l'acide nitrique à chaud est la méthode la plus fidèle pour la minéralisation du potassium dans les tissus végétaux.

Dans un bécher 10 ml d'acide nitrique  $HNO_3$  sont versés sur 200 mg de poudre végétale, puis le bécher est recouvert par un verre de montre et mis sur plaque chauffante, la température est augmentée graduellement jusqu'à l'évaporation du contenu.

Le minéralisat est récupéré par 2 ml d'acide nitrique  $HNO_3$ , puis complété avec l'eau ultra pure dans une fiole jaugée à 50 ml. Le contenu est transvasé dans les tubes Falcon de 50 ml et stocké dans le réfrigérateur.

- ❖ Préparation des échantillons pour la chlorophylle et les protéines totaux :

- Chlorophylle A, B et caroténoïdes :



## MATERIEL ET METHODES

---

L'extraction de la chlorophylle et les caroténoïdes des végétaux permet d'obtenir une solution chlorophyllienne qui va servir à réaliser la lecture par spectrophotométrie.

Pour étudier ces paramètres ; 0,2 g de la partie médiane des feuilles vertes (matière fraîche) sont découpées en petits morceaux, ensuite sont mise dans des tubes à essais qui contiennent 10 ml d'éthanol, ces tubes sont conservés dans l'obscurité pendant 72h. (Pompelli et *al.*, 2012)

➤ Les protéines totales :

Pour préparer nos échantillons ; 0.2 g de la matière végétale fraîche (des feuilles vertes) est broyer à sec dans un mortier, puis 5 ml d'eau distillée sont ajoutés dans le mortier et on continue le broyage jusqu'à l'obtention d'un mélange vert bien homogénéisé, le liquide obtenu est filtré dans un tube à essai avec un papier « whatman N°1 ». Ensuite 5 ml d'eau distillée est de nouveau rajouté au mortier pour un rinçage afin de bien récupérer les feuilles qu'on a écrasé et filtré dans le tube. Les échantillons préparés sont marqués et stockés dans un réfrigérateur à 4°C.

### 3.1.1. Dosage des éléments minéraux

#### A. Dosage de l'azote total

Afin de déterminer le taux d'azote accumulé par les plantes, il a été choisi d'appliquer la méthode de Kjeldhal modifiée, après la minéralisation à chaud de nos échantillons selon le protocole qu'on a décrit, l'azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) produit est piégé, après une distillation dans la première solution d'acide borique à 4 %. Nous dosons l'azote total après une titration avec de HCl (0.1N)

- La distillation :

Dans cette phase on utilise un distillateur (BUCHI), le principe de cet appareil est la neutralisation d'une partie aliquote d'un volume de 30 ml de notre minéralisât par 30 ml de lessive de soude NaOH (32%), l'entraînement à la vapeur de l'ammoniac est fait en 4 min. La solution de récupération est l'acide borique (4%) qui a été préparé à l'avance, le colorant de Tashiro est préparé avec 0.02 g de rouge de méthyl + 0.01 g de bleu de méthyl dans 10 ml d'éthanol 95%. Pour chaque échantillon 10 ml d'acide borique et 4 à 5 gouttes de colorant Tashiro sont utilisées.

## MATERIEL ET METHODES

---

- La titration :

Pour la titration on utilise l'HCl (0.1N) afin de pouvoir déterminer la concentration d'azote, pour cela, les témoins sont préparés avec différentes concentrations d'azote connues, ensuite avec ces témoins trois lectures sont effectuées.

- Préparation des témoins :

On commence par préparer une solution mère, 10 ml d'eau oxygéné H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> est versé dans un erlenmeyer contenant 10 ml d'acide sulfurique H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, puis on complète à 50 ml avec de l'eau ultra pure H<sub>2</sub>O up. Afin d'avoir une concentration d'ammoniac [C] = 0.005g/100ml ; on calcule la masse de NH<sub>4</sub>Cl nécessaire pour avoir la concentration voulue :

$$\text{MM : NH}_4\text{Cl} = 53,491 \text{ g/mole. MM : NH}_4 = 18,039 \text{ g/mole.}$$

$$(0,005 \times 53,491) / 18,039 = 0,015\text{g}$$

Donc 0.015g de chlorure d'ammoniac est dissoute dans les 50 ml qu'on a préparés.

- Témoin 1 : on prend un volume de 30 ml de la solution mère, ce volume est directement fait passé dans le distillateur, puis on commence à titrer le distillat obtenu pour avoir une première lecture.
- Témoin 2 : on ajuste le volume restant de la solution mère à 50 ml par l'eau ultra pure H<sub>2</sub>O up pour une dilution d'un rapport 2/5, donc la nouvelle concentration sera [C'] = 0.002g/ml. On prend un volume de 30 ml de cette nouvelle solution, appliquer une distillation de cet échantillon puis une titration pour avoir la seconde lecture.
- Témoin 3 : on complète le volume 20 ml restant du témoin 2 à 40 ml avec l'eau ultra pure H<sub>2</sub>O up, donc on dilue de nouveau avec un rapport 1/2, la nouvelle concentration obtenue est : [C''] = 0.001g/ml. On prend le volume au complet pour faire la distillation cette fois ce qui fait que le volume nécessaire à la neutralisation sera 40 ml de NaOH « ce volume est réglé manuellement sur l'appareil », après la distillation du dernier témoin on passe à la titration pour avoir la troisième lecture.

### B. Dosage du potassium et du sodium

Comme pour l'azote ces deux éléments minéraux sont sous forme organique dans la plante, c'est pour sa on doit passer par une minéralisation avant de poursuivre le dosage.

#### a) La minéralisation :

La minéralisation est faite comme pour l'azote ; par la méthode d'attaque par les acides à chaud « le même protocole utilisé dans la minéralisation de l'azote ».

#### b) Le dosage :

Ces éléments sont dosés par le spectromètre à flamme, la bonne lecture des résultats exige la présence d'une courbe d'étalonnage, pour cela des échantillons sont préparés afin d'étalonner l'appareil.

##### - L'étalonnage pour le potassium :

Le chlorure de potassium KCl est utilisé, pour préparer une solution mère d'un volume de 150 ml, cette solution contient 30 ml d'acide sulfurique  $H_2SO_4$ , 30 ml d'eau oxygéné  $H_2O_2$  et 90 ml d'eau distillée, la concentration du KCl dans notre solution préparée est de 10 ppm (1mg/100ml) ce qui veut dire que la masse du chlorure de potassium à dissoudre est ;  $m = 0.0191$  g. Ensuite avec cette solution mère on a effectué une dilution en cascades dans cinq solutions ; 50 ml à 10 ppm, 40 ml à 8 ppm, 30 ml à 6 ppm, 20 ml à 4 ppm, 10 ml à 2 ppm.

Après avoir fait l'étalonnage et obtenu la courbe, on passe nos échantillons dans l'appareil JENWAY PFP7 CLINICAL successivement en utilisant des minis tubes à essai d'un volume d'environ 5 ml.

##### - L'étalonnage pour le sodium :

Pour le sodium l'étalonnage est effectué par le chlorure de sodium NaCl, comme la précédente ; une solution mère de 150 ml est préparée avec 0.0381 g de chlorure de sodium qui a été dissoute dans 30 ml d'acide sulfurique  $H_2SO_4$  plus 30 ml d'eau oxygénée  $H_2O_2$  et 90 ml d'eau distillée, cette solution est d'une concentration de 10 ppm. Ensuite on réalise plusieurs dilutions pour obtenir une cascade de concentration ; 50 ml à 10 ppm, 40 ml à 8 ppm, 30 ml à 6 ppm, 20 ml à 4 ppm, 10 ml à 2 ppm.

## MATERIEL ET METHODES

---

La suite de la procédure est similaire à celle du potassium ; après l'obtention de la courbe d'étalonnage, on passe chaque échantillon dans l'appareil JENWAY PFP7 CLINICAL en utilisant des minis tubes à essai d'un volume de 5 ml.

### C. Dosage du phosphore total par colorimétrie

- 14,8 ml d'acide sulfurique  $H_2SO_4$  est versé dans un bécher qui contient 50 ml d'eau distillée (on ajoute doucement sous agitation), quand le liquide est refroidi dilué avec de l'eau distillé jusqu'à 100 ml.
- Préparation de la Solution de molybdate d'ammonium/ tartrate d'antimoine et de potassium : 1,2 de molybdate d'ammonium est dissoute dans 25 ml d'eau distillé chaude ( $50^\circ C$ ), séparément 0,0291g de tartrate d'antimoine et de potassium sont dissoute dans 10 ml d'eau distillé, Puis les deux solutions sont ajoutées à 100 ml de la solution d' $H_2SO_4$ , bien mélanger puis dilué jusqu'à 200 ml.
- Préparation de la solution d'agent réducteur d'acide ascorbique : 1,054 d'acide ascorbique est dissoute dans 200 ml de la solution précédente.
- Préparation de l'étalon (1000 ppm) : dans un bécher 0.10967g de  $KH_2PO_4$  est dissoute dans 100 ml d'eau distillé (1ml = 1mg P)
- Préparation de l'étalon (10 ppm) : avec une pipete, 1 ml est prélevé de la solution d'étalon à 1000 ppm, puis on dilue avec l'eau distillé à 100 ml.
- Pour la courbe d'étalonnage, une cascade de dilution est réaliser comme suit : (0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2 ppm de phosphore) : 0, 1, 2, 3, 4,5 et 6 ml de la solution étalon à 10 ppm est prélevé, puis on ajoute 10 ml de la solution d'agent réducteur d'acide ascorbique, puis les solutions sont laissé dans l'obscurité pendant 1 heure afin de faire lecture de l'absorbance.

#### ➤ Préparation de l'échantillon pour la colorimétrie :

5 ml de minéralisât est pipeté dans une fiole jaugée à 50 ml, puis on ajoute 20 ml d'eaux distillée et 10 ml de la solution d'agent réducteur d'acide ascorbique, pour terminer on dilue avec l'eau distillée jusqu'à 50 ml, le contenu est agité, puis stocké à l'obscurité pendant 1'heure pour permettre le développement en couleur bleue.

La mesure de l'absorption est faite pour l'étalon et les échantillons dans la longueur d'onde de 880 nm.

## MATERIEL ET METHODES

---

Pour connaître le pourcentage du phosphore dans nos échantillons on utilise la formule suivante :

$$P \% = C \times 0.05 / W$$

C = la concentration du P corrigée (la correction a été faite par l'étalonnage automatiquement de l'appareil THERMOSCIENCE BIOMATE 03)

W : le poids l'échantillon prélevé (0.2g)

### 3.1.2. Dosage des protéines totales

Pour la détermination du taux des protéines totales dans la plante, on a choisi la méthode de Bradford ; vue que c'est une méthode à technicité aisée et qu'elle fournit de bons résultats et facile à interpréter.

- L'étalonnage de l'appareil :

Afin d'obtenir une courbe d'étalonnage, 9 étalons de concentrations BSA différentes sont préparés :

[A] = 2000µg/ml, [B] = 1500µg/ml, [C] = 1000µg/ml, [D] = 750µg/ml, [E] = 500µg/ml,

[F] = 250µg/ml, [G] = 125µg/ml, [H] = 25µg/ml, [I] = 0µg/ml « Blanc ».



La mesure de l'absorbance est réalisée par spectrophotomètre THERMOSCIENCE BIOMATE 03 à une longueur d'onde 595µm.

### 3.1.3. Dosage des chlorophylles totales et les caroténoïdes

Une dilution est réalisé vue que les échantillons sont trop denses (le spectre n'a pas pu mesurer l'extrait des échantillons), pour cela les solutions sont dilué à un rapport de 1/6 :

On dilue 0.5 ml échantillons par 2.5 ml d'éthanol.

Pour ce qui est du spectre d'absorption, les mesures sont faites avec les DO suivantes comme il a été décrit par Lichtenthaler (1987) :

Chl « a » : 470 nm  Chl « b » : 648 nm  caroténoïde : 664 nm

Le taux de chlorophylle est déterminé par les équations à inconnues suivantes :

$$\text{Chl a} = (13.36A_{664.2}) - (5.19A_{648.6})$$

$$\text{Chl b} = (27.43A_{646.6}) - (8.12A_{664.2})$$

$$\text{Car} = [(1000A_{470}) - (2.13\text{Chl « a »}) - (97.64\text{Chl « b »})] / 209$$

Après la lecture avec le spectrophotomètre, les résultats seront résolus avec ces équations qui nous donnent les teneurs de la chlorophylle « a » et « b » et les pigments caroténoïdes -en µg/ml puis en µg/g.

### 3.1.4. Teneur en chlorophylle par SPAD

La chlorophylle est aussi mesurée avec le SPAD (MINOLTA 502) ; c'est un outil portable de diagnostic qui mesure la verdure ou la teneur relative en chlorophylle des feuilles.



**Figure 13 :** L'appareil SPAD (MINILOTA 502).

L'opération est faite le 14 et le 16 Mai pour les 2 sites A et B respectivement, où on choisit au hasard les feuilles étendards au niveau de chaque parcelle élémentaire. (Les résultats représentent la moyenne de 5 lectures).

### 3.2. Paramètre physiologique

La température des épis et des feuilles étendards est mesurée au stade gonflement, 6 lectures sont faites sur les plantes avec un thermomètre portable à infrarouge.

### 3.3. Paramètre phénologique

Les informations des différents stades phénologiques ont été fournies par l'ITGC. Leur équipe a suivi le développement de la plante durant les phases : la levée, le tallage, le gonflement et l'épiaison de la campagne 2017/2018 et ceci pour les deux sites.

### 3.4. Composantes du rendement

#### 3.4.1. Nombre d'épis au mètre carré

Le comptage du nombre d'épis/m<sup>2</sup> a été réalisé le 05/06/2018 (stade laiteux) : Nombre d'épis par mètre carré = nombre d'épis par mètre linéaire X 5, le nombre d'épis a été déterminé sur 1 mètre linéaire prélevé aléatoirement à chaque parcelle.

#### 3.4.2. Nombre des grains par épi

Le comptage est réalisé en utilisant 3 épis aléatoirement récoltés de chaque parcelle.

#### 3.4.3. Nombre de grains au mètre carré

Ce nombre est calculé par la formule suivante :

$$\text{Nombre de grains/m}^2 = \text{nombre de grains/épi} \times \text{nombre d'épis/m}^2$$

#### 3.4.4. Poids de mille grains (PMG)

75 épis sont récoltés de chaque parcelle, selon une moyenne estimée à 50 grains par épis dont 25 épis représentent une répétition. Le pesage des graines est déterminé après comptage.

#### 3.4.5. Rendement en grains

La détermination du rendement estimé en grains est obtenue par la relation suivante :

$$\mathbf{Rdt\ est = (NEM * NGE * PMG)/1000}$$

*Rdt<sub>est</sub>* : Rendement estimé, *NEM* : Nombre d'épis/m<sup>2</sup>, *NGE* : Nombre de grains/épis

*PMG* : Poids de mille grains.

### 3.5. Paramètres liés à la biomasse

#### 3.5.1. Poids frais des épis

La mesure a été réalisée le 07/05/2018 sur les épis frais récoltés des deux sites Baaraouia et Massine

#### 3.5.2. Poids sec des épis

Les épis frais sont séchés dans une étuve pendant 48h à une température de 85 C°, ensuite la mesure du poids sec des épis a été faite le 10/05/2018.

### 3.5.3. Mesures des tailles

Les longueurs des pédoncules (col de l'épi), de l'épi et de l'épi avec barbes ont été mesurés sur champs lors des sorties effectuées le 14 et 16 mai 2018.

## 4. Analyse des données

L'analyse statistique des données s'est faite avec le logiciel xl-stat (2014). Il s'agit d'une analyse de variance (ANOVA) sur l'ensemble des paramètres étudiés entre les deux sites, suivie de tests de comparaison de moyennes (des tests de *Newman-Keuls* au risque 5%).

Lorsqu'un effet est observé, l'ANOVA est suivie du test de *Newman-Keuls*. S'il n'y a pas d'interaction entre les deux facteurs (traitements NPK et sites A et B), les effets des traitements sur le paramètre étudié sont les mêmes dans les deux sites. Il n'y a alors qu'un seul test de *Newman-Keuls* effectué sur ce paramètre et les moyennes regroupées sous la même lettre ne sont pas significativement différentes.



---

---

***RESULTATS ET  
DISCUSSIONS***

---

---

### Résultats et discussion

Des questions se posent quant à la disponibilité des éléments fertilisants pour les cultures du blé dur en Algérie. Notre expérimentation nous permettra de mettre en évidence l'influence des propriétés chimiques des amendements en éléments majeurs N, P et K, à travers les essais d'éléments nutritifs manquants d'azote, de phosphore et de potasse et ceci sur la culture du blé dur. Le suivi des parcelles à travers les deux sites, par l'étude des paramètres choisis, nous a permis de dégager les résultats suivants.

#### 1. Paramètres morphologiques

La longueur du pédoncule a enregistré des valeurs fluctuantes entre 35,8 cm pour le traitement T5 et 40,6 cm pour le premier traitement T1 et ceci pour le site A avec une moyenne de  $38,5 \text{ cm} \pm 1,49$ . Au deuxième site, les valeurs ont été un peu élevées où on a noté une valeur minimale de 40,1 cm pour traitement T6 et un maximum de 41,1 cm pour le traitement T5 et une moyenne de  $40,5 \pm 1,74$  cm. Nous remarquons que l'effet des traitements entre les sites est significatif, dont l'analyse de variance (**Annexe 1**) nous a permis de dégager 5 groupes homogènes, la moyenne entre les deux sites est de 39,5 cm avec un Cv de 0,25 % (Tableau 6).

**Tableau 6 :** Moyennes de la longueur du pédoncule et de l'épi des différents traitements entre les deux sites étudiés avec les groupes homogènes

Paramètre Traitement	Longueur pédoncule			Longueur épi		
	Site A	Site B	Moyenne	Site A	Site B	Moyenne
<b>T1</b>	40,6 ± 1,31 <b>a</b>	40,6 ± 2,32 <b>a</b>	<b>40,6 ± 0,01</b>	18,8 ± 1,09 <b>cd</b>	20,7 ± 0,52 <b>ab</b>	<b>19,7 ± 1,4</b>
<b>T2</b>	39,8 ± 1,65 <b>a</b>	40,3 ± 0,99 <b>a</b>	<b>40,1 ± 0,34</b>	18,6 ± 0,54 <b>cd</b>	18,9 ± 1,56 <b>bcd</b>	<b>18,8 ± 0,22</b>
<b>T3</b>	39,1 ± 2,41 <b>ab</b>	40,5 ± 0,41 <b>a</b>	<b>39,8 ± 0,99</b>	16,2 ± 0,81 <b>e</b>	21,1 ± 0,80 <b>a</b>	<b>18,7 ± 3,43</b>
<b>T4</b>	38,5 ± 1,16 <b>ab</b>	40,6 ± 3,23 <b>a</b>	<b>39,6 ± 1,49</b>	17,7 ± 0,94 <b>de</b>	19,1 ± 2,60 <b>bcd</b>	<b>18,4 ± 0,99</b>
<b>T5</b>	35,8 ± 1,09 <b>c</b>	41,1 ± 1,27 <b>a</b>	<b>38,4 ± 3,73</b>	15,8 ± 0,83 <b>e</b>	20,3 ± 0,58 <b>abc</b>	<b>18,1 ± 3,18</b>
<b>T6</b>	39,0 ± 0,29 <b>ab</b>	40,1 ± 1,71 <b>a</b>	<b>39,5 ± 0,82</b>	17,4 ± 1,09 <b>de</b>	20,0 ± 0,73 <b>abc</b>	<b>18,7 ± 1,86</b>
<b>T7</b>	36,7 ± 2,50 <b>bc</b>	40,2 ± 2,27 <b>a</b>	<b>39,5 ± 2,50</b>	16,4 ± 0,63 <b>e</b>	19,6 ± 1,00 <b>abc</b>	<b>18,0 ± 2,26</b>
<b>Moyenne</b>	<b>38,5 ± 1,49</b>	<b>40,5 ± 1,74</b>	<b>39,5 ± 1,41</b>	<b>17,3 ± 0,85</b>	<b>20,0 ± 1,11</b>	<b>18,6 ± 1,9</b>

## Résultat et discussion

---

La longueur de l'épi, dont les barbes sont incluses a aussi connue des fluctuations, où nous avons enregistré un minimum de 15,8 cm pour le traitement T5 et un maximum de 18,8 cm pour le traitement T1 avec une différence de 3 cm et une moyenne de 17,3 cm pour le premier site d'El-Baaraouia. La moyenne au deuxième site de Massine est supérieure de 2,7 cm, avec 20 cm de moyenne, le maximum est de 21,1 cm du traitement T3 et le minimum de 18,9 cm du traitement T2. (Tableau 6).

L'analyse de variance (**Annexe 1**) pour ce paramètre est significative et le test de Newman et Keuls nous a permis de dégager 7 groupes homogènes, la moyenne générale pour cet élément est de 18,6 cm entre les deux sites avec un coefficient de variation  $Cv = 0,72 \%$ .

Pour la hauteur de la plante, Haffaf et *al.*, (2016) ont démontré que la croissance de la plante a été favorisée par le bon approvisionnement des plantes en azote. Ainsi, Gros (1979) souligne que l'azote agit sur la taille de la plante du blé en favorisant l'allongement des entrenœuds, surtout ceux se trouvant à la base.

L'accroissement de l'épi en longueur peut être attribué au bon approvisionnement de la plante en azote au stade épi 1cm, cette phase caractérisée par une intense activité de croissance impliquant la croissance de l'épi (Remy, 1983).

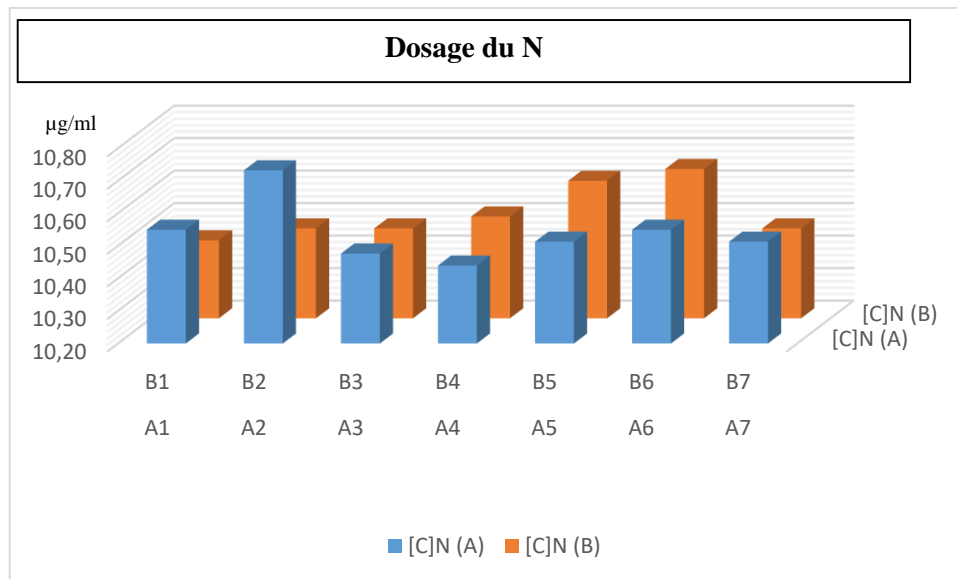
## 2. Paramètres biochimiques

### 2.1. Dosage de l'azote

Les résultats du dosage d'azote des plantes permettent de constater qu'il y a une différence entre l'assimilation du N par les plantes pour les sept traitements, dans le site A les concentrations d'azote varient entre une valeur minimale de 10,44  $\mu\text{g/ml}$  obtenue dans le traitement T4 et une valeur maximale de 10,73  $\mu\text{g/ml}$  obtenue dans le traitement T2 avec une moyenne de 10,54  $\mu\text{g/ml}$  pour le site B.

Les concentrations varient entre une valeur minimale de 10,44  $\mu\text{g/ml}$  obtenue dans le traitement T1 et une valeur maximale de 10,66  $\mu\text{g/ml}$  obtenue dans le traitement T6 avec une moyenne de 10,52  $\mu\text{g/ml}$ . Ça ne nous empêche pas de dire qu'il y a un effet du site sur l'essai en général, l'effet du site sur l'assimilation des plantes n'est pas pris en considération vu que les écarts types entre les traitements des deux sites sont très faibles voir non significatifs (**Annexe 2**) avec une moyenne de 0,07  $\mu\text{g/ml}$  (figure 14).

## Résultat et discussion



**Figure 14 :** Résultats du dosage de l'azote dans la plante (phase montaison) pour les sept traitements entre les deux sites.

Chaque unité d'azote apportée aux cultures doit être la plus efficace possible. Autrement dit, il faut rechercher les conditions et les outils qui permettent que la plus grande part possible de l'azote apportée soit réellement absorbée par les plantes, et au bon moment.

Ce sont tout d'abord les conditions de croissance et les conditions climatiques au moment des apports qui régissent cette efficacité. Il s'agit donc d'apporter l'azote au bon stade, mais aussi juste avant une période de pluie.

Les connaissances de la physiologie des cultures et des caractéristiques météorologiques d'une région permettent de prévoir les périodes les plus propices à de bonnes absorptions d'azote (Anonyme, 2013)

L'efficacité de valorisation d'azote est influencée aussi bien par l'effet génotypique, mais également par le niveau de fertilisation (Cox et *al.*, 1986 ; Papakosta & Garianas, 1991) et les interactions génotype × environnement (Przulj & Momcilovic, 2001).

Certaines variétés absorbent et remobilisent l'azote d'une manière plus efficace que d'autres variétés lorsque sa quantité disponible dans le milieu est faible et une variabilité de l'aptitude d'absorption d'azote (Sassi, 2008).

## Résultat et discussion

---

Schmidt & Von Fragstein, (1999) rapportent que le blé très est souvent semé après retournement des légumineuses fourragères, valorise l'enrichissement du sol en azote lié aux matières organiques compostées ou non.

L'accumulation des nitrates dépend essentiellement de l'ensoleillement (facteur principal pour la photosynthèse), la température (plus elle est élevée plus la minéralisation de la matière organique est importante, il en est de même pour l'absorption des éléments nutritifs par les racines et le métabolisme de la plante), la pluviométrie et l'irrigation (qui lessivent les nitrates présents dans le sol superficiel) et essentiellement du régime de fertilisation azotée (AFSSA, 2003)

Les réformes réglementaires, le développement d'outils de raisonnement de la fertilisation azotée sur de nombreuses cultures et le fractionnement des doses pour limiter les apports aux périodes de faible efficacité pour la culture, ont permis de réduire progressivement les doses totales d'azote apportées sur les céréales à paille, le blé en particulier. (Coudurier et Georget, 2013)

L'amélioration de la nutrition azotée du blé s'accompagne d'un accroissement des prélèvements (Mhiri, 2002)

La vitesse d'assimilation de l'azote inorganique au niveau des feuilles est plus importante à la lumière qu'à l'obscurité, reflétant l'importance de la photosynthèse pour la fourniture d'énergie à la voie métabolique d'assimilation de l'azote (Reed et al, 1983 ; Matt et al, 2001)

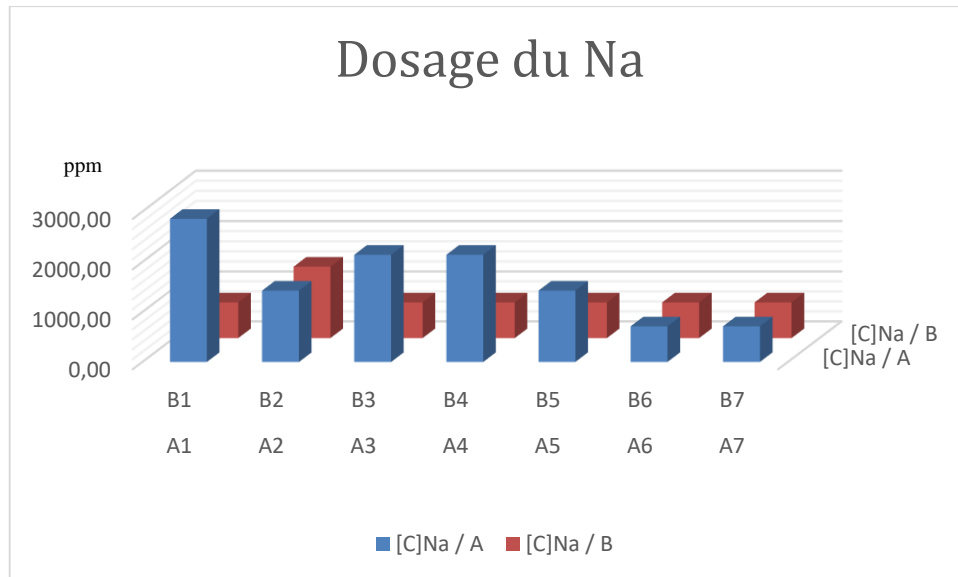
La réduction des nitrates en ammonium se fait en deux étapes, Majoritairement au niveau des feuilles chez les plantes herbacées comme le blé. (Bogard, 2011).

### **2.2. Résultat du dosage du Na**

Le dosage du Na a donné des résultats plus différents entre sites, nous pouvons remarquer pour le site A que les valeurs sont dans un intervalle situé entre un minimum de 714,29 ppm pour les deux derniers traitements T6 et T7 et un maximum de 2857,14 ppm pour le premier traitement T1 avec une moyenne de 1632,65 ppm, pour le site B nous remarquons que les valeurs sont inférieures par rapport au site A et elles sont presque constantes à une valeur de 714,29 ppm pour tous les traitements sauf le traitement T2 qui a marqué une valeur de

## Résultat et discussion

1428,57 ppm la moyenne du site et de 816,33 ppm. Les différences entre les concentrations des deux sites sont larges ce qui signifie qu'il y a un effet significatif (**Annexe 2**) du site sur l'essai. (Figure 15).



**Figure 15** : Résultats du dosage du sodium dans la plante (phase montaison) pour les sept traitements entre les deux sites.

Selon El-Ashry (2013), L'application combinée d'engrais a amélioré le K : Na parallèlement à l'augmentation du taux d'engrais mais les ratios Ca : Na et Ca : (Na + K) diminuent, pour cela, l'Application de N P K pourrait être bénéfique pour améliorer la capacité de survie des plantes avec un stress abiotique comme l'irrigation avec de l'eau de mauvaise qualité, Mirza (2018) souligne que Sous stress salin, K aide à maintenir l'homéostasie ionique et à réguler l'osmotique équilibre.

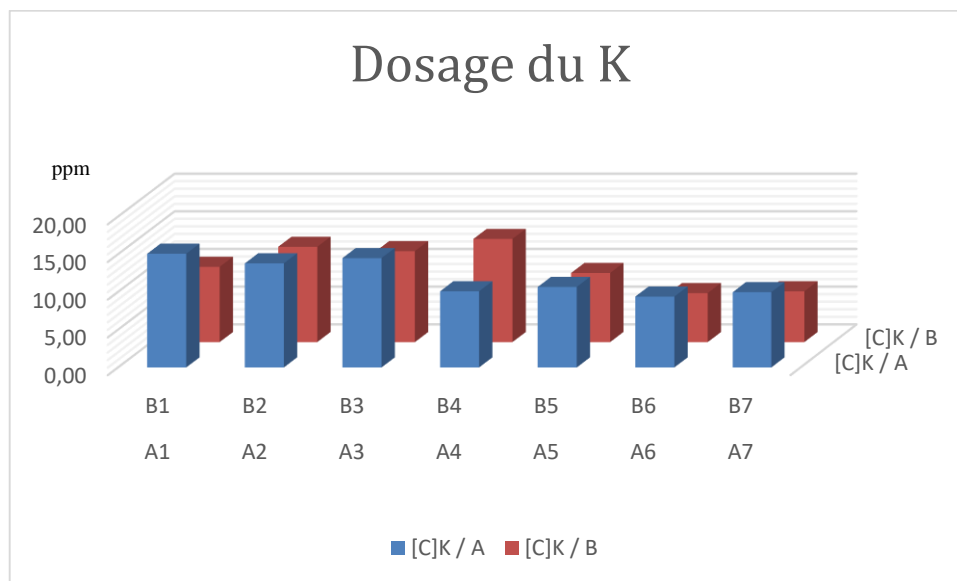
### 2.3. Dosage du potassium K

Les résultats obtenus lors du dosage du K, montrent des différences de moyennes entre traitements et entre sites, pour le site A nous notons une concentration maximale de 15,07 ppm pour le traitement T1 et une concentration minimale de 9,39 ppm pour le traitement T6 avec une moyenne de 11,92 ppm, pour le site B nous notons une concentration minimale de 6,49 ppm pour le traitement T6 et une concentration maximale de 13,68 ppm pour le traitement T4

## Résultat et discussion

avec une moyenne de 10,1 ppm. Nous remarquons que la faible concentration est marquée dans le traitement T6 sur les deux sites.

Les différences entre les concentrations des deux sites sont larges ce qui signifie qu'il y a un effet significatif (**Annexe 2**) du site sur l'essai (Figure 16).



**Figure 16 :** Résultats du dosage du potassium dans la plante (phase montaison) pour les sept traitements entre les deux sites.

Pour le riz qui est une plante modèle pour les céréales, l'augmentation de la dose de K induit une diminution de l'efficacité agronomique, cette dernière présente l'indice agronomique pour l'évolution de l'efficacité des nutriments (Akassimadou et *al.*, 2017).

Les quantités de P et de K prélevées en un temps donné par une racine de la plante sont proportionnelles à la concentration des ions aux abords de la zone active de la racine (Castillon et *al.*, 1995).

Le  $K^+$  est mobilisé en quantité supérieure à l'azote. La plus grande partie du potassium est présente dans les feuilles et les tiges et sert à maintenir la plante par turgescence. (Anonyme i non daté)

## Résultat et discussion

---

L'augmentation de la dose de phosphore a généré un prélèvement significatif du potassium par la culture de blé qui a réagi favorablement à l'apport d'engrais phosphaté.

En ce qui concerne le potassium, le maximum d'absorption se situe en générale au moment du remplissage du grain. Une forte perte du potassium dans le sol se produit lors de la formation du grain ce qui correspond à la maturité pour les céréales ou la partie la plus fortement consommée se trouve entre la fin du tallage et le début de floraison qui correspond au taux d'absorption du potassium le plus élevé (Loue, 1982).

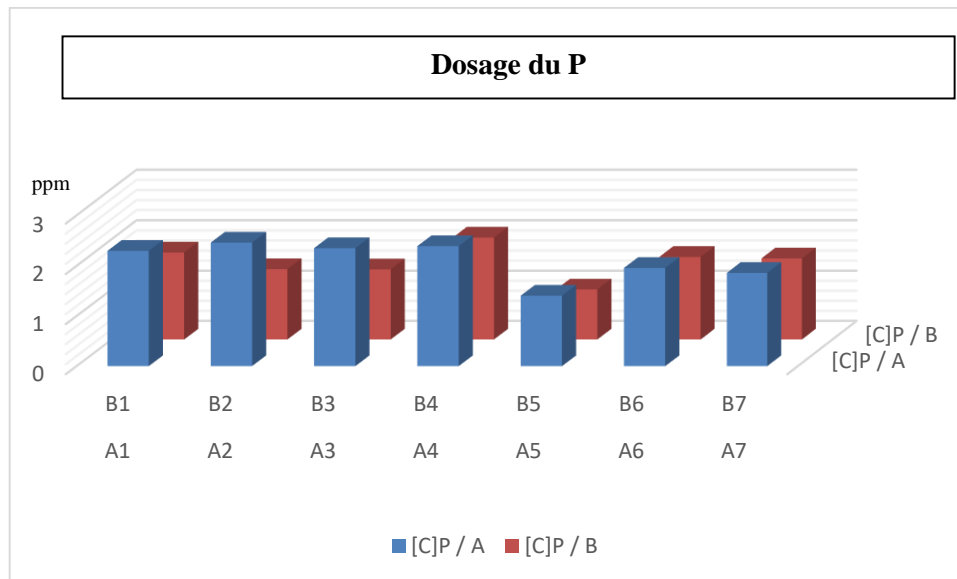
Pour le potassium, la notion de potassium échangeable minimal devrait aussi être prise en considération : c'est la quantité de potassium échangeable restant présente dans le sol alors que la plante souffre de carence aiguë, voire létale, en potassium ; ce semble être une caractéristique intrinsèque d'un sol donné, quel que soit l'historique de fertilisation (Villemin et *al.*, 1993)

### 2.4. Dosage du phosphore P

Le dosage du P a montré des différences entre les deux sites surtout, nous remarquons que les concentrations du site A sont moyennement variantes et elles se situent entre un minimum de 1,407 ppm chez le traitement T5 et un maximum de 2,461 ppm chez le traitement T2 avec une moyenne de 2,104 ppm, les concentrations du site B sont un peu inférieures à celles du premier site avec un minimum de 0,999 ppm chez le traitement T5 et un maximum de 2,029 ppm chez le traitement T4 la moyenne du site et de 1,547 ppm. Nous remarquons que pour cet élément-là on retrouve concentration minimale seulement chez le traitement T4 (Figure 17). Les différences entre les concentrations des deux sites sont plus au larges ce qui signifie qu'il y a un effet significatif (**Annexe 2**) du site sur l'essai.



## Résultat et discussion



**Figure 17 :** Résultats du dosage du phosphore dans la plante (phase montaison) pour les sept traitements entre les deux sites.

L'importance de la déficience en phosphore, l'estimation des besoins en P des principales cultures et l'évaluation de l'efficacité des différents types d'engrais ont fait l'objet de nombreuses recherches (Pichot et Roche, 1972). Le phosphore absorbé par la plante est la somme du phosphore dérivé du sol et aussi des fertilisant appliqué (Gallet et *al.*, 2003).

Le phosphore disponible dans les plantes est composé d'ions phosphate qui peut se déplacer vers la racine de la plante pendant la croissance des plantes (Frossard et *al.*, 2000).

Gallet et *al.*, (2003) ont montré que la quantité du P dérivée des engrais repris par les plantes dépendait de la quantité totale d'engrais ajoutée aux sols et sur les exigences P de la plante. Ainsi, l'absorption du P provient d'engrais résiduels ou frais par les plantes n'est pas seulement déterminé par la disponibilité du sol P, mais est également motivé par la demande végétale de P qui elle-même est contrôlée par l'accumulation d'assimilés issus de la photosynthèse et par son statut azoté (Gallet et *al.*, 2003).

D'après Hafsi, (1990) il existe des interactions entre les engrais azotés et phosphatés, qui font augmenter le rendement, améliorent la solubilité et l'absorption du phosphore.

## Résultat et discussion

### 2.5. Protéines totales

Les résultats obtenus après le dosage des protéines totales ont montré des résultats différents pour le site A, ces résultats varient entre 1682.33 ppm enregistré pour le traitement T5 et 2083.67 ppm enregistré pour le traitement T1 avec une moyenne de 1907.14 ppm  $\pm$  277.25 ppm. Pour le site B les résultats sont entre 1491.33 ppm enregistré pour le traitement T2 et 1886.33 ppm enregistré pour le traitement T7 avec une moyenne de 1683.33 ppm  $\pm$  224.68 ppm. L'effet du traitement a montré une différence significative vu que l'analyse de la variance (**Annexe 2**) nous a permis de répartir les résultats en 5 groupes homogènes avec un coefficient de variation Cv = 0.74 (Tableau 7).

**Tableau 7 :** Moyennes de la teneur en protéines totales dans la feuille étandard des différents traitements entre les deux sites étudiés avec les groupes homogènes

	Dosage des protéines totales		
	Site A	Site B	Moyennes
<b>T1</b>	2083,67 $\pm$ 337,51 <b>a</b>	1679,33 $\pm$ 151,76 <b>abc</b>	1881,50 $\pm$ 285,91
<b>T2</b>	1909,00 $\pm$ 132,43 <b>abc</b>	1491,33 $\pm$ 136,35 <b>c</b>	1700,17 $\pm$ 295,33
<b>T3</b>	2030,33 $\pm$ 330,02 <b>ab</b>	1800,00 $\pm$ 284,76 <b>abc</b>	1915,17 $\pm$ 162,87
<b>T4</b>	1981,33 $\pm$ 236,27 <b>ab</b>	1607,33 $\pm$ 268,78 <b>bc</b>	1794,33 $\pm$ 264,46
<b>T5</b>	1682,33 $\pm$ 167,37 <b>abc</b>	1511,67 $\pm$ 295,03 <b>c</b>	1597,00 $\pm$ 120,68
<b>T6</b>	1930,00 $\pm$ 237,23 <b>abc</b>	1807,33 $\pm$ 266,56 <b>abc</b>	1868,67 $\pm$ 86,74
<b>T7</b>	1733,33 $\pm$ 499,93 <b>abc</b>	1886,33 $\pm$ 169,49 <b>abc</b>	1809,83 $\pm$ 108,19
<b>Moyennes</b>	<b>1907,14 <math>\pm</math> 277,25</b>	<b>1683,33 <math>\pm</math> 224,68</b>	<b>1795,24 <math>\pm</math> 189,17</b>

Selon Boufenar et Zaghouane, 2006. A la période de la maturation ou la photosynthèse et très intense, la matière sèche synthétisée dans les feuilles est entièrement destinée à l'accumulation des réserves. La photosynthèse nette qui persiste dans les dernières feuilles vertes assure l'accumulation et la migration des réserves dans les feuilles (Guerif et Ounes, 2010).

### 1.1. Taux de chlorophylle a, b et totale et caroténoïdes

Le taux de la chlorophylle (a) enregistré dans le site A est variable, où nous avons noté une valeur minimale de 19.44  $\mu\text{g/ml}$  pour le T1 et une valeur maximum de 25.81  $\mu\text{g/ml}$  pour le T2, la moyenne observée et de  $22.35 \pm 2.79$   $\mu\text{g/ml}$ . Le site B montre une variation entre une valeur de 18.82  $\mu\text{g/ml}$  pour le T3 et 23.60  $\mu\text{g/ml}$  pour le T6, avec une moyenne de  $20.63 \pm 3.02$   $\mu\text{g/ml}$ .

L'existence de 5 groupes homogènes (**Annexe 2**) en utilisant l'analyse de la variance pour les 2 sites avec le test Newman et Keuls, montre que l'effet des traitements est significatif pour ce paramètre.

Cependant, dans le site A nous remarquons que les valeurs de la chlorophylle b sont situées dans l'intervalle de 7.9  $\mu\text{g}/\mu\text{l}$  pour le T3 à 13.49  $\mu\text{g/ml}$  pour le T2, avec une moyenne de  $10,22 \pm 2.49$   $\mu\text{g/ml}$ . Pour le site b, les valeurs de la chlorophylle B enregistrées sont situées entre, un minimum de 7.42  $\mu\text{g}/\mu\text{l}$  pour le T2 et un maximum de 11,19  $\mu\text{g}/\mu\text{l}$  pour le T6, ce site a une moyenne de  $8,91 \pm 2,1$   $\mu\text{g}/\mu\text{l}$ .

Après l'analyse de la variance (**Annexe 2**), nous remarquons que l'effet du traitement est significatif sur les deux sites, les résultats obtenus sont répartis sur 5 groupes homogènes dont le  $Cv = 0.75$ .

Pour la chlorophylle totale sur le site A nous voyons qu'il y a une différence entre traitements où les résultats varient entre 27.34  $\mu\text{g}/\mu\text{l}$  obtenu du traitement T3 et 39.31  $\mu\text{g}/\mu\text{l}$  obtenu du traitement T2 avec une moyenne de  $32,57 \pm 5.26$   $\mu\text{g}/\mu\text{l}$ , sur le site B les résultats aussi varient entre 26.37  $\mu\text{g}/\mu\text{l}$  obtenu du traitement T2 et 34,79 obtenu du traitement T6. L'analyse de la variance nous permet de dire que l'effet du traitement est significatif, les résultats des deux sites (**Annexe 2**) sont répartis sur 5 groupes homogènes (Tableau 8).

## Résultat et discussion

**Tableau 8 :** Moyennes du taux des chlorophylles a, b et totale dans la feuille étendard des différents traitements entre les deux sites étudiés avec les groupes homogènes

	Chl A				Chl B				Chl T			
	Site A	Site B	Moyenne	ET	Site A	Site B	Moyenne	ET	Site A	Site B	Moyenne	ET
T1	21,65 ± 5,03 <b>abc</b>	21,06 ± 2,74 <b>a</b>	21,35 ± 0,42	0,4 2	10,31 ± 4,63 <b>abc</b>	9,17 ± 4,03 <b>abc</b>	9,74 ± 0,81	0,8 1	31,96 ± 9.65 <b>abc</b>	30,23 ± 8.79 <b>abc</b>	31,09 ± 1.23	1,2 3
T2	25,81 ± 2,74 <b>a</b>	18,96 ± 1,06 <b>bc</b>	22,38 ± 4,85	4,8 5	13,49 ± 3,05 <b>a</b>	7,42 ± 0,33 <b>c</b>	10,46 ± 4,29	4,2 9	39,31 ± 5.78 <b>a</b>	26,37 ± 1.35 <b>c</b>	32,84 ± 9.14	9,1 4
T3	19,44 ± 1,43 <b>bc</b>	18,82 ± 7,33 <b>c</b>	19,13 ± 0,44	0,4 4	7,90 ± 0,78 <b>bc</b>	8,76 ± 4,97 <b>bc</b>	8,33 ± 0,61	0,6 1	27,34 ± 2.21 <b>bc</b>	27,58 ± 12.27 <b>bc</b>	27,46 ± 0.18	0,1 8
T4	20,86 ± 0,5 <b>abc</b>	19,05 ± 0,76 <b>bc</b>	19,96 ± 1,28	1,2 8	8,66 ± 0,56 <b>bc</b>	7,47 ± 0,41 <b>c</b>	8,06 ± 0,84	0,8 4	29,52 ± 0.98 <b>abc</b>	26,52 ± 1.03 <b>c</b>	28,02 ± 2.12	2,1 2
T5	20,47 ± 5,26 <b>abc</b>	22,81 ± 0,87 <b>abc</b>	21,64 ± 1,65	1,6 5	8,43 ± 3,33 <b>bc</b>	10,04 ± 0,64 <b>abc</b>	9,23 ± 1,14	1,1 4	28,90 ± 8.55 <b>abc</b>	32,85 ± 147 <b>abc</b>	30,87 ± 2.79	2,7 9
T6	23,33 ± 2,34 <b>abc</b>	23,60 ± 4,86 <b>abc</b>	23,46 ± 0,19	0,1 9	10,50 ± 1,93 <b>abc</b>	11,19 3,21 <b>abc</b>	10,85 ± 0,49	0,4 9	33,83 ± 4.24 <b>abc</b>	34,79 ± 8.07 <b>abc</b>	34,31 ± 0.68	0,6 8
T7	24,92 ± 2,25 <b>ab</b>	20,12 ± 1,49 <b>abc</b>	22,52 ± 3,39	3,3 9	12,22 ± 3,16 <b>ab</b>	8,30 ± 1,09 <b>bc</b>	10,26 ± 2,77	2,7 7	37,13 ± 5.37 <b>ab</b>	28,42 ± 2.51 <b>bc</b>	32,78 ± 6.16	6,1 6
Mo y	22,35 ± 2,79	20,63 ± 3,02	21,49 ± 1,75	1,7 5	10,22 ± 2,49	8,91 ± 2,1	9,56 ± 1,56	1,5 6	32,57 ± 5.26	29,54 ± 5.07	31,05 ± 3.19	3,1 9
				CV				CV				CV
				0,5 7				0,8 6				0,7 2

## Résultat et discussion

Les résultats du taux de caroténoïdes du site A varient entre 5,06  $\mu\text{g}/\mu\text{l}$  enregistrés dans le T1 et 5,49  $\mu\text{g}/\mu\text{l}$  pour le T2, la moyenne de ces valeurs est de  $5,14 \pm 0,44 \mu\text{g}/\mu\text{l}$ .

Les résultats du taux de caroténoïdes du site B varient entre 4,47  $\mu\text{g}/\mu\text{l}$  enregistré dans le T3 et 5,02  $\mu\text{g}/\mu\text{l}$  pour le T7, la moyenne calculer est de  $5,16 \pm 0,63 \mu\text{g}/\mu\text{l}$ .

Les traitements ont un effet plus au moins significatif sur les deux sites, l'analyse de la variance a permis la répartition des résultats en 3 groupes homogènes (**Annexe 2**).

### 1.2. Teneur en chlorophylle SPAD

La teneur en chlorophylle mesurer par le SPAD dans le site A varient entre 42,38 unité SPAD pour le traitement T5 et 71,73 unité SPAD enregistré dans le T6. Les valeurs notées dans le site B varient entre 44,47 unités SPAD pour le traitement T7 et 38,08 unités SPAD pour le traitement T7. (Tableau 9)

L'analyse de la variance du taux de la chlorophylle a montré un effet moyennement significatif du traitement avec 3 groupes homogènes avec un CV = 1.64. (**Annexe 2**)

**Tableau 9 :** Moyennes de la teneur en chlorophylle mesuré par SPAD des différents traitements entre les deux sites étudiés avec les groupes homogènes.

	Taux de chlorophylle par SPAD		
	Site A	Site B	Moyennes
<b>T1</b>	66,2 $\pm$ 27,22 <b>ab</b>	44,47 $\pm$ 2,74 <b>ab</b>	55,33 $\pm$ 15,37
<b>T2</b>	62,48 $\pm$ 24,71 <b>ab</b>	43,67 $\pm$ 0,91 <b>ab</b>	53,08 $\pm$ 13,31
<b>T3</b>	51,9 $\pm$ 19,29 <b>ab</b>	43,02 $\pm$ 0,92 <b>ab</b>	47,46 $\pm$ 6,28
<b>T4</b>	59,77 $\pm$ 27,58 <b>ab</b>	42,8 $\pm$ 1,32 <b>ab</b>	51,28 $\pm$ 12,0
<b>T5</b>	42,38 $\pm$ 7,63 <b>ab</b>	42,33 $\pm$ 3,67 <b>ab</b>	42,36 $\pm$ 0,04
<b>T6</b>	71,73 $\pm$ 34,27 <b>a</b>	40,3 $\pm$ 1,28 <b>b</b>	56,02 $\pm$ 22,23
<b>T7</b>	57,33 $\pm$ 24,57 <b>ab</b>	38,08 $\pm$ 3,24 <b>b</b>	47,71 $\pm$ 13,61
<b>Moyennes</b>	58,83 $\pm$ 23,61	42,1 $\pm$ 2,01	50,46 $\pm$ 11,83

Al Hachem, 2014 a montré l'influence du phosphore sur les teneurs en chl a, chl b et chl a+b, varie en fonction des variétés. La variabilité génétique a sa part de responsabilité, pour le dosage des chlorophylles à savoir, la chlorophylle a et b, en particulier, montre une variation proportionnelle avec la dose de phosphore.

La teneur en chlorophylle des feuilles s'est distinguée par une augmentation dans les doses croissantes d'azote. Cette augmentation pourrait être attribuée à la localisation de la majorité de l'azote dans les molécules de chlorophylle, ce qui exprime la bonne corrélation entre la teneur de la feuille en chlorophylle et sa teneur en azote Moughli, (2010). Zhang et *al.* (1997) ont montré que la fertilisation azotée stimule la synthèse de la chlorophylle mais non la photosynthèse. Selon Erne et Lannoye (1991), 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.

Un apport en azote augmente la surface foliaire, la concentration en chlorophylle, et la durée de vie des feuilles (Gastal et Nelson, 1994; Triboï et Ntonga, 1993; Yang et Zhang, 2006; Kichey et *al.*, 2007).

## **2. Paramètres physiologiques**

La température de l'épi a enregistré des valeurs fluctuantes entre 16,17° C pour le traitement 5 et 18,87° C pour le traitement 2 et ceci pour le site A avec une moyenne de 18,03±1,47° C. Au deuxième site les valeurs ont une valeur minimale de 40,1° C pour le traitement T6 et un maximum de 41,1 ° C pour le traitement T5 et une moyenne de 40,5 ± 1,74° C. Nous remarquons que l'effet des traitements entre les sites est significatif (**Annexe 3**) (l'analyse de variance nous a permis de dégager 5 groupes homogènes pour ce paramètre avec un Cv = 0.46 (Tableau 10).

**Tableau 10 :** Moyennes des températures de l'épi et de la feuille des différents traitements entre les deux sites étudiés avec les groupes homogènes.

Traitement	Température de l'épi			Température de la feuille		
	Site A	Site B	Moyenne	Site A	Site B	Moyenne
<b>T1</b>	18,65 ± 2,04 <b>a</b>	18,03 ± 1,74 <b>abc</b>	18,34 ± 0,44	20,83 ± 1,8 <b>abc</b>	19,93 ± 2,37 <b>abc</b>	20,38 ± 0,64
<b>T2</b>	18,87 ± 1,39 <b>a</b>	16,9 ± 0,53 <b>abcd</b>	17,88 ± 1,39	22,33 ± 3,63 <b>a</b>	20,07 ± 1,11 <b>abc</b>	21,2 ± 1,6
<b>T3</b>	17,13 ± 0,57 <b>abcd</b>	17,07 ± 0,85 <b>abcd</b>	17,1 ± 0,05	18,67 ± 1,27 <b>bcd</b>	17,6 ± 2,1 <b>cde</b>	18,13 ± 0,75
<b>T4</b>	19 ± 3 <b>a</b>	15,5 ± 0,96 <b>d</b>	17,25 ± 2,47	20,67 ± 2,34 <b>abc</b>	15,53 ± 1,8 <b>def</b>	18,1 ± 3,63
<b>T5</b>	16,17 ± 0,38 <b>bcd</b>	15,47 ± 0,31 <b>d</b>	15,82 ± 0,49	18,63 ± 1,3 <b>bcd</b>	14,67 ± 2,04 <b>ef</b>	16,65 ± 2,8
<b>T6</b>	18,3 ± 1,31 <b>ab</b>	15,9 ± 0,26 <b>cd</b>	17,1 ± 1,7	21,1 ± 1,55 <b>ab</b>	17,83 ± 2,63 <b>bcde</b>	19,47 ± 2,31
<b>T7</b>	18,07 ± 1,63 <b>abc</b>	16,13 ± 0,59 <b>bcd</b>	17,1 ± 1,37	20,23 ± 1,81 <b>abc</b>	14,23 ± 0,29 <b>f</b>	17,23 ± 4,24
<b>Moyenne</b>	18,03 ± 1,47	16,43 ± 0,75	17,23 ± 1,13	20,35 ± 1,96	17,12 ± 1,76	18,74 ± 2,28

Nous remarquons aussi, pour la température des feuilles les valeurs du site A, changent dans l'intervalle de 18,63° C (minimum) pour le traitement T5 et 22,33° C (maximum) pour le traitement T2 avec une moyenne de 20,35 ± 1,96° C. Au deuxième, site la température minimale est de 14,23° C enregistré pour le traitement T4 et la température maximale est de 20,07°C enregistrée pour le traitement T2, la moyenne est de 17,12 ± 1,76° C.

L'effet du traitement entre les sites est hautement significatif (**Annexe 3**) et l'analyse de la variance nous a permis de dégager 9 groupes homogènes, le Cv = 0,85.

La température conditionne à tout moment la physiologie du blé, selon (Ruel, 1996), la vitesse de développement du blé est proportionnelle à la température. (Soltner, 2005).

### 3. Composantes du rendement

#### 3.1. Nombre d'épis/ m<sup>2</sup>

Les résultats obtenus pour ce paramètre dans le site A, les valeurs varient d'un intervalle qui va de 293.33 épis/m<sup>2</sup> à 391.67 épis/m<sup>2</sup> dans le traitement T5 et T2 respectivement, la moyenne de tous les traitements est de  $341.9 \pm 63,84$  épis/m<sup>2</sup>, tandis que les résultats du site B se trouvent dans un intervalle qui va de 258.33 épis/m<sup>2</sup> à 360 épis/m<sup>2</sup> dans le traitement T7 et T1 respectivement avec une moyenne de  $323.81 \pm 50.33$  épis/m<sup>2</sup>, après analyse de la variance, nos résultats étaient réparties en 3 groupes homogènes, donc l'effet été moyennement significatif (**Annexe 4**), le coefficient de variation est de  $CV = 0.59$  (tableau 11)

**Tableau 11** : Moyennes des épis/ m<sup>2</sup> des différents traitements entre les deux sites étudiés avec les groupes homogènes

	Nombre d'épis / m <sup>2</sup>		
	Site A	Site B	Moyennes
<b>T1</b>	$367,5 \pm 85,11$ a	$360 \pm 11,46$ ab	$363,75 \pm 5,3$
<b>T2</b>	$391,67 \pm 60,33$ a	$354,17 \pm 55,08$ ab	$372,92 \pm 26,52$
<b>T3</b>	$315 \pm 30,72$ ab	$353,33 \pm 40,72$ ab	$334,17 \pm 27,11$
<b>T4</b>	$315 \pm 30,72$ ab	$299,17 \pm 81,29$ ab	$307,08 \pm 11,2$
<b>T5</b>	$293,33 \pm 57,52$ ab	$330,83 \pm 85,2$ ab	$312,08 \pm 26,52$
<b>T6</b>	$365 \pm 73,78$ a	$310,83 \pm 45,02$ ab	$337,92 \pm 38,3$
<b>T7</b>	$345,83 \pm 108,67$ ab	$258,33 \pm 33,57$ b	$302,08 \pm 61,87$
<b>Moyennes</b>	<b><math>341,9 \pm 63,84</math></b>	<b><math>323,81 \pm 50,33</math></b>	<b><math>332,86 \pm 28,12</math></b>

#### 3.2. Nombre de grains par épi

Le nombre de graines par épi a donné des résultats qui varient entre 50.67 graines par épi noter pour le traitement T6 et 69 graines par épi noter pour le traitement T7. Sur le site B nous remarquons que les résultats ont marqué un minimum de 41.33 graines/ épi noter pour le traitement T2 et un maximum de 64.33 graines/ épi noter pour le traitement T6 (Tableau 12).



**Tableau 12 :** Moyennes des grains par épi des différents traitements entre les deux sites étudiés avec les groupes homogènes

	Nombre de grains par épi		
	Site A	Site B	Moyennes
<b>T1</b>	51 ± 3.61 <b>abc</b>	45,33 ± 4.73 <b>bc</b>	48.17 ± 4.01
<b>T2</b>	65 ± 1.73 <b>a</b>	41,33 ± 4.04 <b>c</b>	53.17 ± 16.73
<b>T3</b>	60,67 ± 6.81 <b>abc</b>	50,33 ± 2.89 <b>abc</b>	55.50 ± 7.31
<b>T4</b>	55,67 ± 10.07 <b>abc</b>	54,00 ± 15.59 <b>abc</b>	54.83 ± 1.18
<b>T5</b>	62,67 ± 18.90 <b>ab</b>	52,33 ± 25.11 <b>abc</b>	57.50 ± 7.31
<b>T6</b>	50,67 ± 14.57 <b>abc</b>	64,33 ± 10.02 <b>ab</b>	57.50 ± 9.66
<b>T7</b>	69 ± 4.36 <b>a</b>	52,67 ± 11.59 <b>abc</b>	60.83 ± 11.55
<b>Moyennes</b>	<b>59,24± 8.58</b>	<b>51,48± 10.57</b>	<b>55.36± 8.25</b>

L'analyse statistique montre que l'effet du traitement sur ce paramètre est significatif, et les résultats obtenus pour les traitements des deux sites sont répartis sur 5 groupes homogènes.  $Cv = 1.04$ . (**Annexe 4**).

### 3.3. Poids frais des épis

Le poids frais des épis a montré une différence plus ou moins légère entre les deux sites. Sur le site A nous notons une valeur minimale de 28.04 g pour le traitement T6 et une valeur maximale de 35.02 g pour le traitement T7 avec une moyenne de  $30.75 \pm 3.45$  g. Sur le site B, nous notons une valeur minimale de 22.71 g pour le traitement T6 et une valeur maximale de 28.52 g pour le traitement T3 avec une moyenne de  $26.07 \pm 3.13$  g. Ces résultats avec une analyse statistique ont indiqué qu'il y a un effet significatif et on a pu les répartir sur 6 groupes homogènes. Le  $CV = 0,82$  (Tableau 13). (**Annexe 4**)

**Tableau 13 :** Moyennes des poids frais des épis des différents traitements entre les deux sites étudiés avec les groupes homogènes

	<b>Poids frais des épis</b>		
	<b>Site A</b>	<b>Site B</b>	<b>Moyennes</b>
<b>T1</b>	30,21 ± 4,31 <b>ab</b>	26,63 ± 3,35 <b>bcd</b>	28,42 ± 2,53
<b>T2</b>	32,55 ± 4,22 <b>ab</b>	26,47 ± 3,76 <b>bcd</b>	29,51 ± 4,30
<b>T3</b>	29,29 ± 1,48 <b>abc</b>	28,52 ± 6,62 <b>bcd</b>	28,91 ± 0,54
<b>T4</b>	29,00 ± 0,68 <b>abc</b>	27,27 ± 1,41 <b>bcd</b>	28,14 ± 1,23
<b>T5</b>	31,16 ± 4,36 <b>ab</b>	27,14 ± 0,98 <b>bcd</b>	29,15 ± 2,84
<b>T6</b>	28,04 ± 3,76 <b>bc</b>	22,71 ± 3,44 <b>d</b>	25,38 ± 3,77
<b>T7</b>	35,02 ± 5,31 <b>a</b>	23,73 ± 2,35 <b>cd</b>	29,38 ± 7,99
<b>Moyennes</b>	<b>30,75 ± 3,45</b>	<b>26,07 ± 3,13</b>	<b>28,41 ± 3,31</b>

### 3.4.Poids sec des épis

Les pesés du poids sec des épis ont donnés des résultats fluctuants. Nous remarquons que les résultats du site A varient entre 15.44 g noté pour le traitement T1 et 20.35 g noté pour le traitement T7 avec une moyenne de  $17.25 \pm 2,1$ g. Les résultats du site B varient entre 12.16 g noté pour le traitement T2 et 15.28 g noté pour le traitement T5 avec une moyenne de  $13.96 \pm 1.71$  g. L'analyse de la variance (**Annexe 4**) nous permettre de distinguer 8 groupes homogènes sur les quels nos résultats sont répartis, et donc nous pouvons dire qu'il y a un effet significatif le CV = 0,77 (Tableau 14).

**Tableau 14 :** Moyennes des poids secs des épis des différents traitements entre les deux sites étudiés avec les groupes homogènes

	Poids sec des épis		
	Site A	Site B	Moyennes
<b>T1</b>	15,44 ± 3,39 <b>bcde</b>	12,48 ± 0,93 <b>e</b>	13,96 ± 2,09
<b>T2</b>	18,04 ± 2,12 <b>ab</b>	12,16 ± 1,94 <b>e</b>	15,1 ± 4,16
<b>T3</b>	16,87 ± 0,98 <b>abcd</b>	14,96 ± 0,84 <b>bcde</b>	15,92 ± 1,36
<b>T4</b>	16,46 ± 0,38 <b>bcd</b>	14,57 ± 1,06 <b>bcde</b>	15,52 ± 1,33
<b>T5</b>	17,53 ± 2,39 <b>abc</b>	15,28 ± 3,17 <b>bcde</b>	16,41 ± 1,59
<b>T6</b>	16,04 ± 2,38 <b>bcd</b>	13,93 ± 2,51 <b>de</b>	14,99 ± 1,49
<b>T7</b>	20,35 ± 3,03 <b>a</b>	14,38 ± 1,54 <b>cde</b>	17,36 ± 4,22
<b>Moyennes</b>	17,25 ± 2,1	13,96 ± 1,71	15,61 ± 2,32

### 3.5. Poids de mille grains

Après la pesée de mille grains pour chaque échantillon, nous avons obtenu des résultats qui diffèrent des uns aux autres. Dans le site A, nous avons obtenu une valeur minimale de 44.34g pour le traitement T3 et une valeur maximale de 52.4g pour le traitement T7 avec une moyenne de 48.53±1.72g. Et pour le site B les valeurs minimale et maximale sont 47.17g pour le traitement T3 et 51.6g pour le traitement T6 respectivement avec une moyenne de 49.39± 2.35g. L'analyse de la variance (**Annexe 4**) nous permet de distinguer 8 groupes homogènes sur les quels nos résultats sont répartis, et donc nous pouvons dire qu'il y a un effet hautement significatif CV = 0,28 (Tableau 15).

**Tableau 15 :** Moyennes des poids de mille grains des différents traitements entre les deux sites étudiés avec les groupes homogènes

	Poids de Mille Grains		
	Site A	Site B	Moyennes
<b>T1</b>	49,46 ± 1,29 <b>abcd</b>	48,84 ± 1,85 <b>abcd</b>	49,15 ± 0,44
<b>T2</b>	47,33 ± 1,29 <b>cde</b>	49,32 ± 2,06 <b>abcd</b>	48,33 ± 1,4
<b>T3</b>	44,34 ± 0,74 <b>e</b>	47,17 ± 2,45 <b>cde</b>	45,75 ± 2
<b>T4</b>	48,31 ± 1,7 <b>bcde</b>	51,14 ± 0,99 <b>abc</b>	49,73 ± 2
<b>T5</b>	51,35 ± 1,92 <b>ab</b>	49,37 ± 2,73 <b>abcd</b>	50,36 ± 1,4
<b>T6</b>	46,55 ± 1,56 <b>de</b>	51,6 ± 0,7 <b>ab</b>	49,07 ± 3,57
<b>T7</b>	52,4 ± 3,51 <b>a</b>	48,31 ± 5,66 <b>bcde</b>	50,36 ± 2,89
<b>Moyennes</b>	<b>48,53 ± 1,72</b>	<b>49,39 ± 2,35</b>	<b>48,96 ± 1,96</b>

**Tableau 16 :** Tableau récapitulatif des différentes valeurs des composants de rendement

		Epi/m <sup>2</sup>	grains/épi	P.F.E	P.S.E	grains/épi	PMG	graines/m <sup>2</sup>	g/m <sup>2</sup>	qx/ha
T1	A	367,5	51	30,21	15,44	18742,5	49,46	18742,5	927,07	92,71
	B	258,33	45,33	23,73	12,48	11711,11	48,84	11711,11	572,01	57,20
T2	A	391,67	65	32,55	18,04	25458,33	47,33	25458,33	1205,03	120,50
	B	310,83	41,33	22,71	12,16	12847,78	49,32	12847,78	633,61	63,36
T3	A	315	60,67	29,29	16,87	19110	44,34	19110	847,27	84,73
	B	330,83	50,33	27,14	14,96	16651,94	47,17	16651,94	785,42	78,54
T4	A	330,83	55,67	29,00	16,46	18416,39	48,31	18416,39	889,70	88,97
	B	299,17	54	27,27	14,57	16155	51,14	16155	826,17	82,62
T5	A	293,33	62,67	31,16	17,53	18382,22	51,35	18382,22	943,93	94,39
	B	353,33	52,33	28,52	15,28	18491,11	49,37	18491,11	912,97	91,30
T6	A	365	50,67	28,04	16,04	18493,33	46,55	18493,33	860,86	86,09
	B	354,17	64,33	26,47	13,93	22784,72	51,60	22784,72	1175,62	117,56
T7	A	345,83	69	35,02	20,35	23862,5	52,4	23862,5	1250,40	125,04
	B	360	52,67	26,63	14,38	18960	46,64	18960	884,36	88,44

**PFE** ; poids frais des épis **P.S.E** ; poids sec des épis **PMG** ; poids de mille graine

D'après l'analyse de la variance des composants de rendement nous remarquons un effet significatif sur tous les composants (**Annexe 4**),

Des études menées par Giroux et Lemieux 2010 ont montré que la fumure azotée a un effet important sur le rendement des prairies à dominance graminées.

D'autres études sur le riz (Sossa 2012.) ont permis de conclure que l'application des fertilisants N, P et K ont accru le rendement et le poids du grain.

Selon Zair (1994), le nombre d'épis par mètre carré dépend en premier lieu du facteur génétique, de la densité de semis, de la puissance du tallage, elle-même conditionnée par la nutrition azotée, et l'alimentation hydrique de la plante pendant la période de tallage

D'après Labidi (2016) l'apport d'azote influence le nombre de talles par plante qui est le premier composant du rendement ainsi le nombre et la fertilité des épis, jusqu'au remplissage de la graine.

Selon **Belaïd** (1986), le nombre de grains par épi est influencé par des facteurs trophiques dont l'azote est l'un des principaux éléments. L'addition du phosphore influence tous les composants du rendement (Boukhalfa 2011).

Halillat (2004) a démontré dans son étude que l'effet de l'apport des engrais azoté et potassique, sur les PMG et le nombre de grain qui sont les composants les plus déterminants du rendement du blé dur cultivé dans les zones sahariennes, ont connu une amélioration de ces deux composantes soutenues par une fertilisation azotée et potassique adéquate.

Ainsi, Le rendement en grains a présenté des différences significatives avec l'interaction N x K.

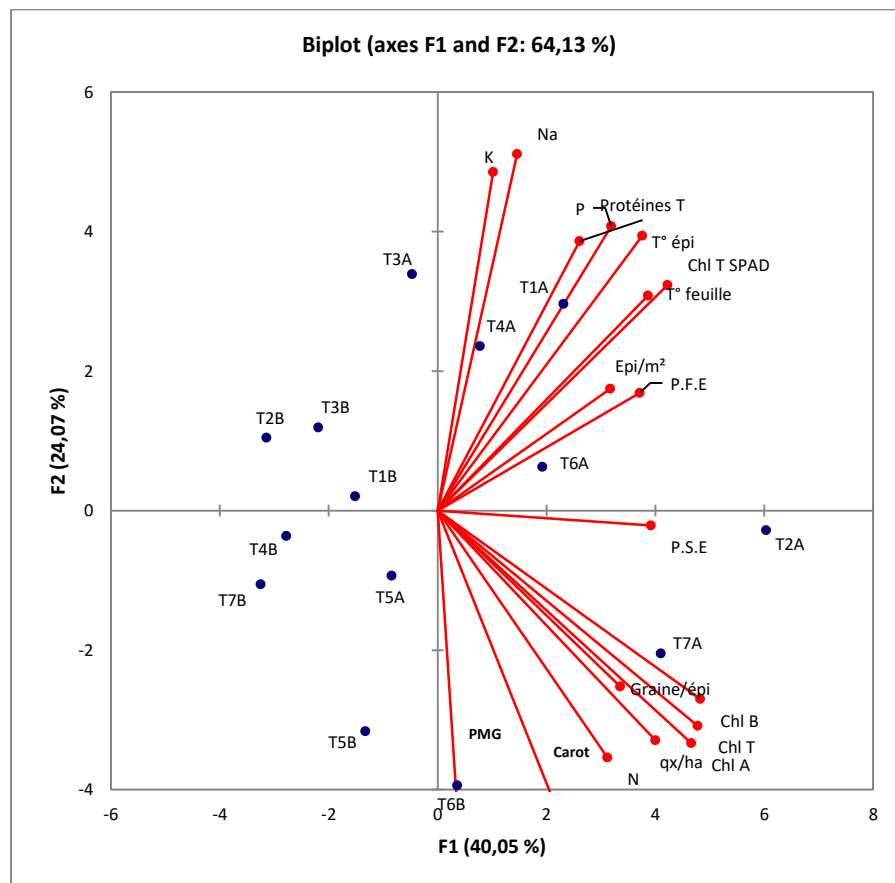
D'autres études menées par E.May et al 2008; montre qu'il y'a Aucune interaction entre N et P pour le rendement en grain. Ce dernier n'a pas été affecté par l'application de KCl et la mise en place de P ou de KCl

## Résultat et discussion

### Analyse en Composante Principale (ACP)

Dans l'objectif de savoir lesquels des paramètres étudiés sont influencés par les différents traitements de fertilisation entre les deux sites, une Analyse en Composante Principale (ACP) a été faite à l'aide du logiciel « XLSTAT, 2014 », (voir figure n°18 et Matrice de corrélation Annexe n°5) qui a pour objectif de déterminer les paramètres les plus discriminants parmi l'ensemble des éléments étudiés.

L'ACP indique que ce sont les teneurs en chlorophylle a, b et totales, le taux de chlorophylle (en unité SPAD), les températures des épis et des feuilles, le rendement théorique et ses composantes à l'exception du poids de mille grains, des poids frais et secs des épis ainsi que les dosages de l'azote total et du phosphore qui discriminent mieux (voir figure n°18 et la Matrice en Annexe) entre les deux sites et ceux-ci par rapport au facteur 1 (F1) de l'axe des ordonnées.



**Figure 18 :** Représentation des variables mesurées et des traitements de fertilisation sur le plan formé par les axes F1 et F2 de l'analyse en composantes principales des données des deux sites (Baaraouia et Massine).

## Résultat et discussion

---

Cependant, les dosages des éléments minéraux Na, K et P, ainsi que les protéines totales, et la température de l'épi séparent mieux entre les deux sites étudiés pour le facteur F2 de l'axe des abscisses, alors que la teneur en caroténoïdes, le poids de mille grains et l'azote total s'oppose fortement entre les deux sites analysés par rapport toujours à l'axe F2.

Les deux axes principaux de l'analyse en composantes principales des données des deux sites d'étude expliquent 40.05 et 24.07 % respectivement pour F1 et F2, soit un total de 64.13%. Généralement, tous les paramètres étudiés dans les deux sites sont bien corrélés avec l'axe 1 alors que le dosage des éléments Na, K et P, le taux de protéines totales, la température de l'épi et de la feuille, la teneur en chlorophylle SPAD, le nombre d'épis/m<sup>2</sup> et le poids frais des épis le sont avec l'axe 2. En effet, le long de l'axe 2 s'opposent ces derniers paramètres, positivement liés à cet axe, au poids de mille grains, au rendement théorique, au nombre de grains/épi, à l'azote totale, au taux des chlorophylles a, b et totale, au taux de caroténoïdes et au poids sec de l'épi, qui négativement liés à cet axe 2 (figure n°18).

Néanmoins l'effet des traitements entre les deux sites étudiés est différent, les traitements (T1, T4, T6, T2 et T7) au site A d'El-Baaraouia et T6 à Massine se démarquent par des valeurs élevées de l'ensemble des paramètres étudiés. A l'inverse les traitements T3 et T5 au premier site et les traitements T2, T3, T1, T4, T7 et T5 au deuxième site à Massine se démarquent par un faible effet de l'ensemble des paramètres étudiés.

Le long de l'axe 2, qui représente du côté positif le nombre d'épis/ m<sup>2</sup> et les protéines totales et du côté négatif le poids de mille grains et l'azote total, s'opposent les traitements T1, T3 et T4 au site A aux traitements T5 et T6 au site B et T5 et T7 au site A (Figure n°18).

Ces résultats suggèrent que le traitement T6 (NPK) au site A présente des valeurs contraires à celles du site B pour les composantes du rendement à l'exception de nombre d'épis/m<sup>2</sup>, les teneurs en chlorophylle (a, b et totale) teneur en caroténoïdes, le dosage de l'azote total et le poids sec de l'épi. Ainsi les variations des valeurs enregistrées pour l'ensemble des paramètres étudiés des traitements T3 (NP) et T5 (PK) entre les deux sites sont indépendantes des effets des traitements et du milieu. Cependant l'efficacité des traitements est beaucoup plus remarquée au premier site d'El-Baaraouia qu'au second site de Massine et surtout pour les traitements T1 (GNSS), T4 (NK), T6 (NPK), T2 (NP pratiques d'agriculteur) et T7 (témoin).

## Résultat et discussion

---

Nos résultats démontrent que le taux de protéines et la performance de rendement en grains sont deux caractéristiques difficilement associées chez le GTA-Dur et de ce fait la recherche du rendement en grains se paye par une baisse du taux de protéines. De plus chez ce génotype étudié, le rendement en grains est plus associé au poids de 1000 grains et au nombre de grains par épi qu'au nombre d'épis produit par m<sup>2</sup> (Figure n°18).



## Résultat et discussion

**Tableau 17** : Matrice de corrélation de l'analyse en composantes principales.

Variables	N	P	K	Na	Chl A	Chl B	Chl T	Cart	Chl T SPAD	Protéines T	T° épi	T° feuille	Epi/m <sup>2</sup>	Graine/épi	P.S.E	P.F.E	P.M.G	qx/ha	
N	<b>1</b>																		
P	0,0592	<b>1</b>																	
K	-0,0295	0,4863	<b>1</b>																
Na	-0,0989	<b>0,5893</b>	<b>0,6097</b>	<b>1</b>															
Chl A	<b>0,7366</b>	0,2087	-0,2394	-0,1405	<b>1</b>														
Chl B	<b>0,7514</b>	0,2455	-0,1126	-0,0947	<b>0,9610</b>	<b>1</b>													
Chl T	<b>0,7504</b>	0,2273	-0,1848	-0,1213	<b>0,9923</b>	<b>0,9879</b>	<b>1</b>												
Cart	0,4828	-0,0569	-0,4160	-0,3254	<b>0,7180</b>	<b>0,5935</b>	<b>0,6691</b>	<b>1</b>											
Chl T SPAD	0,1874	<b>0,6878</b>	0,3522	0,4643	0,4924	0,4997	0,5005	0,1219	<b>1</b>										
Protéines T	0,0240	<b>0,7523</b>	0,1876	<b>0,5835</b>	0,1602	0,2385	0,1969	-0,2868	<b>0,6231</b>	<b>1</b>									
T° épi	-0,0453	<b>0,6826</b>	0,3140	0,4832	0,3707	0,4360	0,4036	0,1202	<b>0,8273</b>	<b>0,5997</b>	<b>1</b>								
T° feuille	0,1093	<b>0,5778</b>	0,3779	0,4583	0,4088	0,4557	0,4338	0,2287	<b>0,7578</b>	0,3932	<b>0,8719</b>	<b>1</b>							
Epi/m <sup>2</sup>	0,3257	0,2384	0,4481	0,1571	0,4376	<b>0,5489</b>	0,4918	0,2528	<b>0,6064</b>	0,0858	<b>0,6561</b>	<b>0,7344</b>	<b>1</b>						
Graine/épi	0,4596	0,3027	-0,0944	0,0106	<b>0,5774</b>	<b>0,5657</b>	<b>0,5778</b>	0,1584	0,1433	0,2710	0,0333	0,1163	-0,1520	<b>1</b>					
P.S.E	0,2371	0,3679	0,1438	0,1640	<b>0,5336</b>	0,5282	<b>0,5364</b>	-0,0010	0,4885	0,3386	0,3396	0,3089	0,0891	<b>0,8021</b>	<b>1</b>				
P.F.E	0,0773	0,3751	0,5081	0,3162	0,3754	0,4276	0,4025	-0,0150	<b>0,5574</b>	0,1794	<b>0,5377</b>	<b>0,5558</b>	0,4427	0,4767	<b>0,8327</b>	<b>1</b>			
P.M.G	0,1549	-0,3047	-0,2053	-0,2279	0,2326	0,1837	0,2129	0,5025	-0,2378	-0,5157	-0,2733	-0,0638	-0,0962	0,2694	0,0881	0,1243	<b>1</b>		
qx/ha	<b>0,6768</b>	0,2483	-0,1663	-0,0174	<b>0,7702</b>	<b>0,7753</b>	<b>0,7800</b>	0,3180	0,2738	0,2683	0,1025	0,1502	0,0239	<b>0,8915</b>	<b>0,7274</b>	0,4085	0,3334	<b>1</b>	



---

---

***CONCLUSION ET  
PERSPECTIFS***

---

---

## Conclusion

---

### Conclusion

Au terme de ce travail nous avons pu conclure que nos résultats enregistrés pour la longueur des épis et des pédoncules ont un effet significatif entre les deux sites, vu que la valeur minimale du site B est supérieure à celle maximale notée au site A. nous avons pu constater que le traitement le plus efficace pour les deux paramètres et entre les deux sites est le T1 « GNSS », suivi du traitement T2 « NP pratique de l'agriculteur ».

Pour ce qui est de l'assimilation de l'azote, nous pouvons en conclure à partir des résultats obtenus que le traitement le plus efficace pour ce paramètre est celui du NPK « le sixième traitement » vu que les plantes aux parcelles qui ont reçues le traitement T6 « NPK » montrent un taux d'assimilation élevé et cela sur les deux sites. Nous pouvons noter aussi que particulièrement sur le site A la pratique de l'agriculteur « T2 » donne la concentration en azote la plus élevée.

Les résultats du dosage de sodium nous ont permis de conclure que le deuxième traitement (pratique de l'agriculteur) à l'effet le plus fort sur l'assimilation du Na, sachant que les parcelles qui ont reçues ce traitement ont montrées un taux d'assimilation moyennement élevé par rapport aux autres parcelles entre les deux sites.

Les concentrations du potassium enregistrées ont montré que les traitements T2 « pratique de l'agriculteur NP » et T3 « NP » sont les plus favorables pour une bonne assimilation du  $K^+$ , vu que les plantes des parcelles traitées par le NP ou la pratique de l'agriculteur ont pu assimilés des taux élevés de  $K^+$  malgré que les deux traitements n'inclus pas cet élément, cela est dû peut-être au taux élevé du potassium échangeable qui se trouve dans le sol.

Pour le phosphore, les parcelles traitées avec les traitements T4 « NK » et T1 « Traitement recommandé par le logiciel » ont montrés des taux élevés d'assimilation du P par rapport aux autres parcelles sur les deux sites.

Le dosage des protéines totales a montré une supériorité des résultats du site A par rapport au site B, ce qui veut dire que l'effet du site a joué un rôle dans l'assimilation de ce paramètre. Les traitements T1 « GNSS », T3 « NP » et T4 « NK » sont les traitements les plus efficaces sur le plan de la teneur en protéines totales. Les parcelles qui ont vécu ces traitements donnent les taux de protéines les plus élevés.

## Conclusion

---

Les plantes des parcelles qui sont traitées par le T2 « pratique de l'agriculteur NP » ont montrées un taux élevé de la chlorophylle totale (Chl a et Chl b) et aussi des caroténoïdes, ce qui nous permet d'en conclure que c'est le traitement qui donne le plus d'efficacité pour ce paramètre et les résultats obtenus par les recommandations GNSS montrent des valeurs élevées ce qui nous permet de dire que son efficacité est acceptable vis-à-vis le taux de chlorophylle.

Les résultats de la teneur en chlorophylle obtenus par l'appareil SPAD, nous ont permis d'en conclure que le T6 « NPK » et le T1 « GNSS » sont les deux traitements les plus efficaces sur les deux sites.

Le traitement T5 « PK » a donné les meilleurs résultats pour la température des plantes, vu que les plantes des parcelles traitées par ce dernier ont marquées les plus basses températures ce qui signifie qu'elles ne sont pas stressées.

Le T2 « NP pratiqué par l'agriculteur » et le T1 « traitement recommandé par le logiciel » ont donner un nombre d'épis / m<sup>2</sup> plus élevé que les autres traitements ce qui nous permet de dire que ce sont les deux traitements les plus efficaces.

Pour le nombre de graines par épi les traitements les plus efficaces sur les deux sites sont T7 « témoin », T6 « NPK » et T5 « PK » vu que ces trois traitements ont donné des résultats élevés.

Le poids des épis (sec et frais) à donner des résultats qui nous ont permis de déduire que les traitements T7 et T5 sont les plus efficaces pour ces deux paramètres, ce qui a permis aux plantes du blé dur de garder une teneur en eau moyennement élevée vu que les moyennes du poids frais sont deux fois les moyennes noter pour le poids sec.

Les mêmes traitements ont donné une meilleure efficacité pour le poids de mille graines, le traitement T1 est aussi efficace pour ce paramètre vu qu'il a fourni un résultat acceptable.

En générale nous pourrons dire que le traitement proposer par le logiciel Nutriment expert « GNSS » a un effet positif sur les parcelles qui ont reçus se traitement, nous pourrons estimer un rendement acceptable pour l'ensemble des parcelles entre les deux sites. Mais nous sommes encore loin d'affirmer que les résultats fournis par logiciel seront fiables, cela nécessite d'effectuer le même essaie durant d'autre campagnes et sur d'autres plateformes afin de couvrir plus les microclimats de la région et aussi de collecter plus d'information nécessaires pour mettre à jour ce logiciel.

## Conclusion

---

Ainsi les variations des valeurs enregistrées pour l'ensemble des paramètres étudiés des traitements T3 (NP) et T5 (PK) entre les deux sites sont indépendantes des effets des traitements et du milieu.

Néanmoins, l'efficacité des traitements est beaucoup plus remarquée au premier site d'El-Baaraouia qu'au second site de Massine et surtout pour les traitements T1 (GNSS), T4 (NK), T6 (NPK), T2 (NP pratiques d'agriculteur) et T7 (témoin sans NPK).

En effet, la recherche du rendement en grains se traduit par une baisse du taux de protéines, l'amélioration du rendement en grains du génotype GTA-Dur est plus associé au poids de 1000 grains et au nombre de grains par épi qu'au nombre d'épis produit par m<sup>2</sup>.

---

---

*REFERENCES*

*BIBLIOGRAPHIQUES*

---

---

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

1. **Abdelkader Djermoun, 2009.** La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques. Département d'Agronomie, Université de Hassiba Benbouali de Chlef.
2. **Abdellaoui Zakia, 2007.** Étude de l'effet de la fertilisation azoté sur propriété techno-fonctionnelle des protéines de blé, Page 16.
3. **Abdelmoumen Guennouni, 2017.** Raisonné la fertilisation de couverture des blés [www.agri-mag.com](http://www.agri-mag.com) (consulté le 20 avril).
4. **AFSSA, 2003.** (Agence française de sécurité sanitaire des aliments). Evaluation des risques et bénéfices nutritionnels et sanitaires issus de l'agriculture biologique,p186.
5. **Ahmad Arzani et Muhammad Ashraf ,2017.** Cultivated Ancient Wheats (Triticum spp.) : A Potential Source of Health-Beneficial Food Products.
6. **Alhachemi Mohammed, 2014.** effet de la fertilisation phosphatée sur quelques paramètres biométriques et biochimique du blé
7. **Alley MM, Scharf P, Brann DE, Baethgen WE, Hammons JL.1999.** nitrogen management for winter wheat: principles and recommendations. crop an soil environmental science, 424-429
8. **Alexandre NONO Antoine MVONDO ZE Samuel KEUATSOP KOUAM 2010** Etude de la désorption des éléments nutritifs de certains matériaux agro-géologiques du Cameroun.
9. **Ali Daly Aissa, Ali Mhiri, 2002.** Fertilisation phospho-potassique du blé dur en culture intensive en Tunisie
10. **Amina lounes et Yasmine guerfi, 2010.** Diplôme d'ingénieur d'état en agronomie. Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou Algérie.
11. **Anne Gallet, René Flisch, Jean-Pierre Ryse, Joseph Nosberger, Emmanuel Frossard and Skorat Sinaj, 2003.** Uptake of residual phosphate and freshly applied diammonium phosphate by *Lolium perenne* and *rifolium repens*
12. **Anonyme A, 2017.** <https://www.terre-net.fr/marche-agricole/actualite-marche-agricole/article/nouveau-record-pour-la-production-mondiale-de-ble-1395-133169.html> (consulté le 21 avril).
13. **Anonyme B, 2018.** [www.fao.org](http://www.fao.org) (consulté le 20 avril).
14. **Anonyme C, 2017.** [www.Planetoscope.com](http://www.Planetoscope.com) (consulté le 18 avril)



## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

**15. Anonyme D, 2018.**

[www.statistiques.developpementdurable.gouv.fr/lessentiel/ar/272/1122/phosphore-sols](http://www.statistiques.developpementdurable.gouv.fr/lessentiel/ar/272/1122/phosphore-sols) (consulté le 18 avril)

**16. Anonyme E, 2017.** pré-bilan de la campagne céréalière 2017/2018

**17. Anonyme F, 2017.** <http://www.lafranceagricole.fr>. (consulté le 21 avril).

**18. Anonyme G, 2005.** Principaux éléments fertilisants parlons fertilisation édition 2005 pp1, 2

**19. Aya LABIDI, 2016.** <http://www.agrimaroc.ma/la-culture-du-ble-dur-besoins-et-contraintes/> (consulté le 19 avril).

**20. Belaid D., 1986.** Aspects de la céréaliculture Algérienne. *OPU, Alger*, 207p.

**21. Belaid, 1986.** Aspect sur la céréaliculture Algérienne. Ed. OPU. pp 75-86.

**22. Benbelkacem A., Sadli F., Brinis L, 1995.** La recherche pour la qualité des blés durs en Algérie, pages 61- 65, Séminaires Méditerranéens ; n. 22.

**23. Bernard Coudurier, Martine Georget, Hervé Guyomard, Christian Huyghe, Jean-Louis Peyraud, 2013.** Analyse des voies de progrès en agriculture conventionnelle par orientation productive p 28.

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

**25. Boukhalfa-Deraoui Naima Halilat Mohammed Tahar Mekliche Arezki, 2011.** Effet d'un apport de phosphore sur une culture de blé tendre conduite en conditions irriguées revue des BioRessources Vol 1 N 1 Juin 2011 p 39.

**26. Bozzini A, 1988.** Origin, distribution and production of durum wheat in the world. In Fabriani G.& Lintas C. (Ed). *Durum: Chemistry and Technology*. AACC (Minnesota). Etats-Unis : 1-16.

**27. Bureau de biosécurité en Canada, Agence Canadienne d'inspection des aliments, 2006.** La biologie de *Triticum turgidum* ssp. Durum (Blé dur)

**28. Christine Lesouder, 2017.** <https://www.arvalis-infos.fr/le-raisonnement-de-la-fertilisation-pk-repose-sur-quatre-criteres-@/view-240-arvarticle.html> (consulté le 22 avril).

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

29. **Cox M. C., Qualset C. O. & Rains D. W., 1986.** Genetic variation for nitrogen assimilation and translocation in Wheat. III. Nitrogen translocation in relation to grain yield and protein. *Crop Science* 26 : 737 - 740.
30. **Djermoun. A, 2009.** La production céréalière en Algérie les principales caractéristiques » université de Chlef, *Revue Nature et Technologie*, n° 01, p 45 à 53, Chlef.)
31. **Dr. Tom W. Bruulsema, IPNI Directeur, Phosphore. Dr. Paul E. Fixen, IPNI Senior Vice-Président (Groupe d'Amérique et d'Océanie) et Directeur de Recherche. Dr. Mohamed El Gharous, IPNI Directeur, Afrique du Nord Gavin D. Sulewski, IPNI Editeur, 2016.** Manuel ipni 2016
32. **Ernez M. Lannoye R., 1991.** Quantification des désordres photosynthétiques chez la plante stressée: aspects conceptuels et méthodologiques, *L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides*. Ed. AUPELF-UREF. John Libbey Eurotext. Paris : 9-23.
33. **El-Ashry S.M.Hussein M.M.and Nesreen H. Abou-Baker 2013.** he potential for irrigating jatropha with industrial drainage water under mineral fertilization p1
34. **Frossard, E., Condron, L. M., Oberson, A., Sinaj, S., Fardeau, J. C, 2000.** Processes governing phosphorus availability in temperate soils. *J. Environ. Qual.* 29,
35. **Fulgence E. Akassimadou, PhD Marie P. Hien, PhD Felix B. Bouadou Oi, PhD Emile B. Bolou Bi, PhD Jeanne A. Bongoua, PhD Jean-Baptiste D. Ettien, PhD Albert Yao-kouame, Ingénieur, PhD, 2017.** efficiences des nutriments p et k en riziculture irriguee dans un bas-fond secondaire en zone de savane guinéenne de la cote d'ivoire.
36. **Gastal, F. and Nelson, C, 1994.** Nitrogen use within the growing leaf blade of tall fescue. *Plant physiology*, 105(1) :191.
37. **Guerfi Et Lounes, 2010.**  
<https://www.memoireonline.com/12/13/8345/Contribution--l-etude-du-comportement-agronomique-de-27-nouvelles-varietes-de-ble-dur-en-vue-d.html>  
(consulté le 19 avril).

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- 38. Haffaf H., Benkherbache N., Benniou R. et Saoudi M, 2010.** Étude de la fertilisation azotée appliquée pour la production de semences du blé dur *Triticum durum* (variété waha) en zone semi-aride (M'sila). Revue semestrielle – Université Ferhat Abbas Sétif 1.
- 39. Haffaf H., Benkherbache N., Benniou R. et Saoudi M, 2016.** Étude de la fertilisation azotée appliquée pour la production de semences du blé dur *Triticum durum* (variété waha) en zone semi-aride (M'sila).
- 40. Hafsi m ,1990.** Influence de la fertilisation phospho-azotée sur la variété de blé dur « Mohamed benbachir » (*Triticum durum*) cultivée dans les conditions des hautes plaines sétifiennes. I.N.A. 124p
- 41. Inra France, 2018.** [http://presse.inra.fr/Dossiers-de-presse/SIA-2018-Cultivons-la-biodiversite/Diversification-et-evolution-des-bles/\(key\)/3](http://presse.inra.fr/Dossiers-de-presse/SIA-2018-Cultivons-la-biodiversite/Diversification-et-evolution-des-bles/(key)/3) (consulté le 17 avril).
- 42. Itgc, 2006.** Guide des principales variétés de céréales à paille en Algérie 2006
- 43. Itgc, 2018.** Point de la situation sur l'avancement des essais IPNI.
- 44. J. Lambert, 1975.** Une technique de minéralisation rapide des végétaux en vue du dosage en série de n, p, k, na, ca, mg, fe, etc, note analytique. Laboratoire d'agriculture - institut national agronomique- El Harrach – Alger.
- 45. J. Robert Okalebo Kenneth W. Gathua, Kenya and Paul L. Woomer, Non datée.** LABORATORY METHODS OF SOIL AND PLANT ANALYSIS: A Working Manual The Second Edition pp22.
- 46. Jacques Petit et Pierre Jobin, 2005.** La fertilisation organique des cultures Les bases, pp 32, 33
- 47. Jean-Baptiste BONTE, 2010.** La rotation des cultures dans les systèmes céréaliers biologiques : peut-on combiner performances économiques, agronomiques et environnementales ? Mémoire fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur Spécialisation Agriculture, Filières et Territoires ARVALIS - Institut des végétaux Paris pp 3,8.
- 48. Kati Yahia, 2012.** Contribution à la maîtrise de la fertilisation phosphatée des sols de montagne : cas des sols de vergers de pommiers d'ichemoul (aures-algerie).
- 49. Khaled Sassi, 2008.** Contribution à l'étude de l'adaptation des cultivars de blé dur (*Triticum durum* desf) à l'agriculture biologique : rendement en grains stabilité et qualité technologique et nutritionnelle.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- 50. Knowles, Tim C.; Ottman, Michael J et al., 2018.** Influence of Nitrogen Fertilizer Applied at Flowering on Durum Wheat Grain Yield and Quality.
- 51. Lichtenthaler, h. k., 1987.** Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods Enzymol.*, 148: 350-382.
- 52. LOUE A, 1982.** Le potassium et les céréales. Dossier K<sub>2</sub>O, SCPA n°22, pp1-40
- 53. M. T. et Dogar M.A ;** Annales de l'Institut National Agronomique El Harrach - Vol. 20, N° f et 2 Institut d'Agronomie Saharienne, Centre universitaire de Ouargla Institut d'Agronomie, Université de Batna Halilat 2010.
- 54. M.T. HALILAT, 2004.** Effet de la fertilisation potassique et azotée sur blé en zone saharienne laboratoire de bioressources sahariennes : préservation et valorisation. Département des Sciences Agronomiques. Université de Ouargla (30000). Algérie p2.
- 55. Matt, P., Geiger, M., Walch-Liu, P., Engels, C., Krapp, A., and Stitt, M, 2001.** The immediate cause of the diurnal changes of nitrogen metabolism in leaves of nitrate-replete tobacco: a major imbalance between the rate of nitrate reduction and the rates of nitrate uptake and ammonium metabolism during the first part of the light period. *Plant, Cell & Environment*, 24(2) :177–190.
- 56. Matthieu BOGARD 2011** Analyse génétique et écophysiological de l'écart à la relation teneur en protéines - rendement en grains chez le blé tendre (*Triticum aestivum L.*)
- 57. Mirza Hasanuzzaman , M. H. M. Borhannuddin Bhuyan, Kamrun Nahar,Md. Shahadat Hossain, Jubayer Al MahmudMd. Shahadat Hossen,Abdul Awal Chowdhury Masud, Moumita and Masayuki Fujita 2018.** Potassium: A Vital Regulator of Plant Responses and Tolerance to Abiotic Stresses p3
- 58. Mickaël Grevillot, 2018.**  
<http://www.vertcarbone.fr/wpcontent/uploads/2018/03/Evaluer-la-fertilite-des-ses-sols.pdf> (consulté le 21 avril ).
- 59. Mm nedjah Imene ; 2015.** Changements physiologiques chez des plantes (Blé dur *Triticum durum* Desf.) exposées à une pollution par un métal lourd (plomb). Thèse en vue de l'obtention d'un diplôme de doctorat du 3ème cycle. Université Badji

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- Mokhtar Annaba, faculté des sciences, département de biologie spécialité : Biologie végétale et environnement, option : Ecophysiologie Végétale.
- 60. Moshe Feldman Et Eitan Millet, 2001.** The contribution of the discovery of wild emmer to an understanding of wheat evolution and domestication and to wheat improvement
- 61. MOUGHLI L. 2010,** "Analyses végétales : pour une optimisation dynamique des apports de l'azote", Agriculture du Maghreb, (42) : 66-70.
- 62. Muryel Jacque, 2014.** [https://www.lesechos.fr/12/09/2014/LesEchos/21770-121-ECH\\_cereales--l-ampleur-des-stocks-mondiaux-fait-plonger-les-cours.html](https://www.lesechos.fr/12/09/2014/LesEchos/21770-121-ECH_cereales--l-ampleur-des-stocks-mondiaux-fait-plonger-les-cours.html) (consulté le 17 avril).
- 63. Olivier Cor, 2017.** <https://www.agriculture-nouvelle.fr/3-defis-sur-le-sol-jeunes-agriculteurs-et-cooperative/> (consulté le 18 avril).
- 64. P. castillon b. colomb (inra) j. decroux (grande paroisse - ato) m. diabol (laboratoire sas) jc. fardeau (cea cadarache) f. laurent (itcf) j. masse (itcf) p. plet (cra bretagne) p. villemain, 1995.** aide au diagnostic et a la prescription de la fertilisation phosphatée et potassique des grandes cultures. P6
- 65. Papakosta D. K. & Garianas A. A., 1991.** Nitrogen and Dry Matter Accumulation, Remobilization, and Losses for Mediterranean Wheat during Grain Filling. *Agronomy Journal* 83 : 864 - 870.
- 66. Pichot, J. and Roche, P, 1972.** Le phosphate dans les sols tropicaux. *Agron. Trop.* 22 : 939-65
- 67. Pousset J, 2002.** Engrais vert et fertilité des sols. 2 ème édition. Ed Agri décisions Groupe France Agricole. Paris. 303p
- 68. Reed, A., Canvin, D., Sherrard, J., and Hageman, R, 1983.** Assimilation of <sup>15</sup>N nitrate and <sup>15</sup>N nitrite in leaves of five plant species under light and dark conditions. *Plant Physiology*, 71(2) :291.
- 69. Ryme Kellou, 2010.** Thèse : analyse du marché algérien du blé dur et les opportunités d'exportation pour les céréaliers français dans le cadre du pôle de compétitivité qualiméditerranée. Le cas des coopératives sud céréales, groupe coopératif occitan et Aude coop série master of science n°93, institue agronomique méditerranéen de Montpellier.
- 70. Schmidt H. & Von Fragstein P., 1999.** Importance of varying management and environment conditions in long term crop rotation trial, *In* J.E. Olesen, R. Eltun,

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- M.J.Gooding, E.S.Jensen & U. Kopke: Designing and testing crop rotations for organic farming. Report n°1, Copenhagen, P191-202.
- 71. Sossa elvire line 2012**, arrière effet de la fertilisation et des résidus de récolte du niebe (*vigna unguiculata*) sur la production du riz de bas-fond dans un système de culture riz-maraîchage.p9.
- 72. Syers JK, 1990.** Influence of potassium nutrition on seedquality of cereals and oilcrops. PotashRev
- 73. S. Zingore H.K. Murwira R.J. Delve K.E. Giller 2006.** Soil type, management history and current resource allocation: Three dimensions regulating variability in crop productivity on African smallholder farms pp 1.12
- 74. Terry L. Roberts ; 2016.** Le manuel pour améliorer la gestion des éléments nutritifs [www.ipni.net](http://www.ipni.net).
- 75. Valerie A. Kelly 2006** Demand for Fertilizer in Sub-Saharan Africa
- 76. Villemin p., Valvet r., Bosc m., 1993.** Actualisation du raisonnement de la fumure potassique en grande culture. (À paraître INRA). P30.
- 77. William E. May, \* Myriam R. Fernandez, Christopher B. Holzapfel, and Guy P. Lafond, 2008.** Influence of phosphorus, nitrogen, and potassium chloride placement and rate on durum wheat yield and quality agronomy journal • volume 100, issue 4 p 1173
- 78. Zair M, 1994.** L'irrigation d'appoint et fertilisation azotée de blé dur. Céréaliculture N°24. M. Giroux M. Lemieux 2000 Effets de la fertilisation N, P et K et leurs interactions sur le rendement d'une prairie à dominance de mil (*Phleum Pratense L.*), la teneur en éléments nutritifs de la récolte et l'évolution de la fertilité des sols juin 2000, vol. 11, no. 1
- 79. Zhang S., Hennessey T.C., Heinemann A., 1997.** Acclimation of loblolly pine (*Pinus taeda*) foliage light intensity as related to leaf nitrogen availability. National Research Council of Canada, Ottawa, ON, Cannada, 27: 1032-1040.

---

---

# *Annexes*

---

---

## Annexes

### Liste des annexes :

#### Annexe 1 : Paramètres morphologiques :

Tableau n°=1 : Mesures de longueur en cm (A= Pédoncule, B= Epi, C= Epi + Barbe) site "A"

T1			T2			T3			T4			T5			T6			T7		
A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
44,3	7,8	20	41,5	10	19,5	36	6,5	13,5	38	7,5	17	35	8	15	38	8	16	39,5	6,5	15,5
37,3	7,8	18,5	40,5	8,5	19	39	7	14,5	38,5	9	20,5	36	8	17,5	41,5	9	20,5	37	7,5	16,5
43,5	9	19,8	39,5	9,5	18	41,5	10	19	40	8,5	18,3	33	6,5	15	37,5	6,5	13,5	39,5	9	19
40,5	8,8	18,5	41	8,5	19,5	38,5	7,5	17	40,5	8	17,5	39	7,3	17,5	39	7	16,5	38	8	17
40,5	10,5	21,5	41,5	9	18,5	44,5	8,5	17,5	39	7,5	17	36	7,5	16	38	7	17	36,5	7	15,5
41,6	9,5	18	40,5	9,5	19	42	8,5	17	39	8	18,5	35,5	8	16,5	39	7	17	38	8	17
40,5	7	17,5	40,5	9,5	18,5	42	10	18	40,5	7,8	17,5	36,5	7	14,5	40,5	8,5	18	36,5	7,5	17,5
38	7,5	15,5	33	8,5	19	32	5,5	13	35	7,8	17,4	34	7,5	14,5	40,5	9	20	36,5	7	15
35,5	7,5	16	36,7	7	15,5	37	7	16,5	36,5	7	15	36,5	8,5	16	35	7,5	17	28,5	6	15
42,5	10	21	41,5	8,5	19	36,5	7,5	16	37	7,5	17	36,5	7,5	15	41	10	19,5	34	6,5	15,5

Tableau n°=2 : Mesures de longueur en cm (A= Pédoncule, B= Epi, C= Epi + Barbe) site "B"

T1			T2			T3			T4			T5			T6			T7		
A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
40	7,5	18,5	38	6	17,5	39,5	8	19	43,5	11,5	22	40	10	20,5	39,5	9,5	20,5	43	9,5	23
40,5	9	18,5	45,5	8	20,5	45	8	20	44,5	8,5	21,5	40	8	20,5	42	7,5	18	35,5	7,5	20
42,5	8	19	40,5	9	19,5	35	9	21	41,5	8,5	21	41	8,5	20,5	39	7,5	19	40	8,5	21
39,5	6,5	18	35	8	21	38	6	20	35	6,5	15,5	43	9	21	42	9	22	39	8,5	21
33,5	7	21	36	9,5	21	43	9,5	21	38	7	17	38,5	8	22	41	9	19	38	9	21
40	8,5	23	43,5	8,5	19	42	8,5	19	38	6,5	16,5	41,5	9,5	23	41	8,5	20	40	7,5	19,5
42	8,5	20	44,5	8,5	21	42	8	20,5	40,5	9	20	39,5	9,5	21	35	5,5	16	40	8,5	18,5
42	10	20	39	9,5	20,5	44	10	22	42,5	9	21	39	8	22	42	7,5	17	43	8,5	21
40	7,5	19	38,5	9	20	43,5	9,5	21	41	7	18	41	8,5	21	42,5	8,5	19	46,5	10	22
44	9	19	41,5	8,5	20,5	40	9	20,5	43	8,5	18,5	41,5	8	19	38	6,5	17	43,5	9	20



## Annexes

Tableau n°=3 : Tableau de l'analyse de la variance pour les paramètres morphologiques

Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F	Pr > F
Model	13	112,3314	8,6409	7,0190	< 0,0001
Error Corrected	28	34,4700	1,2311		
Total	41	146,8014			

### Annexe 2 : Paramètres biochimiques :

Tableau n°=4 : Résultats du dosage d'azote pour le site A

Echantillon	Volume HCl ml	[C]N
A1	1,2	10,5494505
A2	0,7	10,7326007
A3	1,4	10,4761905
A4	1,5	10,4395604
A5	1,3	10,5128205
A6	1,2	10,5494505
A7	1,3	10,5128205
Témoin	2,7	10

Tableau n°=5 : Résultats du dosage d'azote pour le site B

Echantillon	Volume HCl ml	[C]N
B1	1,5	10,4395604
B2	1,4	10,4761905
B3	1,4	10,4761905
B4	1,3	10,5128205
B5	1	10,6227106
B6	0,9	10,6593407
B7	1,4	10,4761905
Témoin	2,7	10

## Annexes

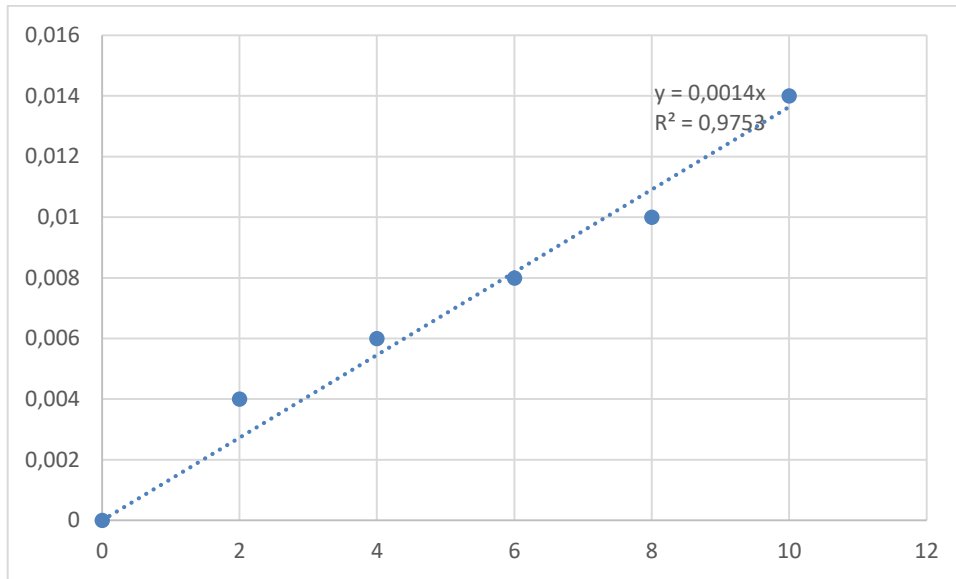


Figure n°= 1 : Courbe d'étalonnage du spectrophotomètre à flamme pour le sodium.

Tableau n°= 6 : Résultats du dosage du sodium pour le site A

Site A		
Ech	Lecture	[C]
A1	4	2857,14286
A2	2	1428,57143
A3	3	2142,85714
A4	3	2142,85714
A5	2	1428,57143
A6	1	714,285714
A7	1	714,285714

Tableau n°=7 : Résultats du dosage du sodium pour le site B

Site B		
Ech	Lecture	[C]
B1	1	714,285714
B2	2	1428,57143
B3	1	714,285714
B4	1	714,285714
B5	1	714,285714
B6	1	714,285714
B7	1	714,285714

## Annexes

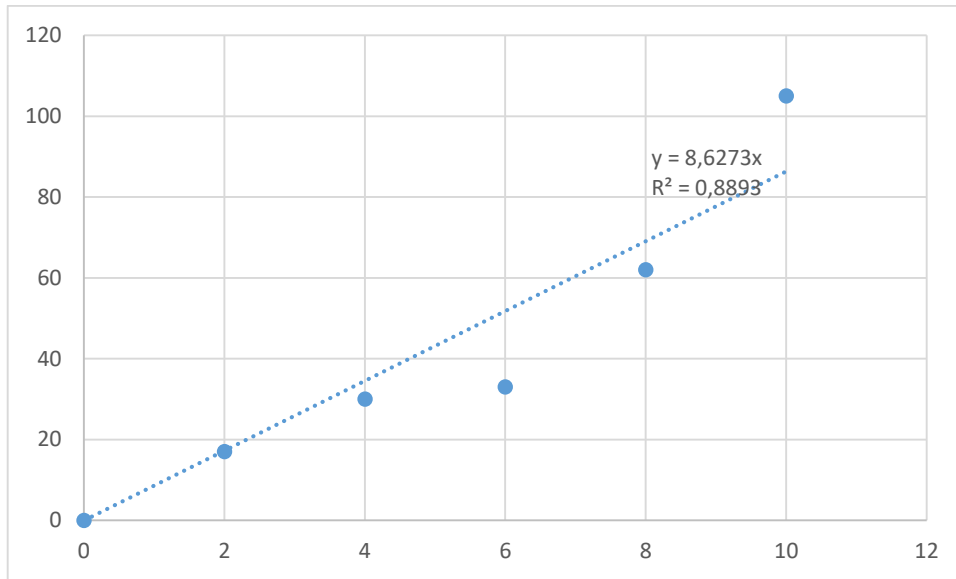


Figure n°= 2 : Courbe d'étalonnage du spectrophotomètre à flemme pour le potassium

Tableau n°=7 : Résultats du dosage du potassium pour le site A

Site A		
Ech	Lecture	[C]
A1	130	15,0684455
A2	119	13,7934232
A3	125	14,4888899
A4	87	10,0842674
A5	92	10,663823
A6	81	9,38880067
A7	86	9,96835626

Tableau n°=8 : Résultats du dosage du potassium pour le site B

Site B		
Ech	Lecture	[C]
B1	86	9,96835626
B2	109	12,634312
B3	104	12,0547564
B4	118	13,6775121
B5	79	9,15697843
B6	56	6,49102268
B7	58	6,72284492

## Annexes

---

Tableau n°=9 : Lectures d'étalonnage du spectrophotomètre pour le phosphore

C	Abs
200	0,017
400	0,029
600	0,154
800	0,28
1000	0,398
1200	0,494

Tableau n°=10 Résultats du dosage du phosphore pour le site A

Echantillon	Abs	[C]
A1	0,835	2,299
A2	0,894	2,461
A3	0,854	2,351
A4	0,869	2,392
A5	0,515	1,407
A6	0,712	1,96
A7	0,676	1,861

Tableau n°=11 : Résultats du dosage du phosphore pour le site B

Echantillon	Abs	[C] mg/ml
B1	0,63	1,734
B2	0,51	1,404
B3	0,508	1,399
B4	0,737	2,029
B5	0,363	0,999
B6	0,598	1,646
B7	0,587	1,616

Tableau n°=12 : Résultats du dosage des protéines totales.

	Site A	Site B
T1	2083,67	1679,33
T2	1909,00	1491,33
T3	2030,33	1800,00
T4	1981,33	1607,33
T5	1682,33	1511,67
T6	1930,00	1807,33
T7	1733,33	1886,33

## Annexes

---

Tableau n°=13 : Résultats du dosage de la chlorophylle A

	Site A	Site B
T1	21,65	21,06
T2	25,81	18,96
T3	19,44	18,82
T4	20,86	19,05
T5	20,47	22,81
T6	23,33	23,60
T7	24,92	20,12

Tableau n°=14 : Résultats du dosage de la chlorophylle B

	Site A	Site B
T1	10,31	9,17
T2	13,49	7,42
T3	7,90	8,76
T4	8,66	7,47
T5	8,43	10,04
T6	10,50	11,19
T7	12,22	8,30

Tableau n°=15 : Résultats du dosage de la chlorophylle totale

	Site A	Site B
T1	31,96	30,23
T2	39,31	26,37
T3	27,34	27,58
T4	29,52	26,52
T5	28,90	32,85
T6	33,83	34,79
T7	37,13	28,42

Tableau n°=16 : Résultats du dosage des caroténoïdes

	Site A	Site B
T1	5,06	5,59
T2	5,49	5,10
T3	4,53	4,47
T4	5,07	5,07
T5	5,11	5,37
T6	5,30	5,50
T7	5,40	5,02

## Annexes

Tableau n°=17 : Tableau de l'analyse statistique de la chlorophylle pour le site A

Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F	Pr > F
Model	6	354,8841	59,1474	1,6395	0,2087
Error	14	505,0720	36,0766		
Corrected Total	20	859,9561			

Tableau n°=18 : Tableau de l'analyse statistique de la chlorophylle pour le site B

Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F	Pr > F
Model	6	189,6522	31,6087	0,7275	0,6351
Error	14	608,2475	43,4462		
Corrected Total	20	797,8997			

Tableau n°=19 : Tableau de l'analyse statistique de la chlorophylle pour les deux sites

Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F	Pr > F
Model	13	641,0111	49,3085	1,2401	0,3045
Error	28	1113,3195	39,7614		
Corrected Total	41	1754,3306			

Tableau n°=20 : Tableau de l'analyse statistique des protéines totale

Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F	Pr > F
Model	13	1352264,2857	104020,3297	1,4387	0,2033
Error	28	2024383,3333	72299,4048		
Corrected Total	41	3376647,6190			

## Annexes

### Annexe 3 : paramètre physiologique

Tableau n°=21 : Tableau de l'analyse statistique des protéines totale

Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F	Pr > F
Model	13	243,9390	18,7645	4,6439	0,0003
Error	28	113,1400	4,0407		
Corrected Total	41	357,0790			

### Annexe 4 : Composantes du rendement théorique :

Tableau n°= 22 : Résultats du nombre d'épis / m<sup>2</sup> A

Nombre d'épis (A= n° épi par 1m linéaire, B= n°épi par 1m<sup>2</sup> "A X5") site "A"

T1		T2		T3		T4		T5		T6		T7	
A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
73	365	65	325	54	270	54	270	49	245	82	410	81	405
72	360	65	325	67	335	67	335	45	225	94	470	90	450
69	345	71	355	51	255	51	255	67	335	80	400	77	385
45	225	106	530	66	330	66	330	51	255	65	325	78	390
94	470	80	400	71	355	71	355	84	420	61	305	55	275
88	440	83	415	69	345	69	345	56	280	56	280	34	170

Tableau n°=23 : Résultats du nombre d'épis / m<sup>2</sup> B

Nombre d'épis (A= n° épi par 1m linéaire, B=n° épi par 1m<sup>2</sup> "A X5") site "B"

T1		T2		T3		T4		T5		T6		T7	
A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
71	355	49	245	74	370	34	170	62	310	62	310	60	300
77	385	70	350	60	300	57	285	31	155	54	270	53	265
74	370	54	270	60	300	81	405	64	320	82	410	54	270
65	325	89	445	70	350	74	370	87	435	63	315	34	170
70	350	75	375	77	385	59	295	80	400	42	210	52	260
75	375	88	440	83	415	54	270	73	365	70	350	57	285

## Annexes

Tableau n°=24 : Tableau de l'analyse statistique pour le nombre d'épis / m<sup>2</sup> « A et B »

Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F	Pr > F
Model	13	50544,6429	3888,0495	0,9865	0,4880
Error	28	110350,0000	3941,0714		
Corrected					
Total	41	160894,6429			

Tableau n°=25 : Résultats du nombre de graines par épi

	Site A	Site B
T1	51	45,33
T2	65	41,33
T3	60,67	50,33
T4	55,67	54,00
T5	62,67	52,33
T6	50,67	64,33
T7	69	52,67

Tableau n°=26 : Tableau de l'analyse statistique pour le nombre de graines / épi « A et B »

Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F	Pr > F
Model	13	2468,9762	189,9212	1,3940	0,2230
Error	28	3814,6667	136,2381		
Corrected					
Total	41	6283,6429			

Tableau n°=27 : Résultats du poids frais des épis « A et B »

	Site A	Site B	Moyenne
T1	30,21	26,63	28,42
T2	32,55	26,47	29,51
T3	29,29	28,52	28,91
T4	29,00	27,27	28,14
T5	31,16	27,14	29,15
T6	28,04	22,71	25,38
T7	35,02	23,73	29,38



## Annexes

Tableau n°=28 : Tableau de l'analyse statistique pour le poids frais des épis « A et B »

Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F	Pr > F
Model	13	411,6628	31,6664	2,3344	0,0294
Error Corrected	28	379,8289	13,5653		
Total	41	791,4917			

Tableau n°=29 : Résultats du poids sec des épis « A et B »

	Site A	Site B	Moy
T1	15,44	12,48	13,96
T2	18,04	12,16	15,10
T3	16,87	14,96	15,92
T4	16,46	14,57	15,52
T5	17,53	15,28	16,41

Tableau n°=30 : Tableau de l'analyse statistique pour le poids sec des épis « A et B »

Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F	Pr > F
Model	13	186,9469	14,3805	3,2028	0,0048
Error Corrected	28	125,7213	4,4900		
Total	41	312,6682			

Tableau n°=31 : Résultats du PMG

	Site A	Site B	Moy
T1	49,46	48,84	49,15
T2	47,33	49,32	48,33
T3	44,34	47,17	45,75
T4	48,31	51,14	49,73
T5	51,35	49,37	50,36
T6	46,55	51,60	49,07
T7	52,4	48,31	50,36
Moy	48,53	49,39	48,96

## Annexes

---

Tableau n°=32 : Tableau de l'analyse statistique pour le PMG

Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F	Pr > F
Model	13	191,1160	14,7012	2,5779	0,0174
Error Corrected	28	159,6793	5,7028		
Total	41	350,7954			

## Annexes

**Annexe 5 : Tableau de corrélation entre variables et facteurs.**

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13
N	0,5700	-0,5016	0,0771	-0,1562	0,5905	0,1358	-0,0202	0,0412	-0,0362	0,1040	-0,0190	0,0982	-0,0411
P	0,5830	0,5780	-0,1823	-0,2227	-0,0488	0,2798	0,3945	-0,0200	0,0432	-0,0253	-0,0570	-0,0203	-0,0181
K	0,1862	0,6874	-0,0198	0,4637	0,4732	0,1193	0,1771	0,0196	0,0370	-0,0568	0,0344	-0,0020	0,0408
Na	0,2665	0,7237	-0,1810	0,0314	0,1034	0,4573	-0,3226	0,1127	-0,1707	-0,0558	-0,0185	-0,0459	-0,0112
Chl A	0,8507	-0,4724	0,1446	-0,1281	-0,0139	-0,0394	-0,0089	0,0897	-0,0449	-0,0209	0,0057	-0,0583	0,0106
Chl B	0,8817	-0,3826	0,1462	-0,1016	0,0995	-0,0867	-0,0513	-0,0748	0,0491	-0,1264	0,0073	0,0069	0,0199
Chl T	0,8729	-0,4367	0,1467	-0,1175	0,0369	-0,0610	-0,0281	0,0167	-0,0031	-0,0685	0,0065	-0,0296	0,0149
Cart	0,4017	-0,6090	0,4948	-0,0359	-0,2351	0,2850	0,1644	0,1610	-0,1607	-0,0469	0,0588	0,0214	0,0138
Chl T SPAD	0,7721	0,4583	0,1574	-0,0966	-0,1075	-0,0552	-0,0211	0,2697	0,1955	0,1817	0,0100	-0,0246	-0,0031
Protéines T	0,4766	0,5469	-0,3179	-0,5569	-0,0543	0,0508	-0,1026	-0,0611	0,1306	-0,0741	0,1315	0,0529	0,0126
T° épi	0,6869	0,5582	0,2870	-0,0761	-0,3020	-0,0612	-0,0287	-0,0806	-0,0221	-0,1078	-0,0973	0,0550	-0,0389
T° feuille	0,7060	0,4364	0,3605	0,1298	-0,1905	0,0879	-0,0432	-0,2319	-0,1239	0,2164	0,0150	0,0250	0,0409
Epi/m <sup>2</sup>	0,5794	0,2475	0,6597	0,2126	0,2401	-0,1794	-0,0507	-0,1287	0,0764	-0,0281	0,0276	-0,0683	-0,0412
Graine/épi	0,6127	-0,3568	-0,6546	0,0485	-0,0209	0,0431	0,0890	-0,1775	-0,1084	0,0576	0,0736	-0,0514	-0,0401
P.S.E	0,7154	-0,0298	-0,5587	0,2557	-0,1334	-0,2679	-0,0085	0,1280	-0,0415	0,0375	0,0009	0,0076	-0,0221
P.F.E	0,6783	0,2388	-0,2120	0,5976	-0,0869	-0,2303	0,0029	0,0782	-0,0640	-0,0765	0,0185	0,0611	0,0097
P.M.G	0,0640	-0,5876	0,0130	0,5486	-0,2482	0,4668	-0,0794	-0,0548	0,2435	-0,0118	0,0210	0,0176	-0,0218
qx/ha	0,7307	-0,4664	-0,4442	-0,0492	0,0783	0,0795	-0,0750	-0,0725	0,0895	0,0162	-0,1200	-0,0131	0,0515

**INTITULÉ : CONTRIBUTION À L'ÉTUDE ET L'OPTIMISATION DE LA  
FERTILISATION MINÉRALE DU BLÉ DUR ( *Triticum durum* Desf.)**

Mémoire de fin de cycle pour l'obtention du diplôme de Master en Biotechnologie et  
Génomique Végétale (BTGV)

Parmi les pratiques culturales dont l'homme cherche à mieux comprendre on trouve la fertilisation, ce processus désigne plusieurs méthodes d'apport des éléments minéraux dont la plante a besoin pour un bon développement et un meilleur rendement, ces méthodes se différencient selon le type d'élément et sa dose et aussi selon la méthodologie adaptée.

Dans le cadre du réseau recherche et développement de la filière blé dur à Constantine, on s'est intégré dans un travail de collaboration entre IPNI et ITGC. Ce travail consiste à suivre et à valoriser l'effet d'un traitement de fertilisation proposé par le programme IPNI sur une culture de la variété GTA Dur qui est une variété locale homologuée de blé dur, en le comparant avec l'effet de cinq autres traitements et un témoin. Cet essai est mené par l'équipe de l'ITGC Constantine sur deux plateformes, le site A situé à l'Baaraouia et le site B situé à Massine.

Plusieurs manipulations de dosages des éléments minéraux dans les plantes en plus de la mesure de multiples paramètres morphologiques ont été faites au sein du laboratoire de Génétique, Biochimie et Biotechnologie Végétale de l'université des Frères Mentouri Constantine 1 et aussi sur champ afin de pouvoir répondre à la question est-ce que le processus proposé par l'IPNI est vraiment plus efficace que les autres processus adoptés par nos agriculteurs ? Les résultats obtenus nous ont révélés que les traitements GNSS et la pratique de l'agriculteur ont eu un effet positif, et aussi l'estimation d'un bon rendement pour l'ensemble des parcelles, les autres traitements et le témoin aussi ont eu des effets qu'on pourrait les prendre en considération. Mais la confirmation de ces résultats demande une solidification par d'autres répétitions du même essai sur autres microclimats et sous différentes conditions climatiques.

**Mots clés :** Agriculture, Blé dur, Fertilisation, Traitements, Rendement.

**Laboratoire de recherche :** Laboratoire de Génétique, Biochimie et Biotechnologie Végétale de l'université des Frères Mentouri Constantine 1

Jury d'évaluation :

**Président du jury :** Mme *YEKHLEF Nadia* (Pr - UFM Constantine1),  
**Rapporteur :** Mr *KELLOU Kamel* (M - UFM Constantine1),  
**Co-rapporteur :** Mr *SAKHRI Mohamed El-Hadi* (directeur ITGC Khroub Costantitne)  
**Examineur :** Mr *BAZRI Kamel Eddine* (Grade - UFM Constantine1).

**Date de soutenance :** 08/07/2018