

République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة الجيلالي بونعامة خميس مليانة
Université Djilali Bounaâma de Khemis Miliana
Faculté des Sciences Naturels et vie
Et Science de terre
Département des sciences Biologiques
Filière écologie et l'environnement
Spécialité protection d'écosystème



Mémoire de fin d'étude
En vue de l'obtention d'un diplôme de Master

Thème :

Réponse de la culture de blé dur (*Triticum durum* (Desf.) à la fertilisation potassique sur plusieurs substrats salés.

Devant le jury composé de :

- Mr. H Badache: Présiden*
- Mme. L BenaOuda: Encadreur*
- Mr. A Arous : Examineur*

Présentée par :

M^{elle} Ykhlef IBtissam

M^{me} Abbabis Fella

Année universitaire 2019-2020

Liste de matière

Remerciement

Dédicace

Dédicace

Résumé

Liste tableaux

Liste figure

Introduction

Partie1 : synthèse bibliographique :

Chapitre 1 : Généralité sur le sol et salinité

1. Généralité sur le sol01
1.1 Définition du sol.....	01
1.2 Fraction constitutives du sol.....	01
1.2.1 Fraction minéral.....	.01
1.2.2 Fraction organique.....	02
1.3 structure du sol.....	.02
1.4 texture du sol.....	.02
2. Salinité du sol02
2.1 Définition.....	.02
2.2 Caractères de sel.....	.03
2.2.1 Solubilité des sels.....	.03
2.2.2 Mouvement des sels.....	03
2.3 Classifications des sols salées.....	03
2.3.1 Les soles salins on solontchaks.....	.03

2.3.2 Sol salins à alcali.....	03
2.4 Réparations des sols salées en Algérie.....	04
2.5 L'effet de la salinité.....	04
2.5.1 L'effet de la salinité sur la propriété physicochimique du sol.....	04
2.5.2 L'effet de la salinité sur la plante.....	05
3. Le calcium ; le magnésium et le soufre dans le sol.....	05
3.1 Le calcium.....	05
3.1.1 Le calcium dans le sol.....	05
3.1.2 Le calcium dans le plant.....	06
3.2 Le magnésium.....	06
3.2.1 Le magnésium dans le sol.....	06
3.2.2 Le magnésium dans le plant.....	07
3.3 Le soufre.....	07
3.3.1 Le soufre dans le sol.....	07
3.3.2 Le soufre dans la plante.....	08
Chapitre 2 : Généralités sur le blé.....	08
1. l'importance et production du blé dans le monde et l'Algérie.....	08
1.1 Dans le monde.....	09
1.2 En Algérie.....	09
2. composition biochimique	10
3. cycle de développement du blé dur.....	10
Chapitre 3 : Fertilisation potassique et diagnostic foliaire.....	11
1. Définition de la fertilisation.....	11
1.2. de la dynamique des éléments nutritifs	12

1.3. Comment fertiliser le sol.....	13
2. l'analyse foliaire.....	13
2.1 Définition.....	13
2.2 L'échantonnage et prélèvement.....	14.
2.3 Conditionnement.....	15
2.4 Méthode du diagnostic foliaire.	15
2.5 Interprétions des résultats d'analyses	15
2.6 Les symptômes des carences éléments nutritifs.....	16
2.7 Les interaction entre les éléments.....	18

Partie 2. Zone d'étude :

2.1. Présentation générale de la wilaya de Relizane.....	19.
2.2.1. Situation géographique.....	19
2.2. Présentation de plaine du Bas _Cheliff.....	19
2.3. Altitude et pente.....	20
2.4. Les ressources hydriques à travers la wilaya	20
2.4.1. Eaux souterraines	20
2.4.2. Eaux superficielles.....	21
2.5. Le sol	21
2.5.1. La caractéristique du sol.....	21
2.5.2. Type du sol.....	22
2.6. Milieu agricole.....	22
2.6.1. La superficie agricole.....	22
2.6.1. Répartition de la superficie utile par culture	22
2.7. Climat	22
2.7.1. Pluviométrie	23
2.7.2. Température	24

2.7.3. Vent.....	26
2.7.4. Humidité	26
2.7.5. Évaporation	27
2.7.6. Nébulosité	27
2.7.7. Indice d'aridité.....	28
2.8 Salinité	28
2.9. Géologie et géomorphologie.....	28
2.10. Les reliefs.....	29
2.11. Les glaciers colluvionnaires.....	29
2.11.1. La plaine alluviale.....	30
2.11.2. Les lits des oueds actuels.....	30
2.11.3. Sebka de benziane.....	30
2.11.4. Colline de partage.....	30
2.12. Pédologie.	31

Partie 3 : Méthodologie de travail et analyse des résultats.....34

1- Le sol.....	34
2- Le végétal.....	34
3- Expérimentation.....	35
4- Analyse des résultats.....	37
4-1 sols.....	37
4-1-1 teneur du sol en calcium assimilable.....	40
4-1-2 teneur du sol en magnésium assimilable.....	40
4-1-3 teneur du sol en soufre assimilable.....	40
4-2 Analyse foliaire du blé dur :.....	41
4-2-1 variation des teneurs foliaires en calcium.....	41

4-2-2 variations des teneurs foliaires en magnésium..... 42

4 2 -3 variations des teneurs foliaires en soufre..... 43

Conclusion général

Liste référence

REMERCIEMENTS

Merci mon Dieu le seigneur du trône de l'univers de m'éclairer le chemin tout au long de ma vie et de m'avoir aidé dans mes recherches et à grâce à qui je présenter ce travail.

De nombreuses personnes ont contribué à la réalisation de ce travail, à qui j'aimerais présenter ma profonde gratitude.

Je remercie premièrement l'Université Djilali Bounaama et tous ses membres administratifs et corps professoral, sous la direction de son fondateur et Directeur Général, de m'avoir fourni les nécessaires durant de 05 années universitaires pour traverser et de faire face aux difficultés et aux défis dans le monde professionnel .

Mes remerciements s'adressent également à Professeur « BenaOuda », Directeur du Laboratoire de l'Université Djilali Bounaama, de m'avoir accueilli dans son laboratoire afin que je puisse réaliser tous les travaux relatifs à ce présenter mémoire.

Je remercie la promotrice qui m'a aidé à réaliser toutes les analyses sur ce sujet. Je remercie également les professeurs qui nous soutiennent durant cette année afin de compléter les leçons ainsi que de nous guider dans le choix et de la corriger, aussi qui ne sont pas être avare d'information sur nous, car ils sont la deuxième famille et la base de la recherche de connaissances.

Ne oublie pas juré qui a fait un effort pour corriger ceci mémoire.

Je remercie tous ceux m'ont aidé à terminer mes études et ma mémoire de près ou de loin.

Last but not least, je remercierais jamais assez mes parents qui ont été toujours à mes côtés à n'importe quelle circonstance, et je remercie aussi mes petites sœurs qui m'a donné des conseils et qui n'a cessé jamais de me donner de courages.

Tous ceux qui ont participé de prêt ou de loin à la réalisation de ce mémoire trouvent ici mes remerciements et mes profondes gratitudes.

Dédicace :

Je dédie ce travail en signe de respecte et de reconnaissance :

A mes chères pères, que dieu les tous puissants ses santés.

A mes chères mères.

A mes sœurs

Aussi mon bon choix Bilal.

A ma fleur deuxième maman halima

A ma belle étoile Fatima

A mes proche aimes Nadia et Hanna ; et les autre coulages

Ne oublié pas Haithem

A mon binôme Fella qui a été mon plus grand soutien

Dédicace :

Je dédie ce travail en signe de respecte et de reconnaissance :

A mon père, qui donné tout ce dont j'avais besoin

A Ma maman qui m'a soutenu

A mon mari qui m'a encouragé : Walid

Mes deuxièmes parentes : FATIHA et NOUR DINE

A mes frères et mes sœurs et surtout souhila

A mes proche aimes : Nadia ; Hanna et les autre coulages

Ne oublié pas Hatheme

Ma sœur qui m'a aidé

A mon partenaire, IBTISSAM

Résumé

Cette étude a porté sur la caractérisation de l'effet de l'apport de différentes doses de K_2SO_4 sur la teneur foliaire du blé dur, variété Targui (Ammar 06) et celles du sol en éléments majeurs secondaires (calcium, magnésium et soufre) sous plusieurs niveaux de salinité.

La salinité influence la nutrition minérale des plantes cultivées et les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol.

Le diagnostic foliaire est un outil indispensable pour le contrôle de l'état nutritionnel d'une culture et pour corriger éventuellement la fumure. L'analyse foliaire est complémentaire à l'analyse du sol.

Les résultats de recherches auxquels nous avons abouti, montrent que les sols se caractérisent par une texture argilo-limoneuse. Les sols de la région d'étude se caractérisent par une texture argilo-limoneuse, pH alcalin, modérément calcaires, pauvre en matière organique.

Les données montrent que les sols de la région sont riches en calcium, en magnésium et en soufre, ce qui peut couvrir les besoins de la culture.

Les travaux de recherches, rapportés qu'avec l'ajout de K_2SO_4 , les teneurs en calcium et du magnésium dans les feuilles de blé ont diminuées avec l'augmentation des doses de potasse. Par contre, des concentrations élevées en calcium et en magnésium dans le sol peut causer une carence en potassium du fait de l'antagonisme entre les éléments.

L'engrais potassique utilisé (K_2SO_4), contient 18 % de sulfate. C'est une source supplémentaire de soufre ajoutée au sol, qui servira à alimenter les plantes.

Mots clés : Salinité du sol, Diagnostic foliaire, Blé dur, potassium, phosphore, fertilisation, bas Chélif.

الاستنتاج العام:

ركزت دراستنا على تأثير التسميد البوتاسيوم على الحالة التغذوية للقمح الصلب ومحتوى العناصر الثانوية الرئيسية (الكالسيوم والمغنسيوم والكبريت) في التربة. أجريت بمحطة إنرا التجريبية بمنطقة الحمدنة. بناء على توصيف تربة المنطقة التي أجراها نفرأوي و ملاح 2019, يمكن استخلاص الاستنتاجات التالية: تتميز تربة منطقة الدراسة بنسيج طيني , تشير قيم الأس الهيدروجيني إلى أن تربتنا الأساسية, يمكن أن يؤثر هذا النوع من الأس الهيدروجيني على ديناميكيات العناصر المعدنية في التربة , فيما يتعلق بمعدل المادة العضوية تحتوي التربة في منطقة دراستنا على مستويات منخفضة إلى متوسطة مما يمكن أن يؤثر على خصوبة هذه التربة لان المادة العضوية عامل مهم للغاية بقياس الحجر الجيري النتائج أظهرت أن تربتنا كلسية بشكل معتدل فقال tessier 1999 ,تزداد قدرة التبادل الكاتيوني مع محتوى الطين في التربة , تربتنا بشكل عام ذات نسيج ناعم وهو ما يفسر درجة الحرارة العالية, بالنسبة للتوصيل الكهربائي , لدينا أربعة مستويات لملوحة التربة (غير مملحة, معتدلة الملوحة ,مالحة, شديدة الملوحة) , تظهر الدراسات أن التربة بها مستويات مناسبة من الكالسيوم و المغنسيوم و الكبريت , وفقا ل Garcia 2019 يمكن أن تسبب المستويات العالية من الكالسيوم و نقص البوتاسيوم , يجب دائما الاحتفاظ بنسب أعلى من (ca /K) tessier 1999 , لذلك لا يوجد من العداء بين الكاتيونات الأخرى أحد آثار الملوحة هو اختلال التوازن الغدائي الذي يحدث نتيجة لاختلال نقل المواد المذابة , في الواقع , تحد الملوحة من امتصاص و نقل البوتاسيوم و الكالسيوم و العناصر الغذائية الأخرى الضرورية لنمو مثل (بالسترون 1997 و آخرون , يمكن أن يؤثر الإخصاب غير مبرر للبوتاسيوم أو الإفراط في تناوله على التغذية المعدنية للنباتات ,كالكالسيوم و المغنسيوم , مما يتسبب في نقص التغذية , فيما يتعلق بالحالة الغذائية للقمح قد تكون هناك حالة مناسبة , لأن التربة) غنية بالكبريت , بالإضافة إلى السماد المستخدم, (K_2SO_4) , يجلب جرعة إضافية تبلغ حوالي 1,8 بالمائة من الكبريت إلى التربة , لتصحيح نقص المغذيات في التربة , فإن استخدام التسميد ضروري لضمان غلة مرضية . حماية البيئة والأمن الغذائي هما الآن من الشواغل الرئيسية للبلدان. يمكن أن يكون للإفراط في استخدام الأسمدة تأثير على البيئة، تم تطوير الإخصاب العقلائي منذ الثمانينات وله آثار إيجابية على البيئي. (Ignazi 2019). الهدف من التسميد المستدام هو تلبية احتياجات النباتات بالإضافة إلى إمداد التربة بالعناصر المعدنية مع احترام البيئة. (COMIFER UNIFA 2019)

كلمات المفتاحية: ملوحة التربة – تحليل الورقي -البوتاسيوم-القمح اللين – الفوسفور – التسميد في حوض شليف

Abstract:

Our study, which focused on the influence of potassium fertilization on the nutritional status of durum wheat and the content of major secondary (calcium, magnesium and sulfur) in the soil. The region of EL Hmadna. Based on the characterization of the region's soils carried out by Nefraoui and Malla (2019) the following conclusions can the study region are characterizing by a clayey-silty texture, the PH values indicate that our soil is basic; this type of PH can influence the availability of nutrients for plants. The PH influences the dynamic of mineral elements in the soil, regarding the soils in our study area have low to medium contents, which can influence the fertility of these soils, because organic matter is a very important factor, by measuring the limestone, the limestone the results show that our soil is moderately calcareous, According to tessier (1999) the cation exchange capacity increases with the clay content of the soil. Our soil is generally fine –textured which explains this high

CEC, for electrical conductivity, we have four levels of soil salinity (unsalted, moderately salty, excessively salty), studies show that the soil has suitable levels of calcium, magnesium and sulfur. According to Garcia (2019), high levels of calcium and magnesium can cause potassium deficiency, the K/Ca and K/Mg ratios should always be kept above 2. Our soil generally has ratios less than 2, so there is no risk of antagonism between the other cations. One of the effects of salinity is the nutrient imbalance that occurs because of disruption in the transport of K^+ , Ca^{2+} and other nutrients necessary for growth such as PO_4 and NO_3 (Ballesteros and, 1997) Unreasoned potassium fertilization or excessive intakes, can affect the Tools Mobile display share.

Keyword: Phosphor, potassium, leaf analysis, durum wheat, soil salinity.

Listes des figures :

Figure n°01 : cycle de développement du blé dur	12
Figure n°02 : courbe type d'absorption-blé 88q/ha	14
Figure n°03 : diagnostic des carences au champ	19
Figure n°04 : carte de situation géographique de site d'étude	19
Figure n°05 : situation géographique de station Hmadna	20
Figure n°06 : réseau hydrographique et principaux périmètres irrigués de la plaine du Bas-Chélif	21
Figure n°07 : carte des étages bioclimatiques du Bas-Chélif	23
Figure n°08 : diagramme présentatif de précipitation mensuelle	24
Figure n°09 : diagramme présentatif de température mensuelle	25
Figure n°10 : courbe explicatif de température maximal et minimal tous l'année	25
Figure n°11 : morphologie de la station Hmadna	29
Figure n°12 : extraite de la carte 1/50000 de l'Algérie	31
Figure n°13 : carte des sols du Bas-Chélif	34
Figure n° 14 : le dispositif expérimental	35
Figure n°15 : réalisation du semis du blé dur	36
Figure n°16 : période de prélèvement des feuilles de blé dur et du sol pour le diagnostic foliaire	37
Figure n°17 : variation des teneurs sels solubles dans le sol de l'horizon de surface (0_20m)	40

Liste des tableaux :

Tableau n° 01 : répartition de fraction du sol	02
Tableau n° 02 : répartition et superficie des sols salées en Algérie (source ONYD 2002)...05	
Tableau n°03 : l'échantillon diagnostic dans les cas de blé (SADEF).....	15
Tableau n°04 : norme d'interprétation des résultats du diagnostic foliaire du blé	06
Tableau n° 05 : données de pluviométriques I.N.R.A	23
Tableau n° 06 : température mensuelle	24
Tableau n° 07 : données de vent	26
Tableau n° 08 : données de l'humidité	27
Tableau n° 09 : données de l'évapotranspiration	27
Tableau n° 10 : synthèse des sols se plaine du Bas_ chéllif d'après la carte pédologique. .	32
Tableau n° 11 : les analyses physico-chimique du sol	37
Tableau n° 12 : le bilan ionique du sol.....	38
Tableau n°13 : variation des teneurs en calcium dans les feuilles de blé sous différent doses d'engrais potassique	41
Tableau n°14 : variation des teneurs en magnésium dans les feuilles de blé sous différent doses d'engrais potassique	42

Introduction générale

Dans les régions arides et semi-arides l'eau constitue le principal facteur limitant l'extension et l'intensification des cultures céréalières (Alem et al, 2002). En outre, le recours à l'irrigation complémentaire est limité par la qualité médiocre de l'eau d'irrigation qui est de plus en plus chargée en sels.

La salinité est l'un des facteurs abiotiques majeurs qui influent la production et les rendements des espèces cultivées, notamment les céréales irriguées. L'effet dépressif du sel se manifeste à partir d'un seuil critique de concentration caractéristique de l'espèce ou de la variété. La salinité affecte presque la totalité des processus de développement des plantes, de la levée, jusqu'à la maturité. Il existe de nombreuses indications chez le blé dur d'un potentiel génétique considérable pour la tolérance au stress salin (Munns et Al, 2008), la salinité du sol est également prise en compte l'un des stress abiotique les plus répandus au niveau planète. Elle limite aussi les rendements et menace la productivité des terres dans les mêmes régions (Ben khaled, 2007).

En Algérie le problème de salinité est rencontré pratiquement au niveau de la quasi-totalité des terres agricoles (INSID, 2008).

En Algérie, les produits céréaliers occupent une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale. (Djermoun, 2009).

La fertilisation du blé est indispensable pour apporter à un milieu de culture, les éléments minéraux nécessaires au développement de la plante et pour obtenir une production importante de. Selon Kengue (2001), la préconisation d'une bonne fumure minérale passe par l'analyse du sol et l'analyse (ou diagnostic) foliaire.

Le diagnostic foliaire, pratiqué à partir de l'analyse foliaire (dosage des éléments, en général totaux, d'un échantillon de feuilles) est un bon moyen de savoir si l'alimentation minérale d'un peuplement est satisfaisante (Bonneau, 1988).

Le potassium joue un rôle majeur dans la capacité des plantes à résister au stress induit, comme la sécheresse, le gel, l'excès de luminosité et les attaques de parasites.

L'objectif de notre travail consiste à étudier l'effet de la fertilisation potassique sur l'état nutritionnel en éléments majeurs secondaires (calcium, magnésium et le soufre) de la culture de blé dur, sur plusieurs substrats salés.

Le choix s'est porté sur une céréale car d'après Djermoun (2009), la filière céréalière constitue une des principales filières de la production agricole en Algérie.

Le calcium est primordial durant la croissance des nouveaux tissus cellulaires, notamment la paroi. Le magnésium est un constituant vital de la chlorophylle, et joue donc un rôle majeur dans le bon fonctionnement de la photosynthèse des cultures. Le soufre est essentiel dans la production des protéines, acides aminés, et de certaines vitamines de la plante.

Pour réaliser ce travail, nous avons adopté le plan de travail suivant :

- Introduction générale, dont nous avons définis notre but d'étude ;
- Première partie est consacrée à la synthèse bibliographique ;
- Deuxième partie est une revue sur la zone d'étude ;
- Troisième partie, où nous avons exposé la méthodologie de travail ainsi que l'analyse de résultats ;
- Nous avons terminé par une conclusion générale.

Partie bibliographique

Chapitre 01. Généralité sur le sol et salinité

1. Généralités sur le sol

Les sols sont des systèmes multiphasiques et hétérogènes, composés d'air, d'eau et de solide (sable, limons, argile, matière organique (MO), nutriment, écosystème ...etc.). En outre, les sols sont des médias ouverts et dynamiques, échangent de la matière et l'énergie avec l'atmosphère, la biosphère et l'hydrosphère (Sposito.G.1997), il doit accomplir cinq fonctions principales de base :

- Offrir un habitat physique, chimique et biologique pour les organismes vivants.
- Réguler les flux d'eau, le stockage et le recyclage des cycles des nutriments et d'autres éléments
- Maintenir des activités et diversités biologiques pour subvenir à la croissance des plantes et la productives des animaux
- Filtrer, tamponner, transformer, immobilisé, et détoxifier les substances organiques et inorganiques.
- Fournir un supporte mécanique aux organismes vivantes et à leur structures.
(Nortcliff.S.2000)

1.1. Définition du sol

Le sol est appelé « couverture pédologique dans le référentiel pédologique (Baize et Girard, 1995).Le sol est la couche superficielle meuble de la lithosphère terrestre, présente une épaisseur variable de quelque centimètre à plusieurs mètres. Il est constitué par un mélange de matériaux organiques et minéraux, qui sert de supporte et milieu naturel pour la croissance des plantes (Baize et Gigarde, 1995), (Gigard, 2000) qui est dénommée couverture pédologique.

Il est le résultat de l'altération de remaniement et de l'organisation de couche supérieur de l'écorceterrestre sous l'action de la vie, de l'atmosphère, des échanges d'énergie qu's y manifestent (Boulaine et Aubert 1976).

1.2. Fractions constitutives du sol

Le sol contient deux fractions intervenant principalement de fraction minérale et organique.

Tableau 01 : Répartition de fractions du sol (Unifa).

Matière organique	4 à 5%
Air	10 à 30%
Eau	20 à 34 %
Matière minérale	44 à 50%

1.2.1. Fraction minérale

Il existe trois catégories majoritaires dans le sol :

- ✓ **Les silicates** : sont des oxydes de silice ont des structures très diverses isolées et sont souvent associée à des cations métalliques tels que l'aluminium, le fer, magnésium.
- ✓ **Les oxydes, hydroxydes** : sont très importante et plus abondante dans le sol comme oxyde d'aluminium $Al(OH)_3$, oxyde de fer (FeO-OH).
- ✓ **Les carbonate** : les plus abondante sont carbonate de calcium (calcite), le carbonate de magnésium (dolomite).

1.2.2. Fraction organique

En ce qui concerne la matière organique ou phase organique du sol, elle correspond à toute ce qui est constituée de carbone organique, qu'il soit vivant ou non vivant (insectes, plantes, humus, microorganismes).

La MOS assure plusieurs fonctions et services éco-systémique tels que fertilités du sol, qualité de culture... (Chenu et Barre, 2015).

L'humus est un terme qui regroupe l'ensemble de la matière organique non vivante du sol et qui peut être classé en deux catégories :

- ✓ **Substances non humiques** : correspondent à la fraction de matière organique dont les caractéristiques physicochimique sont reconnaissables
- ✓ **Substances humiques** : sont issues de la transformation chimique ou biologique de matière organique du sol (Pansu, M. and Gautheyrou, G l'Edition 2001).

1.3. Structure du sol :

La structure du sol est l'agencement dans l'espace de ses constituants, elle est déterminée par la forme des agrégats les plus petites élément indivisibles.

La structuration naturelle des sols est liée à leur texture, un sol argileux aura notamment une structure angulaire avec formation de lamelles par contre une structure grumeleuses (fréquente sous prairie) est plutôt liée à l'activiste biologique.

1.4. Texture du sol

Indique l'abondance relative dans le sol, de particule, de dimension varie sable, limon, argile, de la texture dépendante la facilité avec laquelle le sol pourra être travaillé, la quantité d'eau et d'air qu'il retient, la vitesse à laquelle l'eau peut entrer et circuler dans le sol.

2. Salinité du sol

2.1. Définition

La salinisation est un processus d'enrichissement d'un sol en sel solubles qui aboutit à la formation d'un sol salin, la salinisation peut être aussi défini comme d'accumulation des sels solubles.

La salinisation des sols est le processus d'accumulation des sels à la surface du sol et dans zone racinaire, qui occasionne des effets nocifs sur les végétaux et les sols, il s'ensuit une diminution des rendements et à terme une stérilisation du sol, la salinisation se produit généralement lorsque la quantité d'eau perdu par le sol par évapotranspiration dépasse de l'infiltration des précipitations.

La salinisation entraîne un accroissement de la pression osmotique qui rend l'eau plus difficilement mobilisable par les plantes ; une toxicité de certain ions pour les végétaux (Cl, Na⁺,...) et une dégradation du sol (modification de l'état structural, diminution de la condition électrique ...)

2.2. Caractères de sel

2.2.1. Solubilité des sels

La composition de la solution, le pH, température sont les paramétré influençant la solubilité des sels.

Les sols se solubilisent par des formes différent en effet les chlorures sont les solubles les sulfate, les carbonates, les bicarbonates sont moyennement solubles, en revanche lorsque les sulfates er les carbonates sont associés au calcium, ils deviennent presque insolubles.

2.2.2. Les mouvements des sels

Les sels dans le sol peuvent se déplacer d'un horizon à un autre sous l'action de divers facteurs ; les sels le plus solubles sont généralement les plus mobiles, le mouvement des sels dépend des états physique de l'eau du sol ; du gradient de température existante dans ce sol et de texture des sols.

2.3. Classification des sols salés

De grande divergences existante encore entre différent système de classification les pédologues sont quandl'existence de trais grandes types de sol sales dont le caractère commun est de renfermer généralement à un moment ou à autre de leur gènes de quantité de sel de sodium (Halitim, 1973)

Ces types sont :

2.3.1. Les sols salins ou solontchaks

Caractères par une richesse en sels solubles-t-elle qu'ils inhibent la croissance de la plupart des plantes cultives ; le pH de ces sels est inférieur à 8,5. La conductivité électronique de l'extrait aqueux à saturation est supérieure à 4dS/m à 25°C, le pourcentage de sodium échangeable (ESP) est inférieurà 15%.

2.3.2. Sol salins a alcali

Ils se caractérisent par un pourcentage desodium charge (ESP) supérieur 15% et CEde l'extrait de pâte saturée supérieur à 4 ds /m à 25°c. Leur PHestinférieur à 8,5.

2.3.3. Sols à alcali

Ces sols se caractérisent par la présence d'une quantité importante desodium, qui dépasse les 15 % et CE. La conductivité électrique ne dépasse pas 4dS/m à 25°C et le pH dépasse 8,5.

2.4. Répartition des sols salés en Algérie

En Algérie ; il n'est recensé aucune étude cartographique fiable et précise permettant de délimiter les terres touchées par la salinité. Néanmoins il existe quelques données fragmentaires qui donnent une idée générale sur le phénomène de salinité et de dégradation de terres (Douaoui et Hartani, 2007).

Ce phénomène est observé dans les plaines et les vallées de l'ouest du pays (Mina, Chellif, Hodna, Sig et Maghnia). Dans les hautes plaines de l'est. (Sétif, Bordj, Bou Arreridj, Oum El Bawaki). Et les chottes et Sebkhah (chotte chergui, Gharbi, Hodna, melghir, Sebkhah d'Oran ...).

Tableau 02 : Répartition et superficies des sols salés en Algérie source (ONAYD, 2002).

Périmètres irrigués	Superficie irrigable	Superficie effectués	%
Haut-chellif	20200	6400	32
Moyen chellif	21 800	8700	40
Baschellif	225000	15000	67
Mina	9600	4190	44
Honda	19600	8100	41
Sig	8600	3200	37

Ce tableau rapporte un aperçu sur les superficies effectuées par la salinité dans quelques périmètres de l'ouest du pays.

2.5. L'effet de la salinité

2.5.1. L'effet de la salinité sur les propriétés physico-chimiques du sol

- ✓ Physiques : une grande quantité de sels solubles peut affecter les propriétés physiques, notamment la dépression des colloïdes, la stabilité structurale et la diminution de la perméabilité hydraulique (Servant 1970, Heverry 1972, Aubert 1983, Halitim et al, 1988)
- ✓ Chimiques:

pH: la réaction du sol (pH) est influencée par la nature de sel, certains sels sont acidifiants (CaSO_4 , KCl , MgSO_4) d'autre sont alcalinisants (NaHCO_3 , CaCO_3 , Na_2CO_3).

ESP : taux du sodium échangeable, a une grande importance dans les sols alcalins ; vu que ces derniers retiennent de faible concentrations en sels solubles et la grande quantité de sodium se trouve sous la forme échangeable ; tandis que dans les cas des sols salés la grande partie de sodium se trouve dans solution du sol.

2.5.2. Effet de salinité sur la plante

La salinité pose un grand problème de l'accumulation de sels dans la zone racinaire atteignant une concentration qui provoque une baisse de rendement et ralentit la croissance des végétaux (Boulaine, 1974, Bolyn, 1975 ; FAO, 1998 in Menacer 2009).

Il faut d'abord rappeler que sur les plantes spontanées ou cultivées la salinité a deux actions bien distinctes qui peuvent très souvent se produire simultanément, l'intoxication par les sels qui provoque la décoloration des feuilles (chlorose), les végétaux ne parviennent pas à absorber les quantités d'eau qui leur sont nécessaires par ce que les sels accumulés dans leurs tissus, ont tendance à se substituer aux substances organiques qui jouent un rôle dans le phénomène d'osmose, c'est le flétrissement prématuré de la plante.

3. Le calcium, le magnésium et le soufre dans le sol

3.1. Le calcium

3.1.1. Le calcium dans le sol

Le calcium joue un rôle déterminant sur les fertilités physique (stabilité des structures du sol, sensibilité à la battance, échanges gazeux et hydriques...), chimiques (fonctionnement de la CEC, désalinisation...) et biologique (activité de la biomasse microbienne...) du sol. Secondairement, le calcium est aussi un élément nutritif pour les plantes. Le calcium est le cation majoritairement adsorbé sur la CEC. Il est naturellement présent en très grande quantité dans les sols calciques et surtout calcaires (LANO, 2020)a.

Le calcium soluble se trouve sous diverses formes dans la solution du sol et toutes ces formes chimiques peuvent libérer des ions Ca^{2+} . Ces ions Ca^{2+} sont ceux capables d'être adsorbés sur le complexe argilo-humique où se font les échanges cationiques. Les quantités de calcium présentes sous chaque forme, définissent l'état calcique du sol. La CEC des analyses chimiques correspond à cette capacité d'échanges cationiques sur le complexe argilo-humique

du sol. Certains laboratoires mesurent aussi le taux de saturation en Ca^{2+} , c'est le ratio Ca/CEC (Guerin, 2016).

Selon UNIFA (2010), les pertes en calcium par lixiviation dépendent de l'intensité du drainage (D), d'autant plus importante que la pluviométrie (P) est forte et l'évapotranspiration (ETP) réduite.

3.1.2. Le calcium et la plante

D'après UNIFA (2010), le calcium est un élément nutritif indispensable aux végétaux, il est prélevé sous forme du cation Ca^{2+} par les racines. Ses fonctions principales sont de :

- ✓ participer à la constitution des parois cellulaires des plantes en les rigidifiant ;
- ✓ activer différentes enzymes dont la nitratre réductase assurant la réduction du nitrate en ammonium dans les feuilles ;
- ✓ favoriser la croissance des jeunes racines en synergie avec les autres éléments.

3.2. Le magnésium

3.2.1. Le magnésium dans le sol

Dans le sol, l'essentiel du magnésium est absorbé sur le complexe argilo-humique ou incorporé aux silicates des argiles. Sa forme ionique, dans la solution du sol est (Mg^{++}). Exprimée en MgO (oxyde de magnésium), la teneur totale en magnésium est de moins de 1% dans les sols non calcaires et est souvent supérieure à 2% dans les sols calcaires.

Les pertes du sol en magnésium sont principalement dues aux exportations des cultures, au lessivage, au ruissellement et à l'érosion. C'est un élément plus mobile que le potassium dans le sol.

3.2.2. Le magnésium et la plante

Le magnésium est un élément secondaire en quantité mais essentiel en tant que constituant actif de la chlorophylle. Il se trouve principalement dans les feuilles.

Selon Cakmak et Yazici (2010), le magnésium participe à un certain nombre de fonctions clés de la plante. Parmi les réactions et les processus métaboliques spécifiques influencés par le magnésium figurent notamment:

- ✓ la photophosphorylation (formation d'ATP dans les chloroplastes, par exemple),
- ✓ la fixation photosynthétique du dioxyde de carbone (CO_2),
- ✓ la synthèse des protéines,

- ✓ la formation de la chlorophylle,
- ✓ le chargement du phloème,
- ✓ la répartition et l'utilisation des photo-assimilats,
- ✓ la génération d'espèces réactives de l'oxygène,
- ✓ la photo-oxydation dans les tissus de la feuille.

Par conséquent, de nombreux processus physiologiques et biochimiques essentiels de la plante sont affectés de manière négative en cas de carence en magnésium, d'où une baisse de la croissance et du rendement.

3.3. Le soufre

3.3.1. Le soufre dans le sol

Selon LANO (2020)^b, le soufre existe dans le sol sous la forme minérale à l'état de sulfates et surtout organique (acides aminés, protéines.). Les microorganismes transforment le soufre sous différentes formes solubles et gazeuses.

- ✓ SO_4^{2-} : forme sulfate dominante dans les sols bien drainés. C'est la forme disponible pour les plantes. Elle est également facilement lessivable comme le nitrate.
- ✓ H_2S : forme apparaissant en milieu réduit (sols inondés), elle peut être toxique à une certaine concentration pour les plantes. C'est un gaz qui peut être émis par les sols.

Le cycle biologique du soufre dans la nature est très comparable à celui de l'azote dans le sol. Tous les deux sont stockés à l'état organique et sont ensuite libérés sous une forme assimilable par la plante par un processus analogue (la minéralisation, microbienne ou l'hydrolyse). Le produit final en est toujours l'ion sulfate.

3.3.2. Le soufre et la plante

Al Fellah (2020), rapporte que le soufre est un élément essentiel pour la croissance et le développement des plantes, il est absorbé par les racines sous forme d'ions sulfates SO_4^{2-} . Les fonctions du soufre sont étroitement liées à celles de l'azote et les deux éléments agissent en synergie.

- ✓ C'est un constituant essentiel de certains acides aminés, et par conséquent entre dans la synthèse des protéines ;
- ✓ Entre dans la constitution de la chlorophylle, d'enzymes de quelques vitamines ;
- ✓ Responsable de l'odeur et de la saveur de certaines plantes comme les Liliacées (oignon, ail, poireau) et les Brassicacées (chou, colza, moutarde) ;

- ✓ Joue un rôle essentiel dans la formation des nodosités chez les légumineuses ;
- ✓ Renforce les mécanismes de protection des plantes, soit par sa présence dans les composés végétaux biocides comme les glucosinolates et les alliins, soit par l'émission à partir des feuilles de composés soufrés volatils qui ont des effets fongicides.

Chapitre II. Généralités sur le blé dur

1. Importance et production du blé dans le monde et en Algérie

Le blé est une monocotylédone qui appartient au genre de *Triticum* de la famille des graminées .C'est une céréale dont le grain est un fruit sec et indéhixent, appelé caryopse constitué d'un grain e et des téguments. Les deux espèces qui aujourd'hui la production sont : le blé dur et le tendre.

1.1. Dans le monde

En botanique le blé dur une de la céréale la plus employée dans l'alimentation de donnant de la semoule pendant la mouture, cette semoule est valorisée dans la fabrication des pates alimentaire. De plus en Afrique du nord, on utilise aussi cette céréale pour la production de couscous et des pains traditionnels (la galette) (Feile 2000).

Selon la dernière prévision de FAO pour 2019, la production mondiale de céréale devrait atteindre le niveau record de 2 ,714 milliards de tonnes, soit une hausses de 0,4 % par rapport au chiffre de novembre et une progression de près de 57 millions de tonnes (2,1 %) par rapport à la production en recul de 2018.

L'utilisation mondiale de céréale en 2019/2020 devrait atteindre 2 ,709 milliards de tonnes, soit un niveau presque identique aux prévisions du mois dernier ; ce résultat, qui présente une hausse de près de 21 millions de tonnes par rapport à 2018/2019, constitue toujours un record. à 758 millions de tonnes, les prévisions concernant l'utilisation mondiale de blé en 2019/2020 ont été légèrement revues à la baisses par rapport au mois dernier, mais indique toujours un niveau, en hausses de 1,4% par rapport au niveau estimé pour 2018/2019

1.2. En l'Algérie

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 (Djermoun, 2009). Le blé constitue une espèce de céréale

Particulièrement importante, occupant une place centrale par rapport aux autres céréales. Les informations issues du ministère de l'agriculture montrent que les superficies emblavées et récoltées en blé dur ont connu une augmentation de 2,4 % et 10,05% respectivement en 2014-2015 comparativement à la campagne écoulée et la moyenne de production de blé dur avait augmenté de 61% au cours de la période 2009-2015 (21 millions de quintaux) par rapport en 2000-2008 (13,5 millions de quintaux).

2. Composition biochimique du blé dur

Le cotylédon du blé représente 82% à 85% du grain. Il accumule toutes les substances nutritives nécessaires qui sont les glucides, les protéines, les lipides, les substances minérales et les vitamines (Crétois, 1985). Pendant la maturité de la graine les substances de réserves sont accumulées soit dans le cotylédon, soit dans le péricarpe. Ces substances sont principalement des métabolismes qui assurent la nutrition de la plantule lors de la germination.

Les réserves du grain comprennent essentiellement les composés suivants :

- 70% à 80% de glucide, essentiellement de l'amidon, du gluten associé à l'amidon, des hémicellulose (des parois cellulaires), des sucres s solubles et des protides.
- 9 à 15 % de protéine qui est essentiellement des protéines de réserves
- 1,5 à 2% lipides dont 60% sont des lipides libres apolaire et 40% lipides polaires

3. Cycle de développement du blé dur

Les sept étapes de la culture :

- 1 .le semis : débute octobre les graines de blé sont semés.
2. la germination : le germe contenu dans la graine se développé au contact de l'humidité de la terre.
3. la levée : peu de temps après, la plantule apprête.
4. Le tallage : à la fin de l'hiver, la plante se ramifie pour forme une touffe.

5. La montaison : fin avril la plante commence à grandir.
6. l'épiaison : fin avril/ début mai, l'épi de blé apparaît.
7. la moisson : les grains de l'épi grossissent et mûrissent en juin, c'est alors de début de la moisson. (Agri éthique 2020).

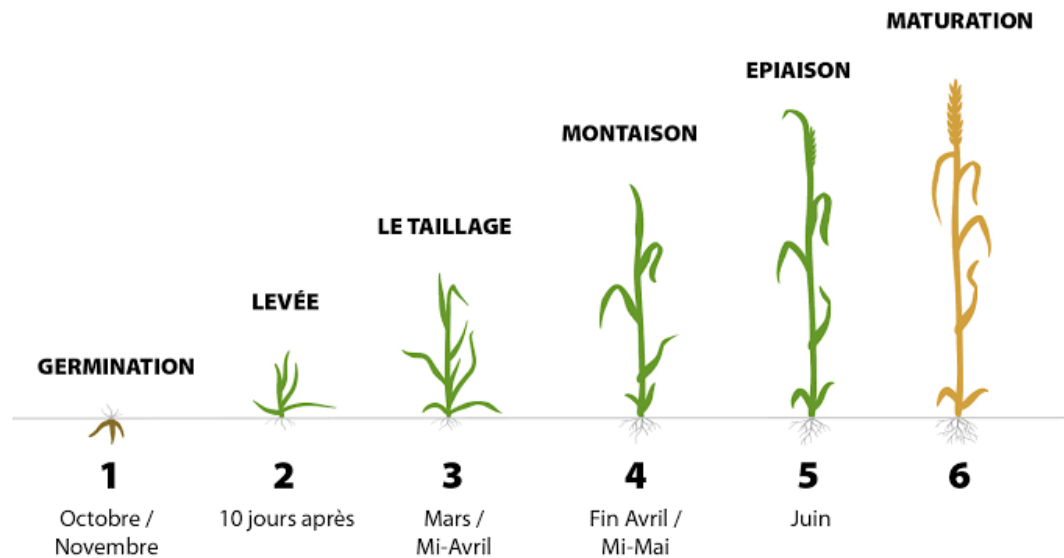


Figure 01 : cycle de développement du blé dur (Source :Agriethyque 2020).

Chapitre III. Fertilisation potassique et diagnostic foliaire

1. Fertilisation

1.1. Définition de la fertilisation

La fertilisation est le processus consistant à apporter à un milieu de culture, tel que le sol, les éléments minéraux nécessaires au développement de la plante. Ces éléments peuvent être de deux types, les engrais et les amendements.

La fertilisation doit tenir compte :

- ❖ **Du rythme d'absorption des éléments** : durant le cycle de culture par exemple :
 - 1) Le phosphore est important dans la formation des grains ;
 - 2) L'azote est élément essentiel de la croissance ;
 - 3) Le potassium améliore la qualité de la floraison et de la fructification.

❖ De la capacité d'échange du sol :

Si le sol retient énergétiquement les ions grâce à un bon pouvoir absorbant, il est possible d'envisager la mise en réserve des éléments nutritifs.

❖ De la dynamique des éléments nutritifs :

Les éléments bien retenus (phosphore et potassium) par le complexe argilo-humique peuvent être stockés dans le sol, en revanche, l'azote nécessite un apport régulier du fait que l'on nitrate NO_3^- n'est pas retenu par le complexe.

1.2. Lois de la fertilisation

La fertilisation a pour but essentiel d'entretenir la fertilité du sol pour satisfaire les besoins des cultures. Les principes actuels de la fertilisation découlent de trois lois fondamentales :

1.2.1. Loi de la restitution au sol

Les exportations des éléments minéraux doivent être compensées par des restitutions pour éviter l'épuisement de sol.

1.2.2. Loi des accroissements moins que proportionnels

Quand on apporte au sol des doses croissantes d'un élément fertilisant, les rendements ne croissent pas proportionnellement. Cette loi se traduit par une courbe dont le sommet représente le rendement maximum possible. Le rendement optimum est atteint quand le gain de rendement couvre la dépense supplémentaire en engrais.

1.2.3. Loi d'interaction

Cette loi d'interaction met en évidence l'interdépendance entre les différents éléments fertilisants et la nécessité d'atteindre une richesse suffisante du sol en tous éléments pour que le rendement de deux facteurs soit supérieur à la somme des effets de ces facteurs agissant séparément. Ainsi, la satisfaction des besoins en potassium assure une plus grande efficacité des apports d'azote. L'interaction entre le phosphore et l'azote est également positive.

1.3. Les éléments fertilisants

Les éléments fertilisants que sont l'azote, le phosphore, la potasse voire le soufre ou certains oligo-éléments, sont indispensables au bon développement de toute culture. Ils représentent cependant une charge financière importante pour l'exploitation.

1.4. Comment fertiliser le sol

Un sol fertile permet à la plante de trouver tous les éléments nécessaires à son développement. Il met à sa disposition, de l'air, de l'eau des éléments nutritifs indispensables et permet à la racine de se développer convenablement.

Par un apport d'amendement, c'est-à-dire en incorporant un produit au sol pour en modifier la structure, l'idéal c'est d'apporter le maximum de matières organiques. Décomposées par les êtres vivants du sol, ces déchets fourniront une grande diversité d'éléments nutritifs à vos plantes, vous entretenez l'humus du sol

L'utilisation d'engrais liquides (N P K) n'est pas satisfaisante car ils sont destinés directement à la plante que prélève ce dont elle a besoin mais le reste n'infiltré pour la nappe phréatique sans pouvoir profiter au sol.

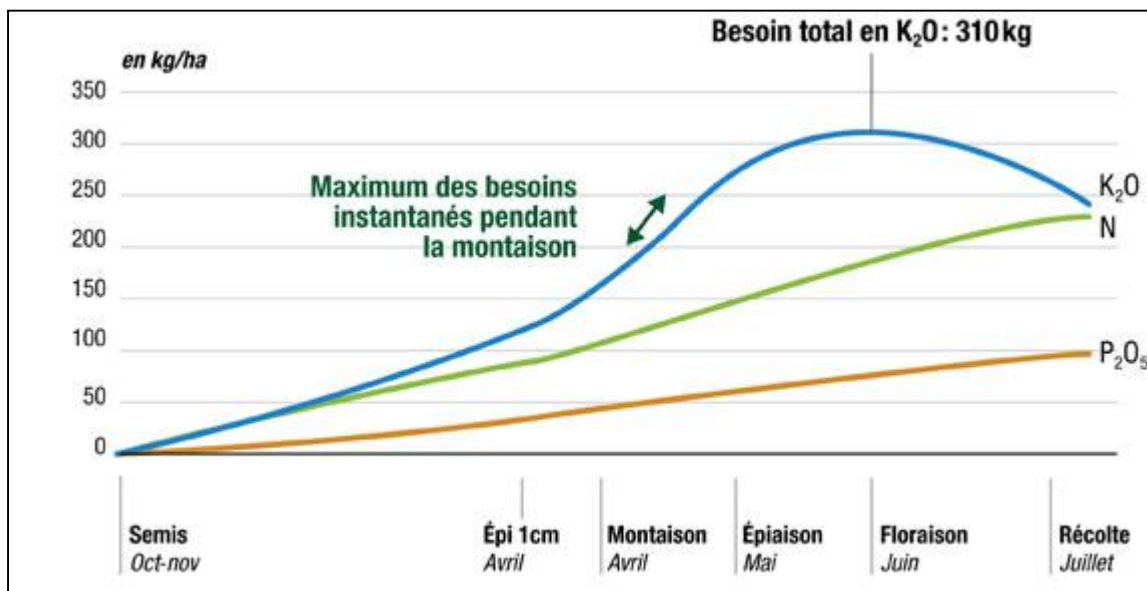


Figure 02. Courbe type d'absorption - Blé 88q/ha (Source : Centre de recherches d'Aspach, Ministère de l'agriculture in UNIFA, 2020)a.

2. Analyse foliaire

2.1 Définition d'analyse foliaire

L'analyse de feuilles que LAGATU et MAUME ont appelé diagnostic foliaire constitue l'une des méthodes d'étude de la nutrition minérale des plantes, à priori pour connaître les besoins d'une plante on ne peut rien imaginer de plus direct que de s'adresser à la plante elle-même.

En se considérant à la plante, le problème de la nutrition minérale peut être abordé de plusieurs manières :

- ✓ par l'étude du rendement, ce procédé étant très souvent utilisé surtout quand il s'agit de plantes de grande culture.
- ✓ par l'analyse chimique des tissus de la plante de manière à connaître sa teneur en chacun des éléments nécessaires à sa vie.
- ✓ par la recherche de « symptômes visuel » de mauvaise nutrition.

L'analyse foliaire est donc fondamentale pour :

- Diagnostique les besoins des végétaux
- Diagnostique leurs carences en élément nutritifs
- Trouver les solutions pour pallier de carence.

2.2. La méthode du diagnostic foliaire

La méthode du diagnostic consisté à étudier en liaison l'effet de l'engrais sur le rendement et sur la composition chimique de la feuille. Son but est de déterminer à partir de quelle concentration foliaire, un apport supplémentaire de potasse par exemple, s'il provoque bien une augmentation du taux de potassium dans la feuille. Ce taux d'élément dans la feuille situé au-dessous de la valeur de saturation et correspondant à la production maximum de la plante dans les conditions où elle se trouve est appelée seuil critique. La connaissance des seuils critiques permet de pratiquer pour cette culture le diagnostic foliaire dans la région présentant du sol et du climat comparable.

N'importe quelle feuille ne peut convenir des études systématiques faites sur de nombreuses plantes, sur des feuilles diverses à différents stades de la végétation montrent que pour une même espèce végétal à une même époque cultivée sur le même terrain dans le même milieu, les résultats des analyse varient beaucoup suivant l'âge, le rang des feuille.

2.3. Echantillonnage et prélèvement

Dans cette situation, il est rare que le stade de la culture corresponde exactement à celui pour lequel les normes d'interprétation existent, procéder à la comparaison des couples « plantes malades » et « plantes saines », si le développement des plantes est suffisant prélever les mêmes organes que ceux préconisés ci-dessous sinon prélever la partie aériennes en coupant proprement à quelques centimètre au-dessus du sol.

Tableau 03 : l'échantillonnage pour le diagnostic foliaire : le cas de blé (SADEF 2006)

Culture	Stade de prélèvement	Organe prélevé	Quantité minimum
Céréales : blé, orge, avoine, seigle, triticale	Début montaison	Partie aériennes à couper à 5-8cm du sol	100g
	Milieu montaison	Partie aériennes à couper 5-8cm du sol	100g
	Floraison (épiaison)	2ème et 3ème feuille sous l'épi de maitre brin	100feuilles sur 50 pieds

2.4. Conditionnement

Ne pas prélever des organes poussiéreux ou souillés de terre. Si tous les organes disponibles sont souillés, les laver l'eau ; les égoutter ; les faire sécher une journée dans un endroit bien ventilé, si l'organe sont humides ou gorgés d'eau, les faire sécher dans même condition.

Ne jamais utiliser de sachets plastiques mais des enveloppes en papier ou mieux encore des filets en nylon.

2.5. Interprétation des résultats d'analyses

Pour interpréter les résultats d'analyse foliaire, il faut disposer de valeurs de références de la littérature obtenues sur le matériel identique considéré comme sain (Gysi et al., 2000).

Tableau04 : Normes d'interprétation des résultats du diagnostic foliaire du blé (Laboski, 2016).

Eléments nutritifs	Niveau optimum en éléments nutritifs stade (début épiaison)
N, %	2,5 - 3,5
P, %	0,20 - 0,50
K, %	1,5 - 2,5
Ca, %	0,20 - 0,50
Mg, %	0,16 - 0,30

S, %	0,20 - 0,40
Zn, ppm	20 - 70
B, ppm	2 - 25
Mn, ppm	25 - 100
Fe, ppm	20 - 250
Cu, ppm	5 - 20

2.6. Les symptômes de carences en éléments nutritifs

Selon Montagne (2017), les symptômes de carence en azote se manifestent par un jaunissement des feuilles du bas, évoluant vers un dessèchement. L'impact sur le rendement (et ses composantes) est variable selon le stade auquel apparaît le stress :

- Jusqu'à 2 nœuds : sensibilité faible à modérée, effets indirects (azote) plus importants : régression de talles pouvant mener à une réduction du nombre d'épis.
- De 2 nœuds à dernière feuille étalée : réduction du nombre d'épis et de la fertilité épi (nombre de grains/épi).
- De dernière feuille étalée à floraison : réduction du nombre de grains/épi.
- Floraison à maturité : baisse du poids de mille grains (PMG).

Les symptômes visuels de carence en phosphore sont un ralentissement de croissance, les plantes sont chétives et ont un aspect rigide, les feuilles âgées sont d'abord vertes foncées, puis rouge violet, la tige peut aussi prendre une couleur rougeâtre.

Pour le potassium, les carences se manifestent sur les feuilles qui sont d'abord vert brunâtres, puis peuvent prendre une coloration rouge brunâtre, une chlorose apparaît et se développe à partir du bord des feuilles âgées, qui rapidement finissent par dépérir. Les plantes manquent de turgescence et flétrissent.

En Algérie on ne rencontre jamais de déficiences en calcium, car les sols en contiennent des quantités importantes (Khelil, 1989).

Concernant les symptômes de carence en magnésium sont, selon ARVALIS (2020)a, pendant le tallage :

- Parcelle :

- Grandes tâches irrégulières, d'un vert plus clair et à croissance réduite.

- Parfois la carence visible précocement s'estompe par la suite (plein à fin tallage). Ceci s'explique par la capacité des plantes à s'alimenter à partir des horizons plus profonds (à teneur en MgO parfois plus élevée) à partir d'un certain stade.

➤ Plante et feuilles :

- Ponctuations claires (en « chapelet »), entre les nervures des vieilles feuilles donnant un aspect strié aux feuilles.

- Dans les cas graves, le bout des feuilles jaunit, se nécrose et la feuille se vrille en hélice.

- jaunissement depuis la pointe et les bords, proche de la carence en azote.

Pour les carences en soufre ARVALIS (2020)^b, rapporte que l'apparition des symptômes est à partir de fin tallage - début montaison.

Les symptômes s'accroissent jusqu'au stade dernière feuille (soufre et azote ont la même dynamique d'absorption).

➤ Parcelle

Les zones atteintes sont réparties en foyers et parfois par bandes correspondant au recoupement de passages pour l'épandage d'azote car les zones surfertilisées en azote extériorisent en premier la carence.

➤ Plantes

Si la carence est précoce, croissance réduite (- 10 à - 30 %) et tallage réduit. Entrenœuds plus courts.

Sur les feuilles :

- Aspect vert pâle des jeunes feuilles qui peut être plus marqué à la base du limbe.

- Stries jaunes ou vert clair le long des nervures.

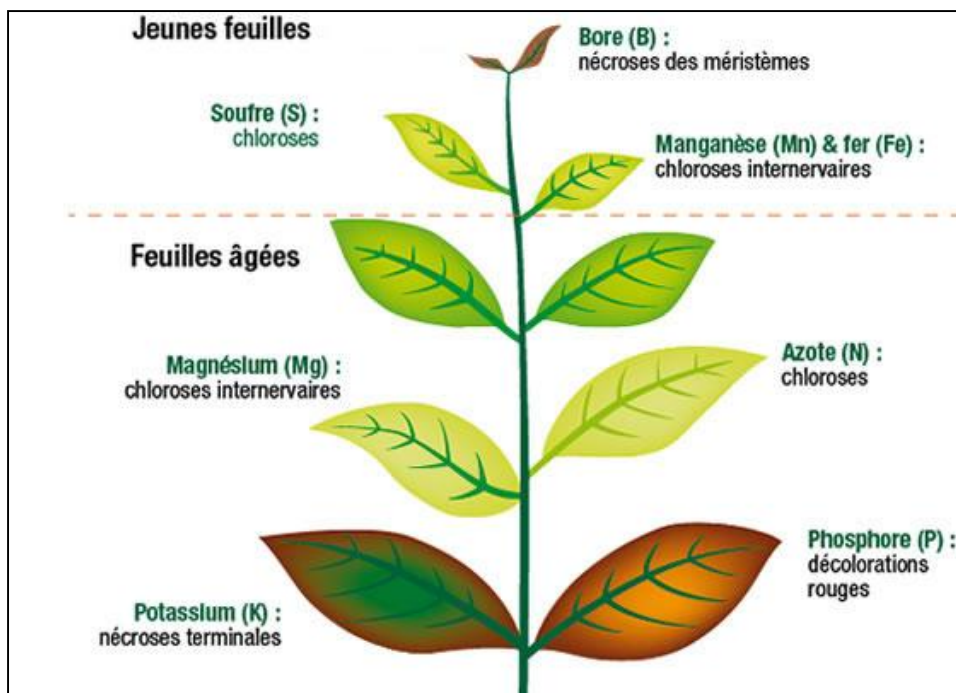


Figure 03. Diagnostic des carences au champ (UNIFA, 2020)b.

2.7. Les interactions entre éléments

L'utilisation excessive de certains éléments peut modifier l'assimilation d'autres éléments. Par exemple, un excès d'azote peut induire une déficience en potasse et réciproquement. Les phosphates favorisent l'entrée du magnésium, alors que le calcium réduit son assimilation. Le potassium peut influencer l'absorption du zinc (Praloran, 1971).

La synthèse des résultats des travaux de Machal (1984), met en évidence l'influence de l'augmentation de la teneur foliaire d'un élément sur celui des autres éléments, une faiblesse en azote s'accompagne souvent d'un taux élevé en phosphore. D'autre part, le niveau élevé en phosphore peut provoquer une déficience en zinc. Une déficience en magnésium peut induire une faible assimilation en zinc et en manganèse.

Selon Cline et Mc Neil (2003), on peut provoquer une carence en potassium en épandant de l'azote sur un sol assez pauvre en potassium, la croissance induite par l'azote entraîne des besoins plus importants en potassium.

Zone d'étude

2.1. Présentation générale de la zone d'étude

2.1.1. Situation géographique

La wilaya de Relizane est située au Nord-Ouest d'Algérie, Elle est limitée par la wilaya Mostaganem au Nord, la wilaya de Chef au Nord – est au sud –est par la wilaya de Tiaret, et au sud –Ouest par la wilaya de Mascara , Elle s' étale sur une superficie de 484000 ha, elle est divisée en 13 daïras et 38 communes (Gourari 2010) .

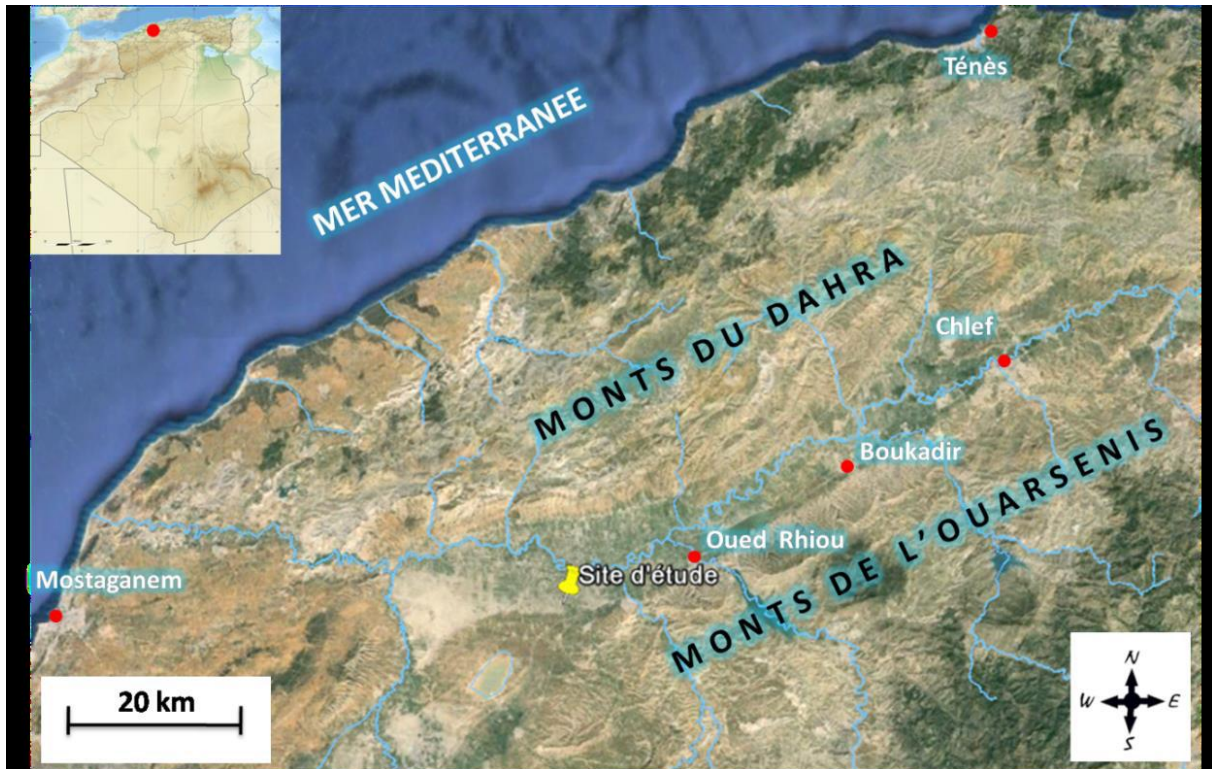


Figure 04 : carte de la situation géographique du site d'étude (épingle en jaune).

2.2. Présentation de la plaine du Bas-Cheliff

La plaine du Bas-Chéiff est l'une des trois plaines composant la vallée du Chéiff (Haut, Moyen et Bas-Chéiff). Elle fait partie du bassin versant du Chéiff et occupe sa partie ouest. Ce même bassin versant du Chéiff est traversé par le plus grand oued d'Algérie sur une longueur de 750 km et fait partie du grand bassin versant « Chéiff-Zaherz », qui couvre une superficie d'environ 56 227 km² (soit plus de 22 % de la superficie de l'Algérie du nord).

La plaine du Bas Chéiff fait environ 50 km de longueur sur une largeur variant de 6 à l'est à plus de 20 km à l'ouest, avec une surface pratiquement plate, d'une altitude moyenne de 70 m. La plaine s'étend sur 65 000 ha.

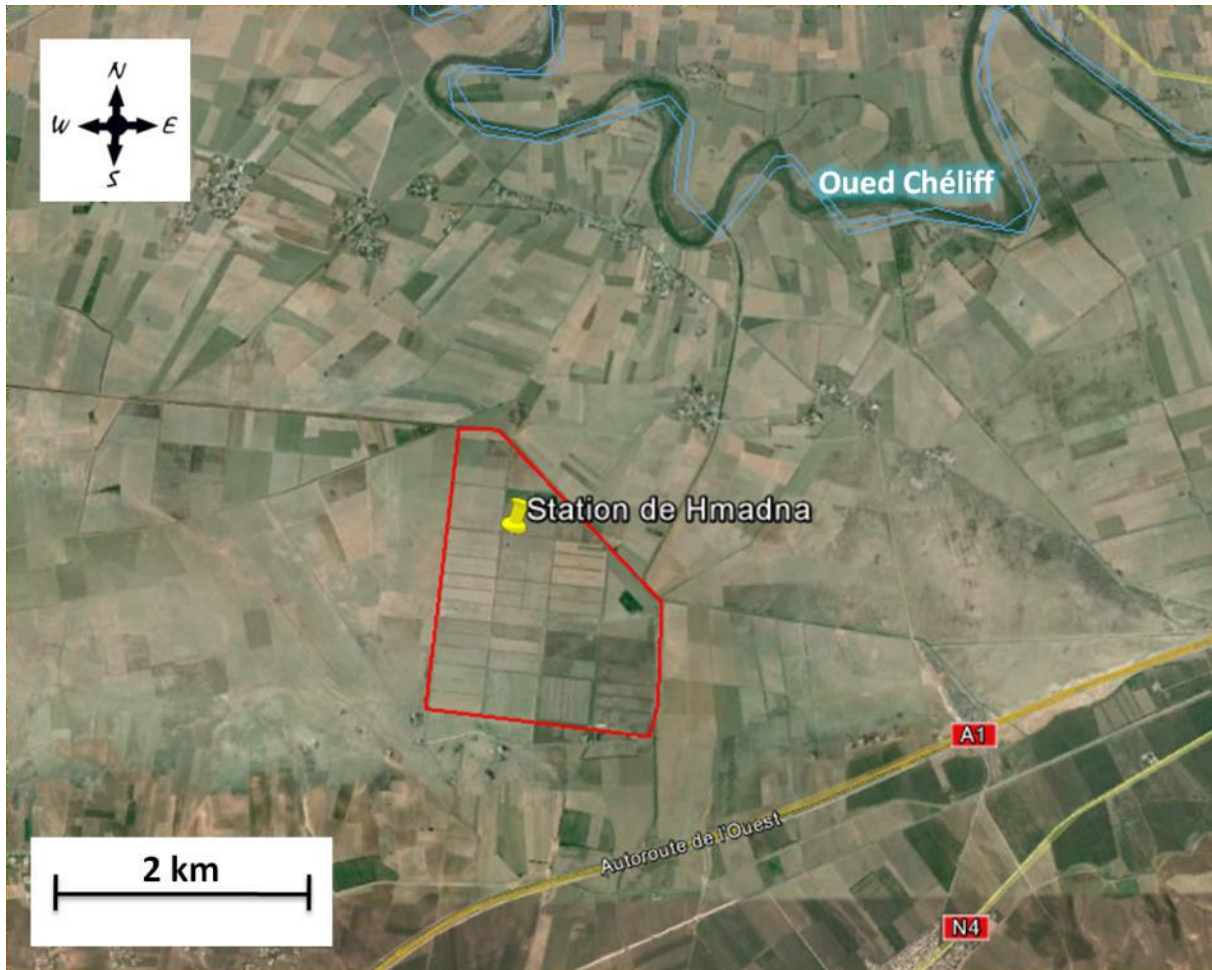


Figure 05 : Situation géographique de la station de Hmadna (source. Google Earth).

2.3. Altitude et pente

L'altitude varie de un mètre pour la plaine de Relizane à 135 mètres pour Yellel. Les zones élevées ont une altitude qui dépasse les 600 mètres dans les montagnes de Béni Chogranne et dépasse les 800 mètres dans les montagnes de Dahra.

La pente varie entre 0 à 3 % en plaine. 3 à 12 % pour les zones de piedmonts.

Cependant elles dépassent 12 % pour les zones de piedmonts et 25 % pour les montagnes de Beni Chougranne et les montagnes de Dahra (Gourari 2010).

2.4. Les ressources hydriques

2.4.1. Eaux souterraines

Les principales nappes de la région sont le Bas Chélif, Zemmoura et Mina avec un volume de 39 m³ dont exploité annuellement est de 21 ,5 m³.

2.4.2. Eaux superficielles :

Les eaux superficielles sont représentées par le barrage de Sidi M'hamed Benaguda d'une capacité de 225 m³ qui est utilisé pour l'irrigation du périmètre de la Mina. Le barrage Gargar d'une capacité de 450 m³ est utilisé par la ville d'Oran, Mostaganem et l'irrigation du périmètre du bas Chélif ainsi que, la retenue Merdjat Sidi Abade. D'une capacité de 50 m qui est destinée à l'irrigation du périmètre du Bas Chelif (Benchergui et Tahar 2009).

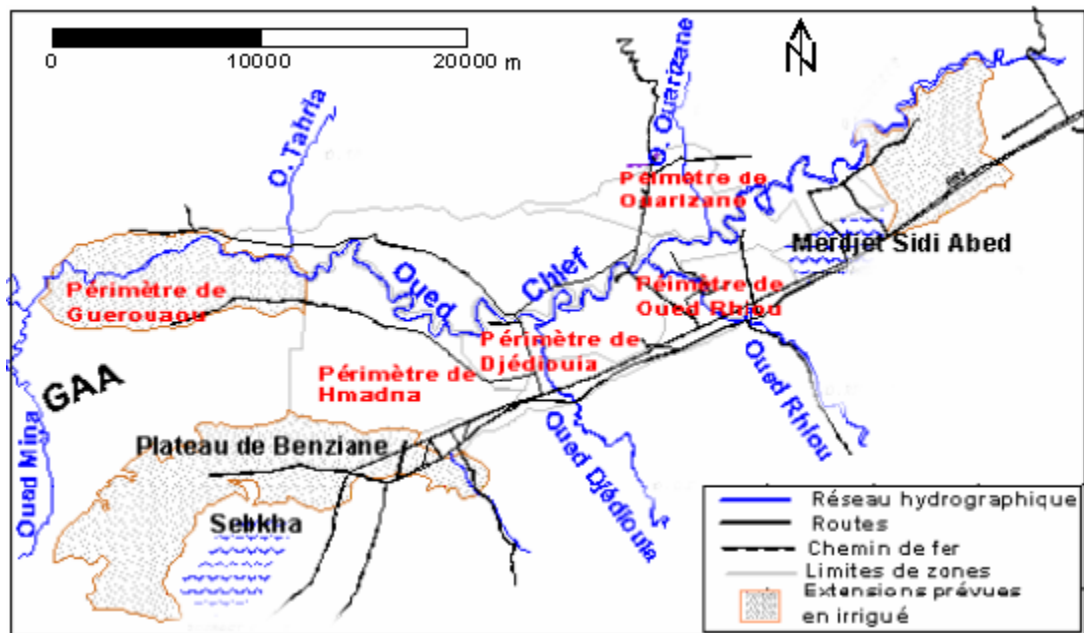


Figure 06 : Réseau hydrographique et principaux périmètres irrigués de la plaine du Bas-Chélif (source RATA 2002)

2.5. Le Sol

2.5.1. Caractéristiques des sols

La wilaya de Relizane est constituée d'apports alluviaux caractérisés par des terres à texture fine (limono-argileuse) avec la présence d'un taux de calcaire appréciable. La profondeur des sols est de 1,5 m en moyenne. Ils présentent le plus souvent une faible teneur en matière organique qui décroît avec la profondeur pour devenir négligeable.

Le pH est généralement voisin de la neutralité à légèrement alcalin (Benchergui et Tahari 2009).

2.5.2 Types du sol

Les sols sont regroupés dans différentes classes pédologiques parmi les quelles trois grands types de sols caractérisant les zone indiquées à savoir :

***les basses plaines :** avec une superficie de 155.350 ha constituées par les périmètres irrigués dont les terres sont lourdes (Argileuse). Hydro-morphes et relativement salées. Les basses plaines de la Mina et du Bas-Cheliff comportant l'essentiel du verger et du maraichage.

***les hautes plaines :** avec une superficie 146.150 ha dont les terres sont profondes. Limono-argileuse, ils se caractérisent par les grandes cultures et L'élevage ovin.

***Les zones de montagnes :** présentent des versant particulièrement érodés avec des couches maigres et caillouteuses, Ils comportent une partie des montagnes du Beni chograne pour 40000 ha et les montagnes du Dahra pour 20000ha (Benchergui et Tahari, 2009).

2.6. Le milieu agricole

2.6.1. La superficie agricole

La S.A.U de la wilaya s'élève à 281870 ha ce qui représente 80.99 % de la superficie totale soit 348 000 ha.

2.6.2. Répartition de superficie utile par culture

L'agriculture de la wilaya de Relizane est très diversifiée .elle comprend les grandes cultures avec une superficie de 40 000 ha dont 120 000 ha céréales et 10 000 ha maraichage : les cultures pérennes (arboriculture et viticulture) représentent 7.05 % soit 19 900 ha dont 2128 ha de vigne. La jachère couvre une superficie de 1119751 (Anonyme, 2008).

2.7. Le climat

Le climat des plaines du Chélif, et tout particulièrement celui du Bas-Chélif, est un climat spécifique, rude et contrasté, avec des étés très chauds et des températures basses en hiver.

Le climat de la région d'EL HMADNA est spécifique, contrasté, caractérisé par des étés très chauds et des températures basses en hiver. D'après la carte des étages bioclimatiques du bassin du Chélif (figure 07), l'étage bioclimatique de la région d'EL H'MADNA est aride (indiqué dans la figure 07 en point rouge. Selon l'INSID (2005), l'évapotranspiration potentielle annuelle de la région est de l'ordre de 1600 mm/an.

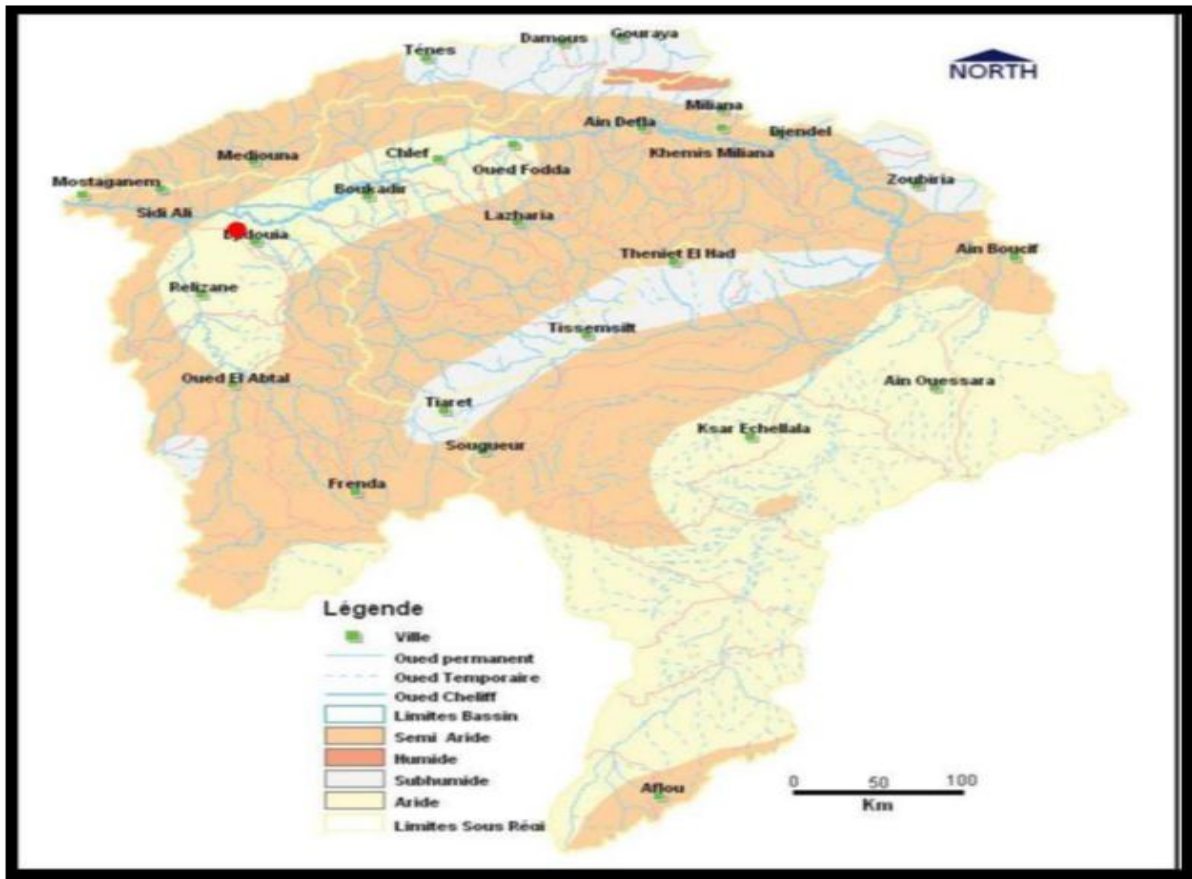


Figure 07: Carte des étages bioclimatiques du bassin de Chélif (INSID, 2005).

2.7.1. La pluviométrie

En ce qui concerne les précipitations, on note une diminution de la hauteur des pluies, dans la vallée du Chélif d'Est en Ouest. Le tableau 07 représente les précipitations moyennes mensuelles de la région d'EL H'MADNA, calculée sur une période allant de 2000 à 2016.

Tableau 05 : Données pluviométriques INRAA d'EL H'MADNA (2019).

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
P (mm)	76.81	17.02	10.15	66.03	7.12	0	0	0	40.88	4.82	28.96	26.92

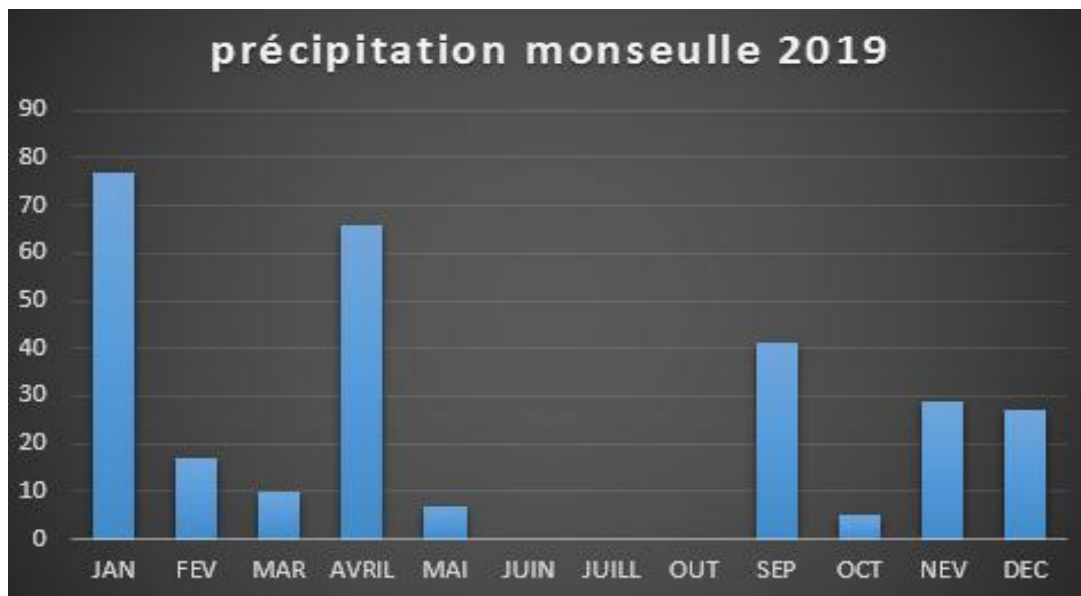


Figure 08 : précipitation mensuelle d'année 2019 de wilaya Rilizane

L'analyse du tableau, montre que le mois de janvier est celui le plus pluvieux avec 76.81 mm, alors que la faible pluviosité est enregistrée durant les mois de juin et juillet, avec une pluviométrie égale à 1 mm. Le climat de la région d'EL H'MADNA est caractérisé par une faible pluviosité avec une répartition irrégulière durant toute l'année.

2.7.2. La Température

Le régime thermique de la région est caractérisé par des températures élevées en été et relativement basses en hiver. Les températures les plus élevées sont enregistrées durant les mois de juillet et août (voir le tableau ci-dessous), où elles atteignent un maximum de 30.47°C en moyenne, ce qui correspond à une forte évaporation et une remontée capillaire de la nappe qui se trouve parfois à un mètre de profondeur.

Les basses températures se manifestent au mois de janvier avec une température moyenne de 10,97 °C.

Tableau 06 : la température mensuelle de wilaya Rilizane 2017_2018 :

Moins	janv.	fév	mar	avril	mai	juin	juil	out	Sep	oct	nev	dec
T	10.5	12.4	16	18.6	24	27	31.5	31.2	27	22.3	16.2	14.1
TM	15.5	18	21.5	22.8	29.1	32.2	37.2	36.7	32.3	27.6	19.1	18.3
Tm	4.5	4.5	7	11.1	13.4	17.9	23	22.9	19.7	14.6	12.2	9

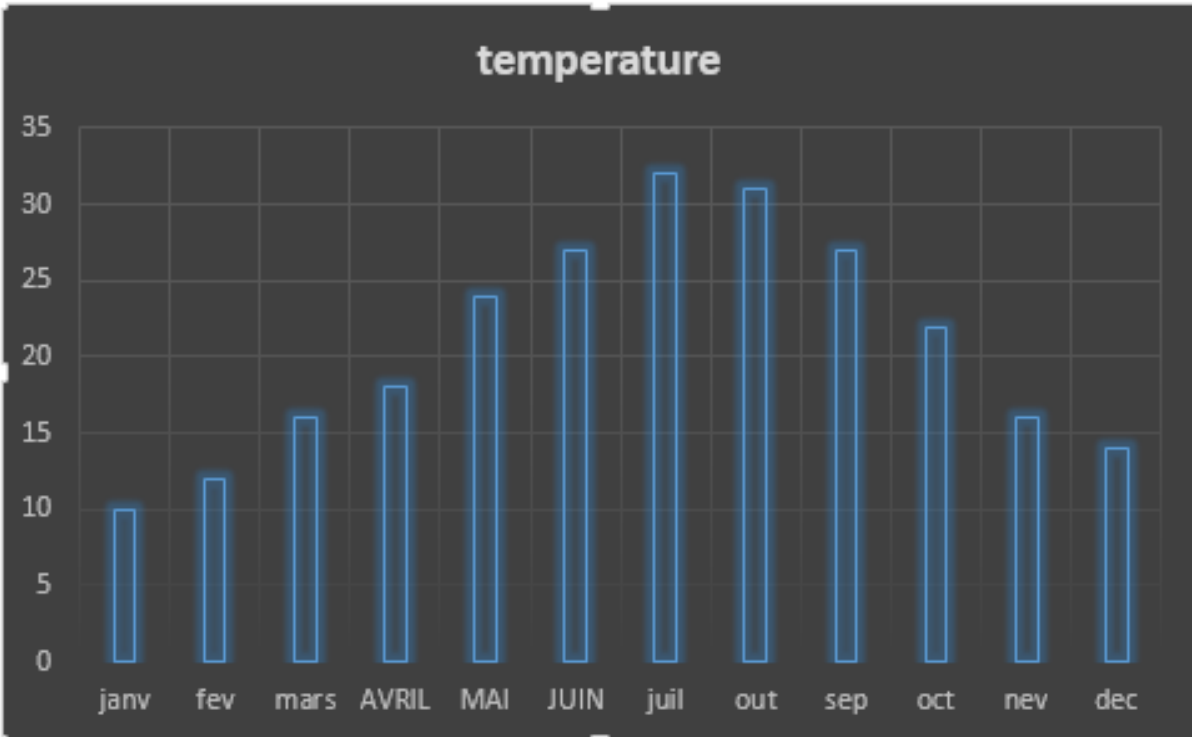


Figure 09 : la température mensuelle de wilaya Relizane 2017_2018 .

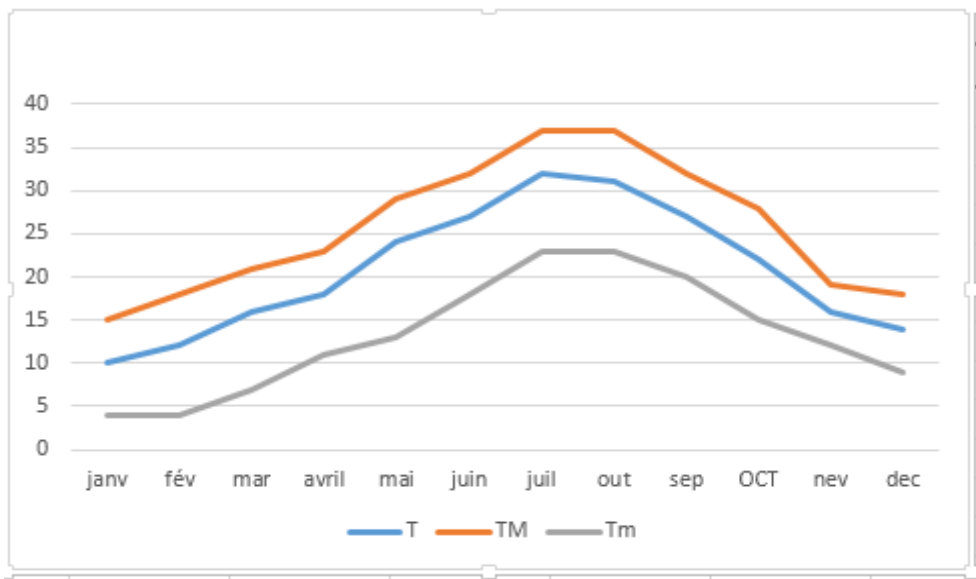


Figure 10 : Courbe explicatif de la température maximale et minimale toute l'année 2018.

Afin de clarifier les variations de température qui caractérise la région, on observe que le mois le plus chaud est juillet $T_M = 37.2^\circ\text{C}$, le moins plus froide est janvier $T_m = 4.5^\circ\text{C}$.

La saison la plus chaude s'étale de juin à septembre, la saison fraîche dure 4 mois du novembre au mars.

2.7.3. Le vent

Selon **Mokhtari (2009)** ; d'après les observations effectuées à la station d'EL H'MADNA, il ressort que le vent dominant est le vent d'ouest. Sa vitesse moyenne varie de 13 à 33 Km/h, jouant le rôle de la dégradation mécanique du sol et agit sur l'amplitude de la température.

Il constitue ainsi un agent d'érosion efficace dans les régions à couverture végétale faible à nulle, surtout durant la période sèche où beaucoup de sols acquièrent une structure micro-polyédrique (pseudosables) à la surface voire poudreuse dans d'autres cas (**Douaoui, 2005**). Le vent agit soit directement par une action mécanique sur le sol et les végétaux, soit indirectement en modifiant l'humidité et la température (**Ozenda, 1982**).

D'après les observations effectuées à la station du d'EL H'MADNA (Tableau 10), il ressort que le vent dominant est le vent de l'ouest. Sa vitesse moyenne varie de 6,1 à 11,9 Km/h, jouant le rôle de la dégradation mécanique du sol et agit sur l'amplitude de la température.

Tableau 07 : Données de vent de la station d'EL H'MADNA (2016- 2017).

Mois	jan	fev	mar	avril	mai	jui	juil	out	sep	oct	nov	dec
V(Km/h)	9.8	11.9	9.6	8.7	9.9	11	10.6	10	8.9	8.3	10.7	6.1

2.7.4. L'humidité

L'humidité relative de l'air est généralement plus élevée le matin pour tous les mois ; elle est de l'ordre de 60 à 85 % en automne et l'hiver et entre de 35 à 60 % en printemps et l'été. Elle peut compenser en un certain degré l'absence ou la rareté des précipitations en favorisant le développement des plantes.

Le tableau suivant nous rapporte les données concernant l'humidité dans la région d'étude.

Tableau 08 : Données de l'humidité de la station d'EL H'MADNA (2016- 2017).

Mois	jan	fev	mar	avril	mai	juin	juil	out	sep	oct	nov	Dec
H%	54.9	66.5	84.2	76.5	67.2	63.6	61.6	48.1	36.6	39.2	43	44.5

2.7.5. Evapotranspiration

Elle est définie comme étant la valeur maximale possible de l'évapotranspiration dans des conditions climatiques données. Elle résulte de deux phénomènes l'un physique : l'évaporation, l'autre biologique : la transpiration. L'évapotranspiration potentielle estimée selon la formule de Thorntwait est de 1000 mm/an.

Tableau 09 : Données de L'évapotranspiration de la station d'EL H'MADNA 1990/2010.

Mois	jan	fev	mars	avril	mai	juin	juil	out	sep	oct	nov	dec
ETP(mm)	16	18.5	39.0	55.4	105.7	159.3	215.9	206	121.1	79.3	32.8	19.3

2.7.6. Nébulosité

A Rélizane, le pourcentage de nébulosité connaît une variation saisonnière considérable au cours de l'année.

La période la plus dégagée de l'année commence aux alentours du juin et dure 2 mois, se termine aux alentours du septembre. Le 1 juillet, le jour le plus dégagé de l'année dans ensemble ou partiellement nuageux 92 % du temps, et couvert ou nuage dans ensemble 8 % du temps.

La période plus nuageuse de l'année commence aux alentours du 1 septembre et dure 9 mois, se terminant aux alentours 13 juin.

2.7.7. Indice de l'aridité de DEMARTONNE(1927)

Cet indice permet de caractériser le pouvoir évaporant de l'air à partir de la température, selon l'équation suivante :

$$I_a = P \text{ (mm)}$$

$$T \text{ C}^\circ + 10$$

Où

- P : les hauteurs annuelles des précipitations en mm

- T : les températures moyennes annuelles en °C

- 10 : constante, utilisée pour éviter les valeurs négatives lorsque la température moyenne de l'air est inférieure à 0°C.

Dans la région d'EL HMADNA cet indice est de 10.44 de la période (1990-2014). Des valeurs d'indices d'aridité ($10 < I < 20$) caractérisent les régions à climat semi-aride. Donc la région d'EL H'MADNA appartient à un climat semi-aride.

2.8. La salinité des sols

La carte établie par **Douaoui (2005)** a montré que les superficies dont la salinité est supérieure à 25 dS/m, sont localisées essentiellement dans la partie ouest de la plaine. D'un autre côté, les superficies ayant une salinité inférieure à 4 dS/m n'apparaissent pratiquement qu'au niveau du plateau de Benziane et de la colline de partage. Par ailleurs, les sols qui se trouvent de part et d'autre de l'oued Chélif sont dominés par la classe de la salinité comprise entre 4 et 8 dS/m suivie par la classe 8-16 dS/m.

2.9. Géologie et géomorphologie

La plaine du Bas-Chélif est un synclinal traversé par le lit de l'oued Chélif qui occupe, à l'instar des autres plaines du Chélif, le fond de bassins de sédimentation où s'accumulent les sédiments (**Boulaine, 1957**). Elle est comblée d'alluvions du quaternaire et encadrée au nord et au sud par des piémonts du Dahra et de l'Ouarsenis de l'âge Miocène et Pliocène (tertiaire), qui lui fournissent le matériau par érosion. L'existence de la sebkha de Benziane située sur le plateau de Benziane au sud-ouest de la plaine lui confère un caractère particulier.

La plaine est relativement jeune parce qu'elle date seulement du quaternaire, c'est un synclinal comblé dur harbien (quaternaire) encadré au Nord et au sud par des collines de l'âge Miocène pliocène (tertiaire). En conséquence, ces bordures fournissent directement par érosion les alluvions de la plaine du Bas-Chélif (**McDonald et BNEDER, 1990**).

Vers le sud, l'oued Rhiou et l'oued Djidouia traversent les collines, comprennent de schistes et de marnes salés, ce qui justifie la haute salinité des sols alluviaux de la plaine ainsi que le niveau de la salinité des eaux de la retenue du barrage Gargar (**McDonald et BNEDER, 1990**).

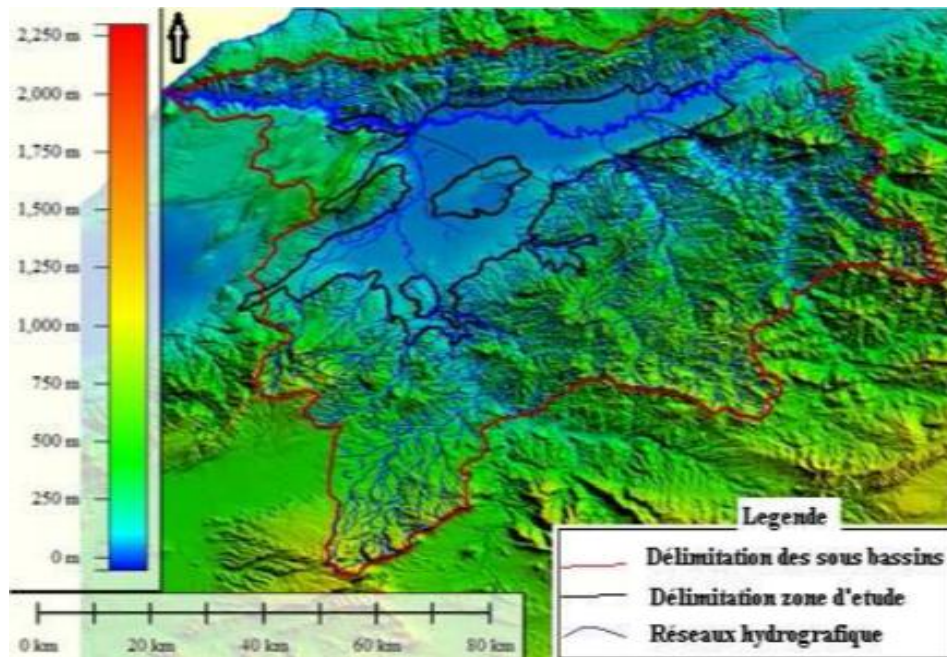


Figure11 : Morphologie de la station

2.10. Les reliefs

La vallée du bas Chélif est située en aval et en contre bas du grand bassin de l'oued Cheliff.

Au milieu de la plaine, la pente du terrain est modérée et augmente progressivement jusqu'aux villes situées aux piémonts de l'Ouarsenis et ce en partant de Hmadna, Djediouia jusqu'à oued Rhiou.

2.11. Les glaciers colluvionnaires

Assez étroits de 3 % à 5 % qui se retrouvent en bordure de la plaine où les formations récentes sont dominantes. La présence des croûtes calcaires qui caractérisent les formations plus anciennes est peu fréquente. Dans le cas échéant, on les retrouve par conséquent sur les piémonts du Sud des villes tel que : Oued Rhiou et de Djidiouia. Ils sont constitués par des matériaux en provenance des calcaires du Miocène supérieur.

2.11.1. La plaine alluviale

Le Bas-Chélif est une plaine alluviale datant du Rharbien. Les alluvions qui la constituent sont d'une épaisseur considérable (plusieurs dizaines de mètres), les matériaux récents originaires des bassins versants du Chélif, de l'oued Rhiou et de l'oued Djidiouia sont ces constituants principaux (dominance des schistes et des marnes du Miocène et du Pliocène souvent riches en sels).

2.11.2. Les lits des oueds actuels

Les lits d'oueds sont encaissés dans la terrasse alluviale du Rharbien à un niveau inférieur à 10 mètres. Les bords sont très escarpés et très abrupts.

L'oued Chélif est le principal oued de la plaine, il la traverse d'Est en Ouest. Au moment des grandes crues, il déborde sur les terrasses récentes en déposant en bordure de ses berges des bourrelets alluviaux le plus souvent sableux connus sous le nom de formations actuelles et qualifiés de formations modernes par (**Gaucher, 1947**).

2.11.3. La Sebka de Benziane

C'est une dépression naturelle, cavée dans la région de Benziane au Nord de la ville d'Oued El Djemaa. **Boulaine (1957)** avait retenu l'hypothèse que la sebka a été formée par déflation éolienne d'une zone où s'étaient formés des sols salés à la suite de mouvements tectoniques par la combinaison d'un creusement au centre du bassin et d'une accumulation en bordure d'un bourrelet éolien.

2.11.4. La Gaa

C'est une dépression fermée, couverte par des formations récentes très argileuses, elle se trouve dans la rive droite de l'oued Mina. On y retrouve des petits cours d'eau qui constituent des artères permettant une circulation d'eau vers le centre de la dépression où les eaux stagnent sur pratiquement toute l'année provoquant dans ceci une hydromorphie et une salinisation importante des sols (**Douaoui, 2005**) ;

2.11.5. La colline de partage

C'est un relief caractéristique dans cette partie des plaines du Chélif qui domine Merdjet Sidi Abed d'une dizaine de mètres. Cette formation marque la limite entre la plaine du Bas-Chélif et la plaine du Moyen-Chélif. Cette colline fait partie d'une série d'autres collines qu'on retrouve dans les autres plaines du Chélif (Moyen et Haut-Chélif).

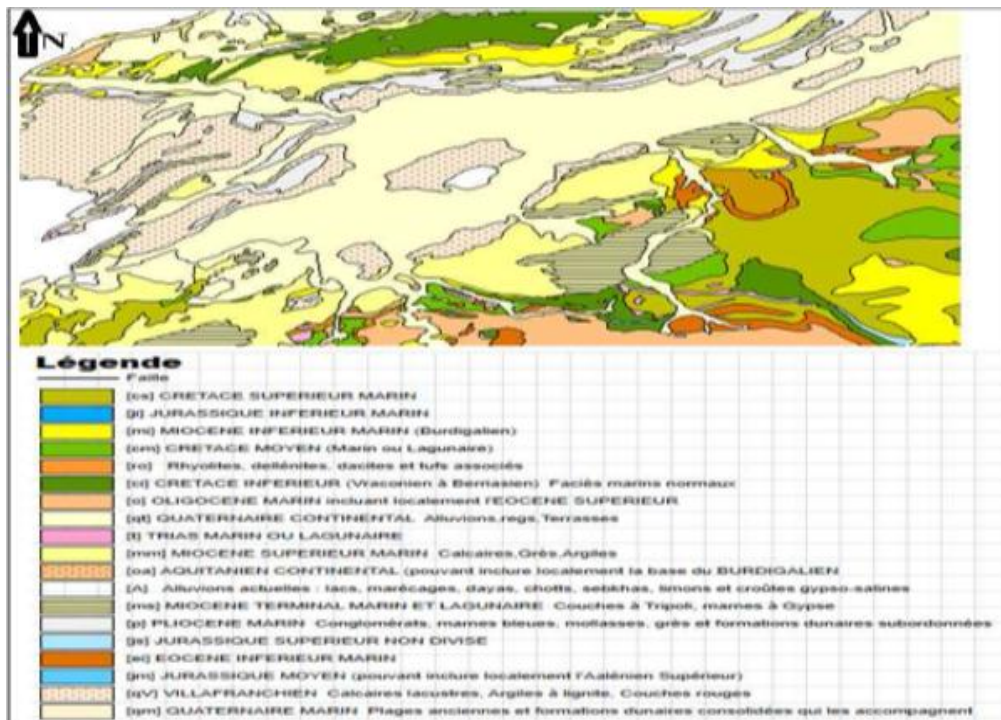


Figure 12: Extrait de la carte 1/50000 de l'Algérie (Louis David ; M Bouillon, 1958)

2.12. Pédologie

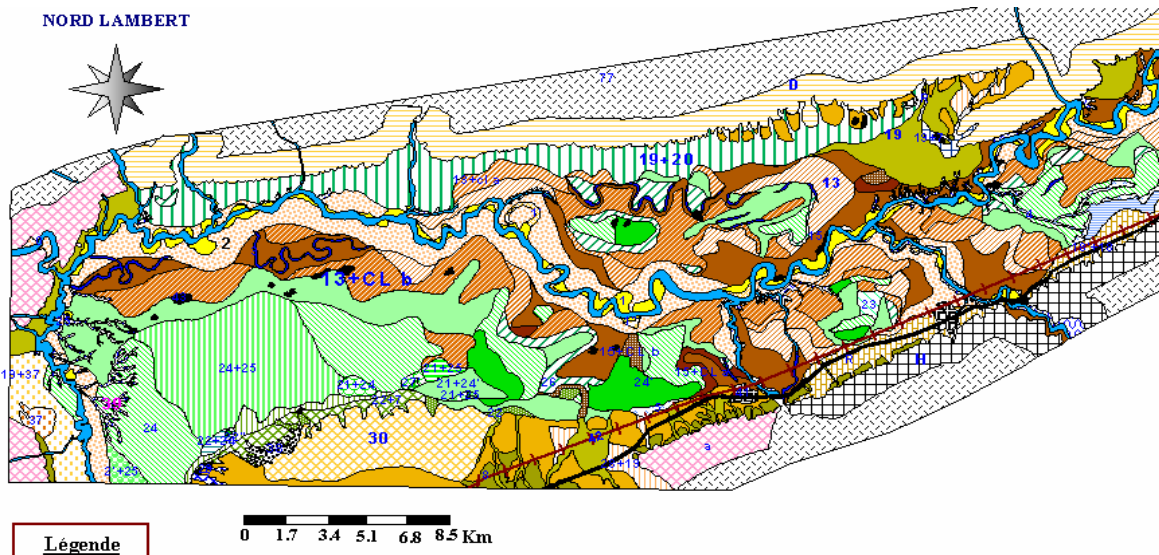
Les travaux réalisés par **Durand (1956)** ont montré que les sols du site d'EL H'MADNA sont tous des solontchaks solonetz à caractère sodique magnésique et calcique (figure 15). Ils présentent pour la grande majorité une texture très fine en surface et des textures à dominance limoneuse dans les horizons sous-jacents. L'analyse des résultats morphologiques et analytiques fait par **Hadj Miloud (2010)** sur un profil situé dans la station d'El H'madna a montré qu'il correspond à : Hypersalic Vertic Gleyic Solonchak (Sodic, Chloridic, Clayic), selon la classification mondiale de la **WRB (2006)**.

Au périmètre du Bas Chélif, selon **Boulaine (1957)**, ces sols peuvent être classés en deux principaux types généraux et Six classes :

- Les sols légers et non salés qui se trouvent sur le plateau de Benziane et les périphéries de la plaine ;
- Les sols lourds et salés qui occupent la partie centrale de la plaine.

Tableau 10 : Synthèse des sols de la plaine du Bas-Chélif d'après la carte pédologique de Mc Donald et Bneder (1990).

Type de sol	Caractéristiques
Les sols peu évolués	<p>- Les sols peu évolués d'apport alluvial : Ce sont des sols de granulométrie et des caractéristiques physico-chimiques très variées. On les rencontre le plus souvent sur les terrasses des lits de l'oued. Ils sont généralement profonds.</p> <p>- Les sols peu évolués d'apport colluvial: Ils sont caractérisés le plus souvent par des dépôts de cailloux et de graviers à la surface et en profondeur du profil. Leur texture peut être très variée. Localisés au bord de la plaine.</p>
Les vertisols	Riches en argiles gonflantes (smectites). C'est des sols à mauvais drainage. On les retrouve sur les alluvions des terrasses Rharbiennes. Ils présentent souvent le caractère salin avec une hydromorphie en profondeur.
Lessols calcimagnésiques	Ces sols sont présents le long des limites Nord et Sud de l'aire d'étude. Ce sont des sols d'apport alluvial et colluvial. Ils sont plus ou moins différenciés et présentent parfois des calcaires continus sous forme d'encroûtement et de croûte.
Les sols Hydromorphes	Ce sont des sols profonds avec un drainage imparfait dû à la position basse qu'ils occupent formant généralement des dépressions fermées telles que les sols de la GÂA. On les rencontre un peu partout dans le Bas Chélif.
Les sols isohumiés	Moins fréquents dans le Bas-Chélif, ils sont de couleur marron et présentent, parfois, le caractère vertique des accumulations discontinues de calcaire. Localisés sur les colluvions de la partie sud de la plaine et sur le plateau de Bouziane
Les sols Salsodiques	Appelés halomorphes : sont des sols dont l'évolution est influencée par la présence de sels solubles et du pourcentage du sodium échangeable. Lorsque la conductivité électrique dépasse les 4 dS/m par la méthode de la pâte saturée, ils sont appelés sols salés (U.S.S.L.S, 1954).



1 : sols alluviaux non évolués des dépôts sableux des lits majeurs des oueds	21 : Solontchaks lessivés ou solonetz par ablation éolienne (sols des dayas des zones salés)
1' : fréquemment inondés	22 : Solontchaks vifs
1'' : salés par ruissellement latéral	22'' : Solontchaks vifs défloculés
2 : sols alluviaux non évolués des dépôts sableux des bourrelets des oueds	23 : Solontchaks inertes avec plus de 0,18 % et moins de 0,5 % de Cl en surface
2' : peu épais	24 : Solantchaks inertes avec plus de 0,18 % de chlore en surface
3 : sols hydromorphes non salés des réseaux d'écoulement des eaux superficielles des plaines	24' : Solontchaks inertes avec plus de 0,18 % de Cl en surface et plus de 0,5 % de Cl en profondeur
4 : sols hydromorphes permanents	25 : Hyposolontchaks avec 0,07 à 0,18 % de Cl en surface + accumulation de Chlorure en profondeur
5 : sols hydromorphes temporaires, à nappes phréatiques non salées	26 : Hyposolontchaks avec 0,07 à 0,18 % de Cl en surface
7 : sols hydromorphes à inondations temporaires hivernales	27' : Eosolonetzdes lunettes érodés
8 : sols calciques formés sur carapace calcaire	28 : sols partiellement décalcifiés à accumulation progressive de calcaire
13 : sols alluviaux complexes à horizon d'accumulation des sulfates	30 : sols partiellement décalcifiés à accumulation brusque du calcaire
13+cla : sols alluviaux complexes à horizon d'accumulation des sulfates et chlorures	37 : sols dunaires rouges décalcifiés
13+clb : sols alluviaux complexes à horizons d'accumulation des sulfates+accumulation de chlorures en profondeur (>0,18 %)	38 : sols dunaires de la bordure nord de l'auréole de la sebkha Benziane
15 : sols alluviaux complexes évolués	39 : griffe d'érosion
15+cla : sols alluviaux complexes +accumulation de chlorures en profondeur (<0,18%)	42 : voie ferrée

15+clb : sols alluviaux complexes +accumulation de chlorures en profondeur (>0,18 %)	43 : villages, douars, canneaux, etc...
18+18' : sols colluviaux provenant des massifs calcaires, pente assez forte	77 : Massif (Dahra, Ouarsenis)
19 : sols colluviaux provenant des massifs gréseux et des formations quaternaires anciennes	a : Association des sols à carapace calcaire
20 : sols colluviaux et alluviaux provenant des massifs marneux et argileux	D : Association des sols jeunes formés sur grès et marnes
	H : Association des sols formés sur les calcaires tendres
	R : Route nationale

Figure 13 : Carte des sols du bas Chélif (Boulaine, 1956., RATTA, 2010).

Partie méthodologie

3. Méthodologie de travail et analyse des résultats

But de l'étude réalisée en conditions de terrain était d'évaluer l'effet du taux de fertilisation en potassium sur l'état nutritionnel du blé dur (variété Ammar 06) en éléments majeurs secondaires (Ca, Mg et S), au stade du développement de la floraison (début épiaison) ainsi que sur les teneurs en ces éléments dans le sol. Nous avons choisi des parcelles à différents niveaux de salinité.

La recherche a été menée au sein de la station expérimentale de l'INRAA, d'El Hmadna, sur des sols à richesse moyenne et élevée en potassium total et des teneurs faibles en potassium assimilable.

3.1. Le sol

Les sols de la station de l'INRAA, El Hmadna appartiennent au périmètre du Bas Chelif, ces sols se caractérisent par une texture argilo-limoneuse. Les travaux réalisés par Durand (1956), ont montré que les sols du site d'El Hmadna sont des solontchaks solonetz à caractère sodique magnésique et calcique. Ils présentent pour la grande majorité une texture très fine en surface et des textures à dominance limoneuse dans les horizons sous-jacents.

Pour notre essai, notre choix s'est porté sur quatre parcelles à différents niveaux de salinité. Selon l'échelle de la C.E. citée par Baize (2000), nous constatons que les sols de la région sont en général salés à très salés.

S1	S2	S3	S4
0,2	1,08	1,95	2,7
$CE \geq 0,6$	$0,6 < CE \leq 1,2$	$1,2 < CE \leq 2,4$	$2,4 < CE \leq 6$
Non salé	Peu salé	salé	Très salé

3.2. Le végétal

Pour cette étude nous avons choisi une céréale qui est le blé dur, variété Targui (Ammar 06). Cette dernière est nouvellement introduite en Algérie (2011) a fait l'objet des recherches au niveau de l'ITGC (Institut Technique des Grandes Cultures, Alger), les essais ont portés sur les paramètres morphologiques de la plante. Aucun essai sur la tolérance de cette variété à la salinité n'est réalisé.

La semence a été fournies par l'Institut Technique des Grandes Cultures, Alger (ITGC), cette dernière été récoltées la même année (2019).

3.3. Expérimentation

Pour notre essai nous avons choisis le sulfate de potassium (K_2SO_4), cet engrais est réservé à la fertilisation des sols salins. Selon UNIFA (2020), en raison de sa très faible salinité, c'est un remplacement du chlorure de potassium.

La dose d'engrais est calculée selon les besoins de la culture et selon la teneur en potassium disponible pour les plantes dans le sol. Nous avons retenus les doses suivantes : **K0** = 0, **K1** = la moitié de la dose d'engrais, **K2** = La dose calculée qui satisfait les besoins de la culture, **K3** = la dose + la moitié. Ce qui donne :

K0	K1	K2	K3
0	250 kg/ha	500 kg/ha	750 kg/ha.

Pour le calcul de la dose d'engrais, nous avons pris en considération les besoins de la culture, la teneur du sol en potassium disponible pour les plantes, le taux d'argile dans le sol et enfin le rendement du blé visé.

Pour la réalisation de notre essai, nous avons adopté pour chaque parcelle un dispositif expérimental en bloc aléatoire complet. Le dispositif contient trois blocs (répétitions), chaque bloc est subdivisé en quatre parcelles (les différentes doses d'engrais potassique).

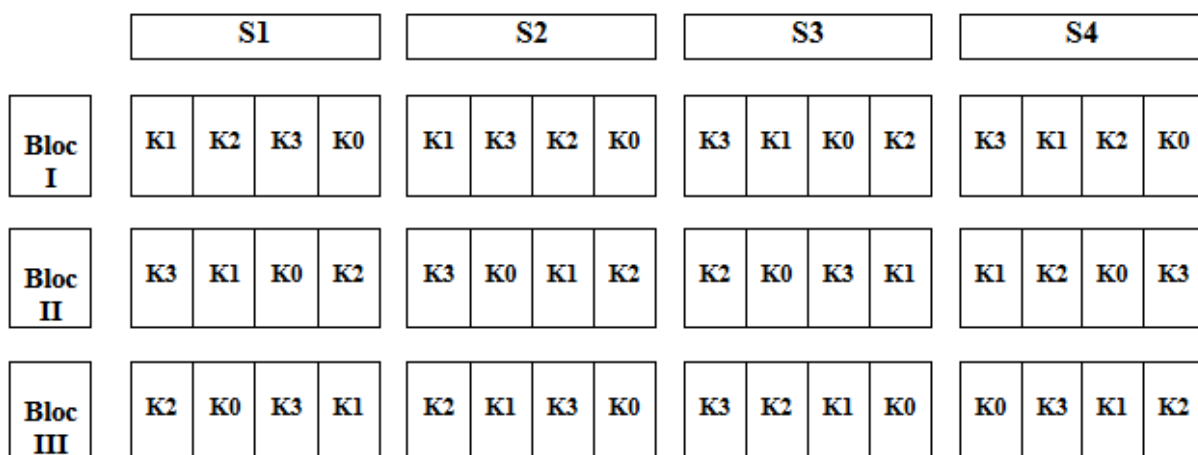


Figure 14. Le dispositif expérimental.

Pour les eaux d'irrigation nous avons utilisé l'eau disponible au niveau de la station expérimentale. C'est une eau non salée.

Après préparation du terrain (préparation du lit de semence), nous avons réalisé le semis du blé dur le 21 et le 22 novembre 2019. Avant le semis, nous avons procédé à l'épandage de l'engrais potassique (K_2SO_4) en respectant la répartition des différents traitements. La dose de semis choisie a été de 300 grains/m². Les graines ont été semées manuellement en ligne, à une profondeur de 3 cm (voir figure suivante).



Figure 15. Réalisation du semis du blé dur.

Le développement des adventices a été limité par un désherbage manuel à chaque fois quand ils apparaissent, car aucuns produits phytosanitaires ne se sont apportés durant le déroulement de l'essai.

Au stade début épiaison du blé (stade floraison), des feuilles ont été prélevées pour l'analyse foliaire, selon Loue (1982), la partie la plus fortement consommée se trouve entre la fin du tallage et le début de floraison qui correspond au taux d'absorption d'éléments minéraux les plus élevés, elles concernent toujours les quatre premières feuilles supérieures.

Des échantillons du sol ont été aussi prélevés, pour subir des analyses au laboratoire qui porteront sur les teneurs en potassium et en phosphore. L'échantillonnage a été réalisé en avril 2020.



Figure 16. Période de prélèvement des feuilles de blé dur et du sol pour le diagnostic foliaire.

3.4. Analyse des résultats

Dans cette partie nous allons présenter et discuter des résultats de recherche sur le thème, permettant d'évaluer l'état nutritionnel du blé dur en calcium, magnésium et le soufre. Et les teneurs en ces éléments minéraux dans le sol après l'épandage de l'engrais potassique.

3.4.1. Sol

Différents travaux ont été réalisés sur la caractérisation des sols de la station de l'INRAA, Hmadna, parmi lesquelles nous pouvons citer ceux de : Ait Mechedal et al., (2015), Djelloudi et Nouari (2015), Fedda (2016), Lahouel (2014), Nefraoui et Mellah (2019), Rata (2010), Saoud (2014).

Tableau 11. Les analyses physico-chimiques du sol.

	pH	CaCO ₃ %	MO %	CEC meq/100 g sol	Ca ⁺⁺ meq/100 g sol	Mg ⁺⁺ meq/100 g sol	K ⁺ meq/100 g sol	Na ⁺ meq/100 g sol	Cl ⁻ meq/100 g sol	HCO ₃ ⁻ meq/100 g sol	SO ₃ ⁻ meq/100 g sol
Sol	7,7	22	0,48	26,03	9,52	2,43	0,17	8,27	10,33	1,35	8,42

Le sol étudié est développé sur les alluvions de l'oued Chélif (Hadj Miloud, 2010), D'après la synthèse des résultats obtenus on peut tirer les conclusions suivantes :

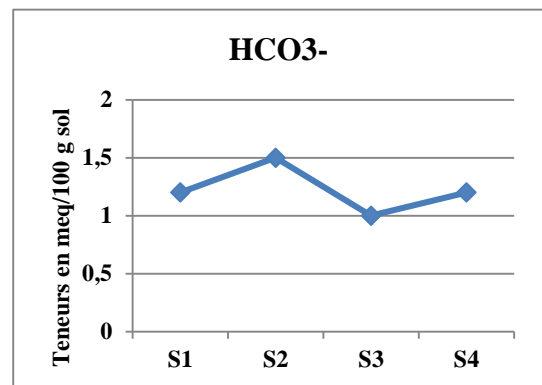
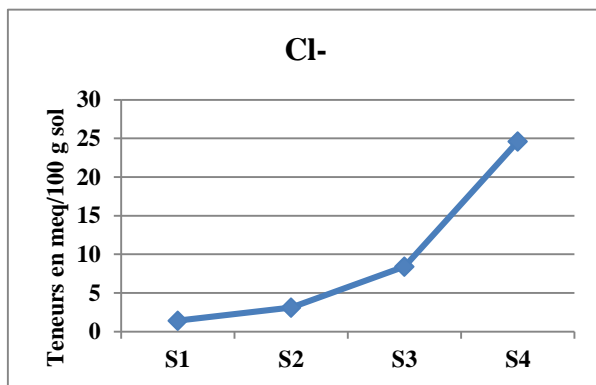
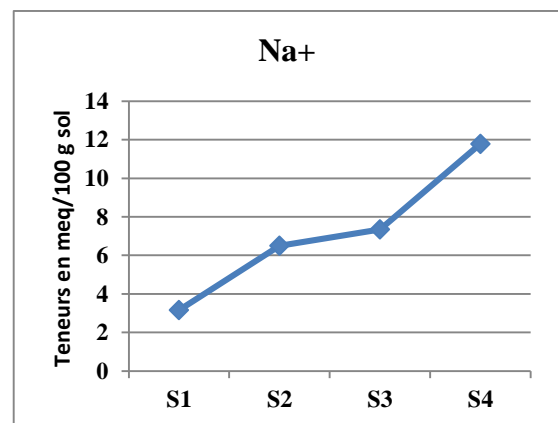
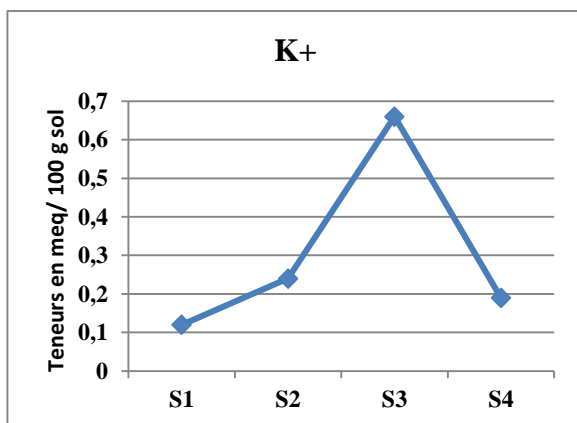
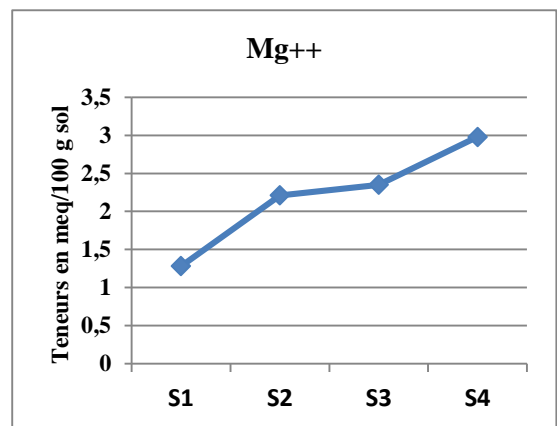
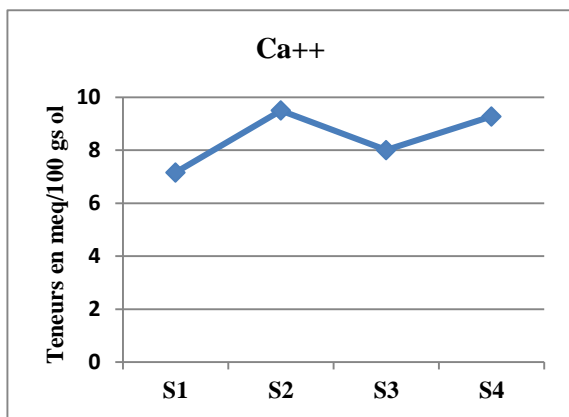
- Les sols de la région d'étude se caractérisent par une texture argilo-limoneuse ;

- Les valeurs du pH indiquent que le sol est basique, ce type de pH peut influencer la disponibilité en éléments nutritifs pour les plantes.
- Les sols de notre zone d'étude ont des teneurs faibles à moyennes, ce qui peut influencer la fertilité de ces sols, car la matière organique constitue un facteur de fertilité très important, elle influence la stabilité structurale et la réserve en éléments nutritifs nécessaires au bon développement des plantes ;
- Les résultats montrent que notre sol est modérément calcaire,
- Selon Tessier (1999) la capacité d'échange cationique augmente avec la teneur en argile du sol. Notre sol est à texture généralement fine ce qui explique cette CEC élevée.
- Pour la conductivité électrique, nous avons quatre niveaux de salinité du sol (non salé, moyennement salé, salé, excessivement salé),
- Le bilan ionique indique que Les résultats des mesures effectuées sur le sol indiquent que il y a une augmentation de la concentration des sels solubles du sol peu salé jusqu'à le sol très salé (voir tableau ci-dessous).

Tableau 12. Le bilan ionique du sol (Nefaoui et Mellah, 2019).

	Les cations (meq/100 g sol)				Les anions (meq/100 g sol)		
	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻⁻
S1	7,16	1,28	0,12	3,16	1,4	1,2	3,16
S2	9,50	2,21	0,24	6,50	3,1	1,5	6,50
S3	8,01	2,35	0,66	7,35	8,4	1,0	7,35
S4	9,28	2,98	0,19	11,78	24,6	1,2	11,78

Les variations en ces teneurs en cations et en anions sont illustrées par la figure suivante.



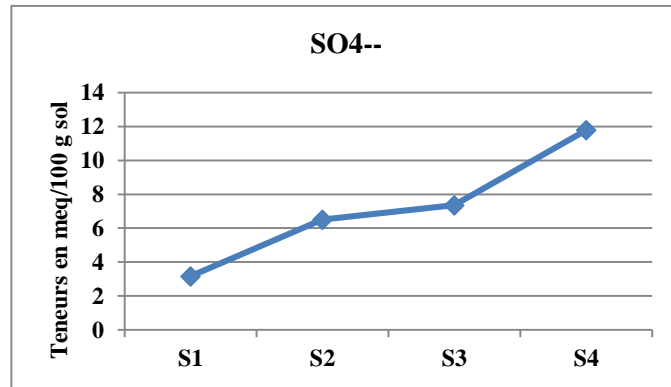


Figure17. Variations des teneurs sels solubles dans le sol de l'horizon de surface (0 – 20 cm).

3.4.1.1. Teneur du sol en calcium assimilable

Le calcium joue un rôle déterminant sur les fertilités physique (stabilité des structures du sol, sensibilité à la battance, échanges gazeux et hydriques...), chimiques (fonctionnement de la CEC, désalinisation...) et biologique (activité de la biomasse microbienne...) du sol. Secondairement, le calcium est aussi un élément nutritif pour les plantes. Le calcium est le cation majoritairement adsorbé sur la CEC. Il est naturellement présent en très grande quantité dans les sols calciques et surtout calcaires.

Notre sol présente en moyenne des teneurs élevées en calcium assimilable (Nefraoui et Mellah (2019) et Rata (2010)). Ce qui constitue un état satisfaisant pour couvrir les besoins de la culture.

3.4.1.2. Teneur du sol en magnésium assimilable

En ce qui concerne les teneurs en magnésium des sols de la région de Hmadna, les teneurs moyennes enregistrées pour le sol est de 2,21 meq/100 g sol (Nefraoui et Mellah, 2019).

Cette moyenne est comprise entre 1 à 5 meq/100 g sol, elle correspond à un état de fertilité optimal à moyennement élevée (Gros, 1979). Ce qui ne pose pas problème de déficience pour les plantes.

3.4.1.3. Teneur du sol en soufre assimilable

Les résultats rapportés Nefraoui et Mellah (2019) et Rata (2010), montrent que les valeurs sont comprises entre 1.56 et 12.5, ce qui indique un état de fertilité convenable (Gros, 1979). Alors notre sol est riche en sulfates, ce qui permet une bonne alimentation des plantes cultivées.

L'activité microbienne dans les sols joue un rôle important dans la décomposition de la matière organique et dans les cycles biogéochimiques du carbone, de l'azote du phosphore, et du soufre etc.

D'après Laura (1976), l'addition des sels provoquait une baisse de l'activité microbienne. C'est un facteur qui empêche le bon déroulement de la biodégradation de la matière organique par les micro-organismes du sol, surtout pour le processus de la minéralisation de l'azote et soufre.

Le traitement des sols salins par le soufre permet de lessiver les ions de sodium de la zone racinaire. Le sodium sera ainsi lessivé sous forme de sulfate de sodium et remplacé par le calcium (El Fallah, 2020).

3.4.2. Analyse foliaire du blé dur

Au niveau de cette partie nous avons essayé de réaliser la synthèse de quelques résultats obtenus par des recherches portant sur le même thème de notre étude.

L'augmentation de la concentration en NaCl dans le milieu de culture réduit significativement les teneurs de l'ensemble des éléments minéraux de la plante, à l'exception de Na⁺ et Cl⁻ (Ibriz et al., 2005).

3.4.2.1. Variations des teneurs foliaires en Calcium

Les travaux de Doué (1968), rapporte qu'avec l'ajout de K₂SO₄, les teneurs en calcium dans les feuilles de blé ont diminuées avec l'augmentation des doses de potasse (voir tableau)

Tableau 12. Variations des teneurs en calcium dans les feuilles de blé sous différentes doses d'engrais potassique (Doué, 1968).

Doses K kg/ha	Teneurs en calcium (% MS)
0	1,31
60	1,22
120	1,17

Les travaux de Miller (1999), indiquent que des taux de K élevés semblent augmenter le potentiel de carences en calcium dans la plante, ce qui indique que des taux supérieurs aux besoins de la plante peuvent causés des déséquilibres dans la nutrition en calcium.

Des concentrations élevées en calcium dans le sol peut causer une carence en potassium du fait de l'antagonisme entre les deux éléments, pour une nutrition satisfaisante en calcium et en potassium le rapport K/Ca, doit toujours être maintenu au-dessus de 2 (mais en dessous de 10, car trop de K peut nuire à l'absorption du calcium) (Garcia, 2020).

3.4.2.2. Variations des teneurs foliaires en magnésium

D'après les résultats notre sol est riche en magnésium, ce qui peut permettre une bonne alimentation en magnésium de la plante cultivée.

Les études montrent que la salinité influence la nutrition en magnésium des plantes, cette dernière, selon (Ibriz et al., 2005), réduit les teneurs en Mg^{+} dans la partie aérienne de la plante et a accentué l'accumulation de Na^{+} et Cl^{-} . Des résultats similaires ont été rapportés par plusieurs auteurs (Houchi et coudret, 1994).

Dans le cas du magnésium, comme le calcium, des teneurs élevées en magnésium dans le sol peut causer aussi une carence en potassium du fait de l'antagonisme entre les deux éléments. Selon Garcia (2020), il faut toujours maintenir le rapport K/Mg, au-dessus de 2, car trop de K peut stopper l'assimilation du magnésium.

Les traitements avec les doses moyennes et élevées de potassium, provoquent une diminution hautement significative du taux de magnésium dans les feuilles (Nadir, 1972).

Tableau 13. Variations des teneurs en magnésium dans les feuilles de blé sous différentes doses d'engrais potassique (Doué, 1968).

Doses K kg/ha	Teneurs en calcium (% MS)
0	0,43
60	0,41
120	0,39

3.4.2.3. Variations des teneurs foliaires en soufre

Le soufre est un élément très important pour les êtres vivants surtout comme constituant des acides aminés soufrés.

Le sol a des teneurs en soufre à l'optimum, par conséquent ils peuvent largement couvrir les besoins de la culture.

L'engrais potassique utilisé (K_2SO_4), contient 17 à 18 % de sulfate. C'est une source supplémentaire de soufre ajoutée au sol, qui servira à alimenter les plantes.

Conclusion générale

Notre étude qui a porté sur l'influence de la fertilisation potassique sur l'état nutritionnel du blé dur et les teneurs en éléments majeurs secondaires (calcium, magnésium et soufre) dans le sol. L'expérimentation s'est déroulée dans la station expérimentale de l'INRAA, la région d'El Hmadna. D'après la caractérisation des sols de la région réalisées par Nefraoui et Mellah (2019), on peut tirer les conclusions suivantes :

- Les sols de la région d'étude se caractérisent par une texture argilo-limoneuse ;
- Les valeurs du pH indiquent que notre sol est basique, ce type de pH peut influencer la disponibilité en éléments nutritifs pour les plantes. Le pH influence la dynamique des éléments minéraux dans le sol ;
- Concernant le taux de matière organique, les sols de notre zone d'étude ont des teneurs faibles à moyennes, ce qui peut influencer la fertilité de ces sols, car la matière organique constitue un facteur très important,
- En dosant le calcaire, les résultats montrent que notre sol est modérément calcaire,
- Selon Tessier (1999) la capacité d'échange cationique augmente avec la teneur en argile du sol. Notre sol est à texture généralement fine ce qui explique cette CEC élevée.
- Pour la conductivité électrique, nous avons quatre niveaux de salinité du sol (non salé, moyennement salé, salé, excessivement salé),

Des études montrent que le sol a des teneurs convenables en calcium, en magnésium et en soufre.

Selon Garcia (2019), des teneurs élevées en calcium et en magnésium peut provoquer une carence en potassium ; les rapports K/Ca et K/Mg doivent toujours être maintenus au-dessus de 2. Notre sol présente des rapports en général inférieurs à 2, donc il n'y a pas un risque d'antagonisme entre les autres cations.

L'un des effets de la salinité réside dans le déséquilibre nutritif qui s'installe suite à une perturbation du transport des solutés. En effet, la salinité limite l'absorption et le transport de K^+ , Ca^{+2} et d'autres nutriments nécessaires à la croissance comme le PO_4^- et NO_3^- (Ballestros et al., 1997).

Une fertilisation potassique non raisonnée ou apports excessifs, peut affecter la nutrition minérale des plantes en calcium, en magnésium, en provoquant des carences nutritionnelles.

Concernant l'état nutritionnel du blé en soufre, il peut y avoir un état convenable, car le sol est riche en soufre, en plus l'engrais utilisé (K_2SO_4), apporte une dose supplémentaire d'environ 18 % de soufre au sol.

Pour corrigé les déficiences en éléments nutritifs dans le sol, le recours à la fertilisation est indispensable, pour assurer un rendement satisfaisant.

La protection de l'environnement et la sécurité alimentaire sont désormais deux préoccupations majeures des pays. L'utilisation excessive des engrais peut avoir un impact sur l'environnement. Développée depuis les années 1980, la fertilisation raisonnée a des effets positifs sur l'environnement (Ignazi, 2019). L'objectif de la fertilisation raisonnée est de satisfaire les besoins des plantes en complément de l'offre du sol en éléments minéraux et dans le respect de l'environnement (COMIFER, 1995 in UNIFA, 2019).

Liste des références :

- Agri éthique (2020) : cycle de développement du blé dur
- Aubert. G.1976.Les sol sodique en Afrique du Nord. Annuaire de l'I.N.A EL Harrach, Alger VI, n°1 pp : 185-196.
- Aubert Georges 1983 : Observation sur les caractéristiques ; la nomination et la classification des sols salés ou sodiques.Cah.ORSTOMser.péd.vol .XX n°1. PP73-78.
- ARVALIS (2020) a, Carence en Magnésium (Mg). ARVALIS - Institut du végétal. Les fiches Accidents Céréales à pailles, 3 p.
- ARVALIS (2020) b, Carence en Soufre (S). Institut du végétal. Les fiches Accidents Céréales à pailles, 4 p
- Benzahi.y.1994.contribution à l'étude de la dynamique des sels solubles dans un sol irrigué sous palmeraie.Mém, Ing, NFS/AS. Ouargla.P111
- centre de recherches d'aspach, Ministère de l'agriculture in UNIFA ,2020) : comment fertiliser le sol
- Cline RA. et Mc Neil B. (2003), Les analyses foliaires pour les cultures fruitières. Agriculture et affaires rurales. Ontario, pp 2 – 6
- crétois, 1985 : composition biochimique du blé dur
- Djermoun A. (2009) : La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques. Revue Nature et Technologie. N° 01/Juin 2009. Pages 45 à 53.
- Djermoun, 2009 : importance et production du blé en l'Algérie
- Doué A. (1968), Le diagnostic foliaire du blé : ses difficultés en ce qui concerne en particulier le potassium dans les essais factoriels azote + potasse. Iie Colloque Européen et Méditerranéen sur le contrôle de l'Alimentation des plantes cultivées (viticulture, arboriculture, cultures méditerranéennes). 17 p
- Feile (2000) : importance et production du blé dans le monde
- Garcia I. (2020), L'interaction des nutriments. https://www.canna.ca/fr-ca/linteraction_des_nutriments

- Glossary of soils science terms .Ed.science society of America.Am.j.potato.Re s
42.346.1995(online) [Http://Www.Soils.Org/publicatin/soils-Glossary](http://Www.Soils.Org/publicatin/soils-Glossary)
- (guide, 2015) : les éléments fertilisants
- GrosA. (1979), Engrais. Guide pratique de la fertilisation. Edition Maison rustique, Paris, 430 p.
- Gysi M., Klubeertanz G. etVulliet L. (2000), Compaction of a EutricCambisol under Heavy wheel traffic in Switzerland-field data and modeling. Soil Till. Res. 56, 117 – 129.
- Halitime (1973) étude expérimental de l'amélioration des sols sodique d'Algérie. Thèse Doc U.E .R des sciences biologiques
- Houchi R. et Coudret A. (1994). Essai d'utilisation de l'ajustement osmotique commecritère physiologique pour la sélection variétale de triticales tolérants au chlorure de sodium. Rev. Amélior. Prod. Agr. Milieu aride,6 : 99-109
- Horizon. Documentation. Trd .FR
- Ibriz M., Thami Alami I, Zenasnit L., Alfaiz C. et Benbella M. (2005), Effet de la salinité sur le rendement en biomasse et la composition en éléments minéraux d'écotypes marocains de luzerne (Medlcagosativa L.).AL AWAMIA 115 Vol.2 N°3, p : 110 – 119
- Institut national des sols de l'irrigationet drainage « les sols salins en Algérie » INSID2008.
- Journal d'agriculture tropical et de botanique appliqué –juin. Juillet 1967
- Khelil A. (1989), Nutrition et fertilisation des arbres fruitiers et de la vigne. Polycopie O.P.U, 67 p
- Laboratoire d'ethnobotanique .Muséum national d'histoire naturelle.57 rue.cuvrie-paris.
- Laboski C. (2016), Plant analysis are you using it and interpreting the results correctly. Crops Fertilty and soil, Winsconsin Crops Manager 8-13-20 (256)
- Laura R.D. (1976), Effects alkalis salts on carbon and nitrogenmineralization of organic matter in soil. Plant and soil. 44, pp : 423-430.
- Legros, j.p.les grands sols du monde.Ed.presse polytechnique et universitaire ; Romande. Lausanne p 574 .2007..

- Marchal J. (1984), Les agrumes. Chp 8. L'analyse végétale dans le contrôle de l'alimentation des plantes tempérées et tropicales. Ed Lavoisier. p 361 – 398
- Miller G.L. (1999), Potassium application reduces calcium and magnesium levels
- Montagne S. (2017), Accident-culture – Blé – Carence azotée courant montaison (2 noeuds). 2 p.
- Nadir M. (1972), Antagonismes K-Ca, K-Mg et influence du potassium sur les autres éléments minéraux, en particulier les différentes formes de calcium des feuilles de Citrus. Al Awamia, 44, pp. 81-108.
- Nortcliff.S ;(2002).standardisation of soil quality attribuet-agriculture-écosystèmes & environnement 88(2) p161-168.
- Praloran JC. (1971), Les agrumes. Collections techniques agricoles et productions tropicales. Ed G.P. Maison neuve. 505 p
- Pansu, M. and Gautheyrou ; J, l'analyse du sol minéralogique. Organique et minéral. Edition springer.2001
- site web : [https://jardinage. OOREKA .FR](https://jardinage.OOREKA.FR) : définition d'analyse foliaire
- site web [https//FR .Wikipediaorg /Wiki /fertilisation](https://FR.Wikipediaorg/Wiki/fertilisation) : définition de la fertilisation
- site web [Http://Www.Supagros.fr/ress_pepites/sol/com./2-2-Structure sol .Html](Http://Www.Supagros.fr/ress_pepites/sol/com./2-2-Structure_sol_.Html)
- [site web : http : //blog_oc_verssaille. Fr](http://blog_oc_verssaille.Fr) Edition 31-07-2013
- Sposito.G .1997.The chemical composition of soils. The chemistry of soils. Oxford university press.new-york; p 3-27.
- Sposito, G .The chemistry. Oxford university press, New York, 2008.
- (unifa, 2005) : les lois de la fertilisation
- UNIFA (2020) a, Blé. <https://fertilisation-edu.fr/cultures-fiches-pratiques/ble.html>
- UNIFA (2020)b, Les symptômes de carences. <https://fertilisation-edu.fr/nutrition-des-plantes/le-diagnostic-de-nutrition/les-symptomes-de-carence.html>