

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة 20 أوت 1955 سكيكدة

Université 20 Août 1955 Skikda

Faculté des Sciences

Département des Sciences Agronomiques

Filière : Sciences Agronomiques

Mémoire de fin d'études :

En vue de l'obtention du diplôme de Master II en Sciences Agronomiques

Option : Amélioration des plantes

Thème :

**Étude de la fertilisation des agrumes (*Citrus spp.*)
dans la région de Skikda**

Présenté par :

- Hamza Noujoud
- Oudjhani Fatima Zahra

Membres de Jury:

Mme BOUNAB Ouarda	(MCB) Président	Univ.20 Août 1955 – Skikda
Mr.BOULECHFAR Mohamed	(MAA) Examineur	Univ. 20 Août 1955 – Skikda
Mr.SADALLAH Saïd	(MAA) Promoteur	Univ.20 Août 1955 – Skikda
Mr.BOUGHAZI Ahmed	Invité	Ingénieur ITAFV Emdjez Edchiche -Skikda

Année universitaire : 2024-2025

Remerciements

Avant tout nous remercions Allah le tout puissant de nous avoir donné ,la volonté et le courage ,patience pour accomplir ce modeste travail de mémoire.

Nous tenons à adresser nos gratitudees et remerciements à notre encadreur monsieur Sadallah Saïd, maitre assistant A au département d'Agronomie pour sa disponibilité, son suivi et ses précieux conseils ainsi que son soutien moral et sa gentillesse ,ce qui nous a donné le courage d'accomplir ce travail.

Nos vifs remerciements vont également à Mme Bounab Ouaraida Maitre de Conférences A au département agronomie d'avoir bien voulu accepter de présider le jury et juger ce travail. Nous remercions également à Mr Boulechfar Mohamed ,Maitre assistant A au département agronomie, d' avoir bien voulu faire part au jury et juger ce travail.

Nos remerciements vont aussi à Mr Boughazi Ahmed Ingénieur à l'ITAFV Emdjez Edchiche pour son aide et son suivi durant la période de réalisation de l'essai à l'ITAFV et d' avoir bien voulu faire part au jury de mémoire .

Nous remercions également tout le personnel du département d'Agronomie - université de Skikda ,du chef du département, aux enseignants, et au corps administratif pour leur aimable formation durant ces sacrées 05 années d'études

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à Mme Farida Kabir, Ingenieur à la chambre d'agriculture de la wilaya de Skikda , ainsi qu'à tous les cadres de la chambre et de la Direction des Services Agricoles de la wilaya , pour leurs efforts déployés et leur aide durant la réalisation de ce travail

Nos remerciements vont aussi à toute l'équipe technique de d'Institut Technique de l'Arboriculture Fruitière et de Vigne –Emdjez Edchiche (Skikda) et particulièrement Le Directeur de l'Institut Mr Traifi Imed , Mr Slimani Mohammed, Mr Hocine Merdjaoui , Meriem et Rafik Mouats pour leur disponibilité durant la période de notre stage et pour leurs explications , leurs conseils et leur aide

Enfin,nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Noujoud et Fatima Zahra

Dédicace

Avec toust mes sentiments de respect, avec l'expérience de ma reconnaissance je dedie ma remise de diplôme et ma joie

À ALLAH, pour sa lumière dans mes ténèbres, pour la force qu'Il m'a donnée quand j'en avais le plus besoin.

À mon paradis a la prunelle de mes yeux à la source de ma vie et mon bonheur ma lune et le Fil d'espoir qui allume mon chemin, ma moitié

Maman

À la mémoire de mon père, mon guide invisible, mon exemple silencieux, Que Dieu t'accorde Sa miséricorde. Ce travail est aussi le tien.

À mes frères Mohamed et Zakaria ceux qui ont partagé avec moi tous les moments d'emotion lors de la réalisation de ce travail

À ma binôme Noujoud, mon alliée dans cette aventure, pour ta patience, ton sérieux, et la belle harmonie qui nous a unies.

À Monsieur Sadallah Saïd, pour son encadrement bienveillant, ses conseils sincères, et sa confiance.

À Sohaïb, mon fiancé, mon soutien, mon équilibre. Merci pour ta présence apaisante et ton amour constant.

À Meriem, ma précieuse amie, pour ton écoute, ta douceur et ta lumière dans les jours gris.

Et enfin,

à moi-même, pour ne pas avoir abandonné, pour chaque larme cachée, chaque victoire silencieuse.

Merci d'avoir cru en toi.

Fatima Zahra

Dédicace

Avant tout, je rends grâce à Allah pour m'avoir guidée et accordé la force d'aller au bout de ce parcours.

je dédie ce travail à :

A ma famille pour son soutien inconditionnel, en particulier ma mère, dont l'amour et les prières m'ont accompagnée tout au long de ces années.

A mon binôme Oudjhani Fatima Zahra , avec qui j'ai partagé cette belle aventure universitaire et ce travail de recherche.

A notre encadrant, Monsieur Saadallah Saïd, pour ses conseils avisés, son accompagnement rigoureux et ses efforts précieux tout au long de cette étape.

A mes amis, pour leur présence, leur soutien moral et leurs encouragements tout au long de ce parcours. À travers ses lignes je ne peux pas vous décrire tous mes sentiments d'amour, le seul mot que je peux dire est merci , vraiment merci beaucoup à toute personne qui a contribué à la réalisation de ce mémoire.

Et enfin,

à moi-même, pour ne pas avoir abandonné, pour chaque larme cachée, chaque victoire silencieuse.

Merci d'avoir cru en toi.

Noujouf

Sommaire

Remerciments	
Dedicace	
Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction	01
I- Étude bibliographique	
1-1 -Généralités sur les agrumes	02
1-1-1 Origine des agrumes	02
1-1-2 Classification	02
1-1-3 Les espèces d'agrumes	03
1-1-3-1 L'Oranger.....	03
1-1-3-2.Le Citronnier	03
1-1-3-3 Le Clementinier	04
1-1-3-4 Le Pomelo	04
1-1-3-5 Le Kumquat	05
1-1-4 Morphologie des agrumes.....	05
1-1-4-1 Aspect général	05
1-1-4-2 Le système racinaire	05
1-1-4-3 Le système aérien	06
1-1-5 Cycle Biologique	06
1-1-5-1 Stade de non-production	07
1-1-5-2 Stade de début de production	07
1-1-5-3 Stade de production	07
1-1-5-4 Stade de vieillissement	07
1-1-5-5 Stade de décrépitude	07
1-1-6 Cycle de développement	08
1-1-7 Les exigences édaphoclimatique des agrumes.....	09
1-2 Etiréaire technique	10
1-2-1 Installation de la culture	10
1-2-1-1 Préparation du sol	10

1-2-1-2 Densité de plantation	10
1-2-2 Les opérations culturales	11
1-2-3 Fertilisation	11
1-2-4 Irrigation	11
1-2-5 Protection Phytosanitaires	12
1-3 Répartition et production des agrumes	13
1-3-1 Dans le monde	13
1-3-1-1 Zones de production	13
1-3-1-2 production	14
1-3-2 En Algérie	15
1-3-2-1 Zones de production	15
1-3-2-2 Production	15
1-3-3 Dans la wilaya de Skikda	16
1-3-3-1 Zones de culture	16
1-3-3-2 Production	17
1-4 La fertilisation des agrumes	18
1-4-1 Définition de la fertilisation.....	18
1-4-2 Rôles des macronutriments et symptômes de carences liés.....	18
1-4-3 Rôle des micronutriments et symptômes de carences lié	23
1-4-4 Les Engrais	27
1-4-5 Types d' engrais	28
1-4-6 Impact et effets nocifs des engrais	33
1-4-6-1 Sur l'environnement.....	33
1-4-6-2 Sur la plante.....	33
1-4-6-3 Sur la santé humaine.....	33
1-4-7 fertilisation raisonnée	34

II-Matériel et méthodes

2-1- Présentation de la région d'étude.....	35
2-1-1 Superficie de la wilaya.....	35
2-1-1-1 Topographie.....	35
2-1-1-2 Système hydrographique.....	36
2.1.2 Climatologie.....	36
2.1.2.1 Les températures	36
2.1.2.2 Les précipitations.....	37

2-1-2-3 Diagramme Ombrothermique de Gausse.....	37
2-2 Déroulement de l'étude	37
2-2-1 L'enquête auprès des agrumiculteurs	38
2-2-2 Projections des vergers	38
2-2-3 Effet de deux fertilisants sur la croissance des plants d'oranger (Essai réalisé au niveau de l'ITAFV Emdjez edchiche).....	39

III. Résultats et discussion

3-1- Résultats de l'enquête	40
3-1-1 Engrais utilisés et période d'application	40
3-1-2 Analyses de sol et analyses foliaires	42
3-1-3 Prospection des vergers	42
3.2. Effet de deux fertilisants sur la croissance des plants d'oranger (Essai –ITAFV	48
Conclusion	50
Références bibliographiques	
Annexes	
Résumés	

Liste des figures

Figure 01 : Voies de dispersion ancestrales des agrumes	02
Figure 02 : Régions de culture des agrumes dans le monde	13
Figure 03 : Répartition géographique des zones de culture des agrumes en Algérie.....	15
Figure 04 : Feuilles gravement déficiente en N	26
Figure 05 : Carence en phosphore P la peau est plus épaisse et le noyau creux	26
Figure 06 : Carence en potassium une carence en K	26
Figure 07 : Carence en soufre. Chlorose générale qui ressemble à une carence en N.....	27
Figure 08 : Carence en fer dans les cas graves les feuilles sont très petites presque blanche	28
Figure 09 : Carence en magnésium la chlorose commence au bord des feuilles.....	28
Figure 10 : Les trois types des engrais, gazeux (1), organiques (2), et minéraux (3)	29
Figure 11 : Situation géographique de la Wilaya de Skikda et les zones prospecté.....	35
Figure 12 : Diagramme Ombro thermique de la région de Skikda	37
Figure 13: Taux de jaunissement des feuilles dans les zones prospectées de la région de Skikda	43
Figure 14: Epandage de fumier dans un vergers de clémentinier	44
Figure 15: Fumier dans un vergers de clémentinier	44
Figure 16: Jaunissement des citronniers dans les bordures d'un verger	45
Figure 17 : Jaunissement des feuilles d'un citronnier à Ahmed Sahki.....	45
Figure 18: Jaunissement des feuilles d'oranger dans un verger de l'université	46
Figure 19 : Jaunissement des feuilles d'oranger observé à l'ITAFV	47
Figure 20: Croissance des Plants d'oranger après application des fertilisants (essai l'ITAFV	48
Figure 21 : Développement d'un jeune fruit sur un oranger traité à l'urée (essai à l'ITAFV)	48
Figure 22: Comparaison de la croissance en hauteur des plants sous trois types de fertilisation	49

Liste des tableaux

Tableaux 01 : Les dix plus grands pays producteurs d'agrumes au monde	14
Tableaux 02 : Production des agrumes en Algérie de 2014 à 2022	16
Tableaux 03 : Production d'agrumes dans la wilaya de Skikda de 2014 à 2023	17
Tableaux 04 : Correcteurs de carences homologués pour utilisation sur agrumes en Algérie	31
Tableaux 05 : Régulateurs de croissance homologues pour utilisation sur agrumes en Algérie	32
Tableaux 06 : Résultats de l'enquête et des prospections des vergers d'agrumes étudiés de la région de Skikda.....	41
Tableau 07: Types , taux et période d'application des engrais utilisés dans la région de Skikda	42
Tableau 08: Types de symptômes observés au niveau des vergers prospectés	43

Liste des abréviations

°C= Degré Celsius

Cm= Centimètre

DPVCT = Direction de la Protection des végétaux et des contrôles Techniques.Minister del'Agriculture;Algérie .

DSA= Direction des Services Agricoles.

EC= Emulsifiable Concentrate / Concentré emulsionnable: concentré liquide

FAO: Food and agriculture organization of the United Nations:Organisation des NationsUnies pour l'alimentation et l'agriculture.

G/L=Gramme par Litre

HA = Hectare

HL=Hectolitre

INPV= Institut National de la Protection des végétaux

ITAFV= Institut Technique de l'Arboriculture Fruitière et de la Vigne.

Kg = Kilogramme.

M= Mètre

Mm= Millimètre.

ML: Millilitre

MAP: Mono-Ammonium phosphate

ONM= Office National de Météorologie-Algérie

P/G: Porte greffe

QX= Quintaux

SAT= Superficie Agricole Totale

SAU= Superficie Agricole Utile.

SL= soluble concentrate / concentré soluble: concentré liquide homogène applicable sous forme de solution vraie de la substance active, après dilution dans l'eau. /

ST= Superficie Totale.

WG= water dispersible granule/ granulé dispersable: granulé applicable après mise en suspension et dispersion dans l'eau.

WP= wettable powder /poudre mouillable: poudre applicable après dispersion dans l'eau.

Introduction

Introduction

Les agrumes (*Citrus* spp.) occupent une place importante dans l'agriculture de nombreux pays des zones tropicales, subtropicales et méditerranéennes.

En Algérie, les agrumes cultivées dans les plaines littorales et sublittorales à climat favorable de l'Ouest, du Centre et de l'Est du pays, couvrent une superficie de 67887 hectares avec une production annuelle d'environ 1.5914407 tonnes et des rendements de 234 Qx/ha (Faostat, 2022).

Cependant, et malgré l'évolution remarquable des superficies du verger agrumicole enregistrée ces dernières années en Algérie, la production reste insuffisante et les rendements sont faibles. Plusieurs facteurs peuvent expliquer cette situation, notamment les problèmes liés à la maîtrise de la conduite culturale, le choix du matériel végétal, l'âge avancé du verger, l'état sanitaire des plantations et l'insuffisance en eau d'irrigation.

La fertilisation constitue un aspect fondamental dans la conduite de la culture des agrumes, car elle assure une bonne croissance et une production abondante de fruits et des rendements élevés, un apport équilibré d'éléments nutritifs est essentiel pour le développement des arbres et la qualité des fruits.

L'objectif de ce travail est d'analyser les pratiques de fertilisation des agrumes dans des zones de culture de la région de Skikda ; calendrier suivi par les producteurs, types d'engrais utilisés, quantités et périodes d'application à travers une enquête auprès des agrumiculteurs et des prospections sur le terrain.

Ce travail est divisé en trois parties ; étude bibliographique, matériels et méthodes et résultats et discussion.

Etude
bibliographique

I-Étude bibliographique

1.1. Généralités sur les agrumes

1.1.1. Origine des agrumes

Les agrumes, l'un des premiers groupes de plantes à avoir été domestiqués, possèdent une histoire riche profondément enracinée dans la culture et la géographie de l'Asie du Sud-Est. Cette région, qui comprend le nord-est de l'Inde, le Myanmar et le sud de la Chine, est reconnue comme le principal centre de diversité des Citrus. Ces zones ont servi de berceau au développement de diverses espèces de Citrus, comme le confirment les documents historiques et les études génétiques. L'interpénétration des cultures et les routes commerciales telles que la Route de la soie ont ensuite facilité la diffusion de la culture des agrumes, menant à leur distribution mondiale. Aujourd'hui, les agrumes sont non seulement appréciés pour leurs usages culinaires, mais aussi pour leur importance économique dans l'industrie agricole (Tolon et al., 2020).

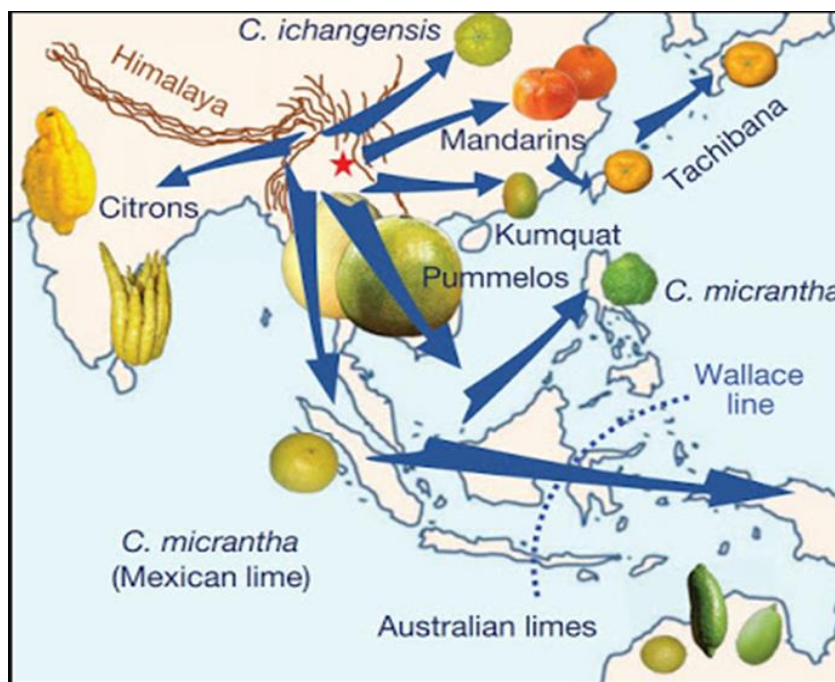


Figure 1 : Voies de dispersion ancestrales des agrumes (Wu et al., 2018)

1.1.2. Classification Botanique des Agrumes

Les Agrumes appartiennent aux genres Citrus, Fortunella et Poncirus. Ces trois genres Sont de la famille des « Rutaceae ».

D'après Swingle in Praloran (1971), la position taxonomique des agrumes est la suivante :

Classe : Dicotyledoneae

Sous classe : Archichlonideae

Ordre : Geraniales

Famille : Rutaceae

Sous famille : Aurantioideae

Tribu : Citreae

Sous tribu : Citrinae

Genre : Citrus.

Le genre Citrus est celui qui renferme le plus d'espèces et de variétés d'agrumes commercialisées (Mabberley, 1997 ; Praloran, 1971, cité par ITAFV, 2012).

1.1.3. Les especes d'agrumes

1.1.3.1. L'oranger

Nom scientifique : *Citrus sinensis* (L.) OSEBECK.

De chine aux régions méditerranéennes, ce sont portugais qui au XV^e Siècle ont introduit les oranges. Espèces fondamentale du genre Citrus par le nombre de ses variétés, l'importance de sa production et le parfum exceptionnel de ses fleurs. L'orange est un arbre au port harmonieux et de croissance rapide. Son aspect est plutôt arrondi ou parfois en colonne. Les branches portent des feuilles vert sombre. Ovale, coriaces et finement denticulées, le pétiole est légèrement allé. Les fleurs sont très odorantes, à 5 pétales blancs recourbé vers l'arriere . Le fruit est une baie généralement ronde. Sa coloration et sa grosseur varient sensiblement selon la variété. la pulpe se divise en quartiers composé s de vésicules juteuses et de graines dures de couleur blanche. L'orange est l'un des agrumes le plus répandu au monde et le plus connu. L'orange peut être consommée telle quelle ou bien sous forme de jus ou pour faire des confitures. Elle est riche en vitamines (surtout en vitamine C) et en minéraux et son jus est diurétique et laxatif (Bénédicte et Michel, 2011).

1.1.3.2. Le citronnier

Nom scientifique: *Citrus limon* (L.) BURM.F.

Originaire des Indes notre citron voyageur, gorgé d'essence rich de qualité thérapeutique et gustative. et arrivé au XII siècle sur nos côtés. Très productive, il est en France l'agrumes le plus cultivé, mais il est loins d'être le plus résistant au froid. Cet arbre de port érigé et de croissance

rapide. Les Feuilles blanches, rosées en boutons, groupés en inflorescence la floraison, avec une certaine variabilité selon les variétés, et remontante, parfois très romantante. Dans ce dernier cas, on le dira "citronnier des 4 saisons" Les Fruits ovales, moyens a gros, au zeste très parfumé. La peau est d'épaisseur variable, la pulpe acide, juteuse avec quelques pépins. Ils restent longtemps sur l'arbre Sans que le goût s'altère. C'est un arbre très fructifier (Bénédicte et Michel,2011).

1.1.3.3.Le Clementinier

Nom scientifique : *Citrus reticulata*

Synonymes latins: *Citrus clementina* Hort. Ex Tanaka.

Autre nom courant: tangerine algérienne.

Son origine est toujours controversée. Pour certains (Trabut et Rebour), il serait issu d'un croisement de hasard entre le mandarinier Commun et le bigaradier Granito, croisement observé il y a environ 80 ans par le Père Clément à l'Orphelinat de Misserghine en Oranie (Algérie). Et Le Bassin Méditerranéen est la principale zone de production de la clémentine ; l'Espagne, le Maroc et l'Algérie en sont les grands pays producteurs (Loussert,1987). Cet arbre vigoureux, de port érigé et compact. Les feuilles allongée et pointeuse. Les fleurs petites, blanches et parfumé.floraison , seconde moitié du mois de mars. Les fruits plus ou moins petits selon les variétés, rouge orangé à maturité. Écroce fine.pulpe parfumée et riche en jus, souvent très goûteuse, peut ou pas de pépins Résistance au froid -7/-8C°. La maturité du fruit selon les variétés octobre à mars. (Bénédicte et Michel,2011).

1.1.3.4.Le Pomelo

Nom scientifique : *Citrus paradisi* MACF

Autre nom commun : grapefruit (anglais)

Probablement né aux Antilles, des amours d'une orange et d'un pamplemousse, le pomelo fit au début du XIXe siècle le voyage de Christophe Colomb à l'envers, vers les rives de la Méditerranée. Son appellation française de pamplemousse crée une confusion avec le vrai pamplemousse tropical.(Bénédicte et Michel,2011).

Ce sont en général des arbres de grande taille, à feuillage dense, cachant souvent les fruits. Les feuilles sont larges, ovales, pourvues sur leur pétiole d'un aileron bien développé. Les fleurs sont grandes, de coloration blanche et regroupées en grappes à l'aisselle des feuilles. Les fruits sont gros (mais moins volumineux que ceux du pamplemousse vrai), de forme plus ou moins sphérique, colorés en jaune à maturité. La pulpe du fruit est formée de larges vésicules renfermant un jus doux, légèrement amer, dont la saveur est caractéristique (Loussert,1987).

1.1.3.5. Le Kumquat

Nom scientifique : *Fortunella margarita* Swingle, *Fortunella japonica*.

Autres noms communs : Kumquat, Kinkan (japonais), Chinkan (chinois)=Orange dorée.

Originaire de zones chinoises subtropicales froides (30° de latitude nord). C'est agrumes résistants au gel. Ses délicieux petits fruits orangés, au goût doux-amer, se mangent crus avec la peau. Le kumquat est un arbrisseau à croissance lente atteignant jusqu'à 5 mètres de hauteur. Les feuilles alternes, sont vert foncé et luisantes et les fleurs, petites et blanches sont très parfumées. Les fruits, ovoïdes ou allongés sont des baies orangées à la peau lisse. Le kumquat est comestible dans sa totalité (écorce + pulpe). Il est juteux, acidulé et très parfumé. La variété « margarita » possède des fruits plus longs que la variété « japonica ». Le nom « Fortunella » vient du naturaliste écossais du XIXe siècle. On consomme le fruit frais avec son écorce, mais il est parfois mis en conserve depuis la Chine ou Taïwan, pour l'exportation. (Bénédicte et Michel, 2011).

1.1.4. Morphologie et physiologie des agrumes

1.1.4.1. Aspect général

Les arbres étudiés présentent des hauteurs variées, oscillant généralement entre 5 et 15 mètres. Ils sont constitués de deux parties principales : une partie souterraine formée du système racinaire, qui se développe à la fois en profondeur et en largeur, et une partie aérienne, visible au-dessus du sol, qui représente la zone productive. Cette dernière se distingue souvent par des branches munies d'épines et un feuillage dense, persistant toute l'année. Chez de nombreuses variétés, les feuilles arborent un vert foncé intense, tandis que les jeunes pousses se reconnaissent à leur couleur vert clair plus vive (Loussert, 1987).

1.1.4.2. Le système racinaire

L'arbre est solidement enraciné dans le sol par deux à trois racines principales qui s'enfoncent jusqu'à une profondeur de un à deux mètres. Ce rôle d'ancrage est fondamental, notamment parce que les arbres adultes doivent supporter une production fruitière pouvant dépasser les 100 kg par arbre. En outre, dans les zones exposées aux vents, le feuillage persistant de ces arbres leur confère une bonne résistance au vent (Loussert, 1987).

Les racines secondaires se ramifient en racines plus fines, formant les poils absorbants. Ces derniers jouent un rôle essentiel dans l'absorption des éléments nutritifs, car ils permettent l'extraction des éléments minéraux et de l'eau du sol. En général, les poils absorbants se trouvent concentrés dans les 50 premiers centimètres du sol, là où les conditions sont optimales pour leur fonctionnement : bonne aération du sol, humidité adéquate sans excès et richesse en éléments nutritifs (Loussert, 1987).

1.1.4.3.Le système aérien

a.Le tronc et les branches

Les agrumes présentent habituellement un tronc unique, presque cylindrique. Chez les jeunes arbres, ce tronc est de couleur verte, qui évolue vers un vert grisâtre à mesure que l'arbre vieillit (Blondel, 1973).

b.Les feuilles

Les agrumes sont généralement des arbres à feuillage persistant, une caractéristique qui leur permet de s'adapter aux hivers doux. Néanmoins, le poncirus trifolié (*Poncirus trifoliata*) constitue une exception, car il perd ses feuilles en hiver. Cette particularité améliore sa résistance aux basses températures hivernales. Ainsi, il est souvent utilisé comme porte-greffe dans les régions à climat méditerranéen(Loussert, 1987).

c.Les fruits

Les fruits des différentes espèces et variétés cultivées d'agrumes varient en couleur, forme, taille, teneur en jus et période de maturation. Toutefois, tous les fruits d'agrumes cultivés possèdent une structure anatomique similaire, bien que les éléments qui la composent puissent différer selon l'espèce et la variété (Loussert, 1987).

1.1.5.Cycle biologique

La vie d'un verger d'agrumes commence avec la plantation des scions issus de la pépinière. De manière schématique, elle se divise en cinq phases distinctes, correspondant à des périodes de durées variables et présentant des intérêts différenciés pour l'arboriculteur (ITAF, 1995).

1.1.5.1. Stade de non-production

Le jeune plant issu de la pépinière est mis en place sur le terrain de plantation. Une fois installé, il développe progressivement son système racinaire ainsi que sa frondaison. Cette phase dure en moyenne de 2 à 3 ans (Cassin, 1983). Il s'agit d'une période improductive dans la mesure où la production de fruits est quasiment nulle (ITAF, 1995).

1.1.5.2. Stade de début de production

Avec les premières floraisons apparaissent les premières fructifications. L'arbre entre alors dans une phase où la floraison et la fructification deviennent progressivement plus abondantes, et ce, sur une période moyenne de 5 à 7 ans, variable selon l'espèce, la variété et le porte-greffe. Toutefois, les frais de production liés aux soins culturels ne sont couverts que partiellement par la vente des récoltes (Loussert, 1987).

1.1.5.3. Stade de production

Cette phase constitue la période la plus importante pour l'agrumiculteur. La croissance végétative de l'arbre se stabilise, ce qui permet à ce dernier de consacrer son énergie à la floraison, à la fructification ainsi qu'au renouvellement de ses rameaux, de ses feuilles et de ses racines. Par des soins culturels adaptés, l'agrumiculteur cherche à prolonger cette période, qui ne dépasse généralement pas une vingtaine d'années (Loussert, 1987).

1.1.5.4. Stade de vieillissement

Lorsque les arbres sont en place depuis 30 à 40 ans, l'agrumiculteur observe une diminution progressive de la production. Le renouvellement des pousses fructifères ralentit et le feuillage devient moins dense. Certaines interventions culturales, telles que le sous-solage visant à régénérer le système racinaire, une taille sévère des rameaux âgés ou encore un apport important d'engrais azoté, peuvent, dans une certaine mesure, redynamiser la végétation. Toutefois, seul un raisonnement économique permet de juger de la pertinence de telles pratiques (Loussert, 1987).

1.1.5.5. Stade de décrépitude

C'est à cette période qu'il devient nécessaire de prendre la décision d'arracher les arbres, car les coûts d'entretien ne sont plus compensés par les revenus issus de la vente des récoltes. Les

arbres, affaiblis, deviennent vulnérables à de nombreuses attaques parasitaires, souvent aggravées par des carences nutritionnelles. Les rendements sont faibles et les fruits produits sont de qualité médiocre (Loussert, 1987).

1.1.6. Le cycle de développement

L'année se caractérise par l'alternance d'une saison chaude et humide (mousson) et d'une saison plus fraîche et peu pluvieuse. Le cycle de développement des agrumes s'adapte à ce rythme saisonnier. Durant la période chaude et humide, une activité physiologique intense est observée, notamment la croissance des rameaux et des fruits.

-Au printemps, entre la fin février et le début mai, se manifeste la pousse printanière. Les rameaux s'allongent et de jeunes feuilles, de couleur vert clair, apparaissent, se distinguant nettement des feuilles plus âgées, de teinte vert foncé (Loussert, 1985).

-An été, l'activité végétative se révèle moins marquée que celle du printemps. Une seconde poussée végétative, généralement plus faible que la première, se manifeste en juillet-août selon la vigueur des arbres (Chahbar, 2004).

-En automne (d'octobre à la fin novembre) apparaît la troisième pousse, dite pousse d'automne. Elle assure en part le renouvellement du feuillage (Loussert, 1985).

-Développement floral : comprend, comme chez la majorité des espèces fruitières, trois étapes principales : la floraison, la pollinisation et la fécondation (Loussert, 1985).

-Développement du fruit : Le développement du fruit comprend trois étapes fondamentales : la nouaison, le grossissement et la maturation (Loussert, 1989). La nouaison, première phase suivant la fécondation, marque le début du développement du fruit. Les fruits noués poursuivent alors une croissance active pendant plusieurs semaines, jusqu'au mois de juin. Ensuite, le grossissement du fruit s'accélère, cette évolution étant influencée par l'âge de l'arbre ainsi que par les conditions climatiques (Loussert, 1985). Enfin, la maturation se caractérise par un changement de couleur et par une amélioration de la qualité du jus contenu dans la pulpe (Eraki, 2007).

1.1.5. Les exigences écologiques des agrumes

a. La température

Les températures moyennes favorables à la culture des agrumes se situent entre 10 et 12°C en hiver, et entre 22 et 24°C en été (Loussert, 1987). Des températures très élevées, dépassant les 40°C, peuvent entraîner des brûlures foliaires, notamment dans les régions continentales au climat sec. De même, les basses températures hivernales et printanières représentent un facteur limitant pour l'expansion des agrumes (Grissa, 2010).

b. La pluviométrie

Le climat méditerranéen se caractérise par deux saisons bien distinctes :

Une saison fraîche et humide, s'étendant d'octobre à mars, durant laquelle tombe plus des deux tiers des précipitations. En raison des basses températures, cette période correspond à un semi-repos des arbres.

Une saison chaude et sèche, allant d'avril à août, correspond au contraire à la phase de croissance et de développement des arbres, marquée par des étapes clés telles que la pousse printanière, la floraison, la nouaison et le grossissement des fruits (Loussert, 1987).

c. La durée du jour

La durée du jour et la luminosité influent sur les agrumes pour deux époques de repos végétatifs : repos estival qui a lieu en jours longs et chauds tandis que le repos hivernal se manifeste en jours courts et froids (Hassani, 2003).

d. Le vent

Le vent est un élément du climat qui nous tient particulièrement à cœur, et par sa violence, il peut causer de très gros dégâts mécaniques.

-Il accroît les besoins en eau en augmentant très sensiblement l'évaporation potentielle du Milieu.

-Il accentue les accidents liés aux écarts de température et notamment les brûlures par vent chauds ou les destructions de fleurs par temps froid (Anonyme, 1995).

e.Le sol

Le système racinaire des agrumes est relativement peu développé comparé à celui d'autres espèces fruitières méditerranéennes réputées pour leur rusticité, comme l'olivier. Les rendements les plus élevés en agrumes sont obtenus sur des sols légers, bien perméables et profonds (Latioui, 2016).

1.2.Itinéraire technique

1.2.1.Installation de La culture

1.2.1.1.Préparation du sol

En cas de nouvelle plantation d'agrumes, le sous soulage est requis en terre trop argileuse pour briser la semelle de labour et le tassement du sol, il est aussi nécessaire de couper le système racinaire de précédent cultural pérenne, dans ce cas, une rotation culturale type céréale s'impose pour briser le cycle d'adventices et de maladies telluriques.

Le labour superficiel est nécessaire dans tous les cas pour ameublir le sol et favoriser un bon enracinement de jeunes plants d'agrumes.

En zone inondable, la plantation sur buttes est une technique pratique pour permettre le ressuyage rapide de chevelure racinaire et éviter les risques de pourriture favorisant le développement de champignons telluriques (FAO,2015).

1.2.1.2.Densité de plantation

Les plantations d'agrumes deviennent de plus en plus denses pour des raisons telles que :

La maîtrise des techniques culturales

L'irrigation fertilisante localisée

L'amortissement rapide d'investissement

Voici quelques densités appliquées: 5*2 et 5*3 et 6*2 (cas de petits fruits comme les clémentines), 5*4 et 6*3 et 6*4 (cas de grands fruits comme les oranges et les navels) (FAO,2015).

1.2.2. Les opérations culturales

Les deux premières années sont primordiales:

Enlèvement des gourmands, taille de formation

Fertilisation orientée pour former des jeunes arbres vigoureux, avec un bon enracinement, et indemnes de maladies

Badigeonnage des troncs à la chaux contre les coups de soleil De suite, les façons culturales essentielles sont:

Entretien de brise vent et de passage d'engins

Irrigations fertilisations régulières.

Lutte contre les ravageurs et maladies

Gestion de la floraison/nouaison Gestion d'enherbement des interlignes

Taille annuelle de formation et d'entretien

Récolte (FAO,2015).

1.2.3. La fertilisation

Les agrumes exigent, en général, une fertilisation copieuse, principalement azotée et phospho-potassique afin d'atteindre un niveau de production élevé et surtout régulier. Les principaux éléments nutritifs à apporter sont: N, P, K. Le Ca et Mg occupent la deuxième place au moment où d'autres éléments sont également mobilisés en plus faibles quantités appelées oligo-éléments, il s'agit du Zn, Fe, Cu, etc. Lorsque le sol est dépourvu de ces éléments, des carences se manifestent et influent sensiblement sur la vigueur et la résistance de l'arbre aux maladies, par voie de conséquence une réduction dans la longévité et la productivité de l'arbre.

Fumure organique: Utilisée sous forme de matière organique (fumier, fiente de volailles, gadoues, compost débris végétaux, engrais vert), enrichit le sol surtout en N, P, K et améliore ses propriétés physico-chimiques.

Fumure minérale: Ce sont des apports complémentaires d'engrais chimiques (N, P, K, Ca, Mg, et oligoéléments.) qui répondent aux besoins des plantes cultivées apportés à des époques bien déterminées (ITAFV,2012).

1.2.4. L'irrigation

Sous notre climat, l'irrigation est nécessaire dès le printemps et jusqu'à l'automne, à une époque où la demande climatique (évapotranspiration de la culture) excède la réserve en eau du sol.

Le déficit hydrique influe sur la floraison, la nouaison et le calibre définitif des fruits, d'où la nécessité de bien respecter les doses et les époques d'irrigation.

L'irrigation peut-être assurée par :

Mode gravitaire (par cuvette, planche, submersion ou billon); éviter le contact de l'eau avec le tronc (risques de développement de la gommose à phytophthora).

Système localisé (goutte à goutte) (ITAFV,2012).

1.2.5. Protection phytosanitaire

les maladies occasionnent des dommages à l'arbre qui demandent des contrôles et interventions réguliers. Pour remédier aux attaques d'insectes, différents traitements à base de produits chimiques sont conseillés aux agrumiculteurs. Il existe trois types d'interventions pour la protection est Traitement d'hiver (préventif) et curatifs aussi Traitement contre les mauvaises herbes plantes hôtes) (ITAF,2012.).

La gestion des ravageurs tels que les pucerons, la cécidie, la mouche mineuse et la cochenille se fait par l'observation visuelle des attaques et l'utilisation de techniques de piégeage permettant de définir le seuil d'intervention. L'intervention se fait par l'utilisation d'insecticides homologués, parfois avec des traitements phytosanitaires préventifs en traitement spray, en ciblant toute la surface foliaire (inférieure et supérieure), ainsi que les troncs, et parfois même les brise-vents et clôtures. La technique de piégeage en masse et l'utilisation d'insectes stériles, comme dans le cas de la cécidie, est également pratiquée (FAO,2015).

En ce qui concerne les champignons, tels que la gommose à Phytophthora et la pourriture racinaire causée par Pythium et Fusarium, la lutte nécessite une approche intégrée : application préventive de fongicides par pulvérisation ou badigeonnage, utilisation de techniques de buttes dans les zones stagnantes ou inondables, gestion de l'irrigation pour éviter les excès d'eau et la stagnation, traitements préventifs au niveau des pépinières, et choix de variétés tolérantes adaptées aux conditions du site de production.

Pour les virus, viroïdes et phytoplasmes comme la Tristeza, la Cachexie, l'Exocortis et le Stubborn des agrumes, les traitements curatifs sont généralement indisponibles. La prévention reste le meilleur moyen, en choisissant des variétés résistantes, en luttant contre les vecteurs de virus (comme les pucerons), et en isolant et détruisant les foyers infectés avec la possibilité de renouveler la proportion du verger attaqué (FAO,2015).

Quant aux mollusques, leur ciblage par des techniques de spray est difficile en raison de la coquille qui les protège. Pour lutter contre ces mollusques, des mesures prophylactiques sont

utilisées : nettoyage et désherbage autour des troncs, voire désherbage complet de la parcelle en fonction de la stratégie d'enherbement adoptée, application de granules ou de poudre mollusquicides en temps humide autour des troncs et à la périphérie des parcelles, et collecte manuelle sur le feuillage et les troncs des jeunes arbres (FAO,2015)

1.3 Répartition et production des agrumes

1.3.1 Dans le monde

1.3.1.1 Répartition et zones de production

Les pays situés dans les régions à climat méditerranéen, subtropical et tropical sont les principaux producteurs et exportateurs d'agrumes à l'échelle mondiale (Fig.2) ,Ces pays comprennent le Brésil, l'Inde, la Chine, le Mexique, les États-Unis, l'Espagne, l'Égypte, l'Indonésie, l'Iran et l'Italie (Mukhametzyanov et al., 2024).

La Chine, le Brésil et l'Inde figurent parmi les plus grands producteurs d'agrumes. La Chine se distingue par sa production de mandarines et d'agrumes en général, le Brésil est en tête pour la production d'oranges et l'exportation de jus d'orange, tandis que l'Inde domine la production de citrons et de limes. Par ailleurs, le Mexique, l'Espagne, les États-Unis, la Turquie, l'Égypte, le Nigéria et l'Iran comptaient également parmi les producteurs notables d'agrumes en 2021 (Gonzatto et al., 2023).

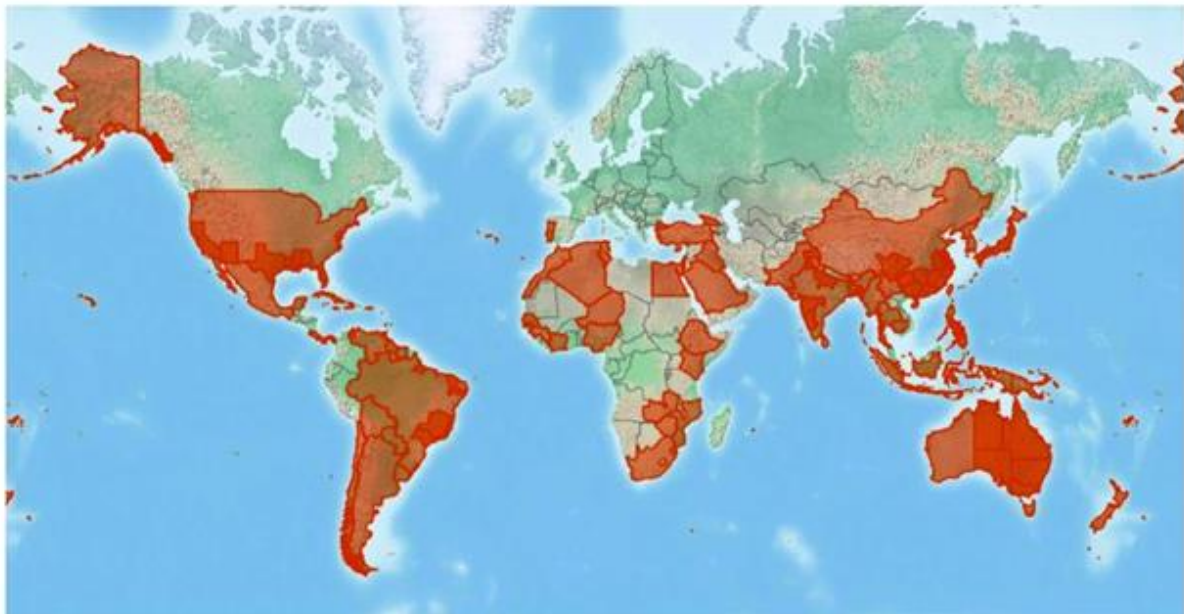


Figure 2 : Régions de culture des agrumes dans le monde (Chaisiri et al., 2022)

1.3.1.2 Production

Les agrumes se distinguent parmi les principales productions fruitières mondiales. En 2021, ils occupaient la deuxième place en matière de production fruitière mondiale, avec plus de 161,8 millions de tonnes récoltées sur plus de 10,2 millions d’hectares (Gonzatto et al., 2023).

Les oranges, mandarines, citrons, limes, pomelos et pamplemousses dominent la production mondiale d’agrumes ainsi que le commerce international en raison de leurs rendements élevés et de la forte demande. Bien que de nombreuses espèces d’agrumes soient cultivées à travers le monde, ces variétés se distinguent tant par leurs volumes de récolte que par leur part dans les exportations et importations (Mukhametzyanov et al., 2024).

Les oranges dominent la production mondiale d’agrumes, avec un rendement de 75,57 millions de tonnes, représentant 46,7 % de la production totale d’agrumes, cultivées sur 9,93 millions d’hectares. Les mandarines suivent avec 41,95 millions de tonnes récoltées sur 3,11 millions d’hectares. Les limes et les citrons contribuent à hauteur de 20,83 millions de tonnes, soit 12,87 % de la production d’agrumes, cultivés sur 1,34 million d’hectares. Les pomelos, pamplemousses et autres variétés d’agrumes, y compris *Citrus medica*, *Citrus bergamia*, *Citrus myrtifolia* et *Fortunella* spp., représentent également une production significative, avec un total de 9,56 millions de tonnes pour les pomelos et pamplemousses, tandis que les autres agrumes atteignent 13,90 millions de tonnes (Gonzatto et al., 2023).

Tableau 1 : Les dix plus grands pays producteurs d'agrumes au monde (Faostat,2022).

Pays	Production (tonnes)	Production par personne (kg)	Superficie (hectares)
Chine	46,672,949.22	33.485	3,031,806
Brésil	18,882,580.42	90.117	696,438
Inde	14,307,000	10.705	1,098,000
Mexique	8,826,144.62	70.758	660,874
Espagne	6,711,940	143.85	300,500
Etats-Unis	6,281,796.42	19.166	271,379
Turquie	5,362,615	66.36	166,417
Egypte	4,356,406.71	44.683	192,285
Nigéria	4,112,301.47	20.833	849,324
Iran	3,865,098	47.275	137,516

1.3.2 En Algérie

Les agrumes en Algérie comptent parmi les arbres fruitiers les plus importants, représentant 8 % de la superficie des vergers fruitiers plantés. Les niveaux de production d'agrumes ont augmenté au cours de la période 2010-2017 Par rapport à la décennie précédente, 2000-2009, la production a augmenté de 91 %, puisque la production d'agrumes durant la période 2000-2009 était estimée à 6 138 100 quintaux, contre 11 685 020 quintaux entre 2010 et 2017 (DSA, 2018) et de 1.591440.71quintaux en 2022 (Faostat,2022).

1.3.2.1 Répartition et zones de production

La production nationale d'agrumes en Algérie est concentrée dans le nord côtier (Fig.3) , la wilaya de Blida étant le premier producteur d'agrumes au niveau national, représentant 37 % de la production sur une superficie de 20 025 hectares, suivie par les wilayas de Chlef, Mostaganem, Tipaza, Alger, Tlemcen et Skikda (DSA, 2022).

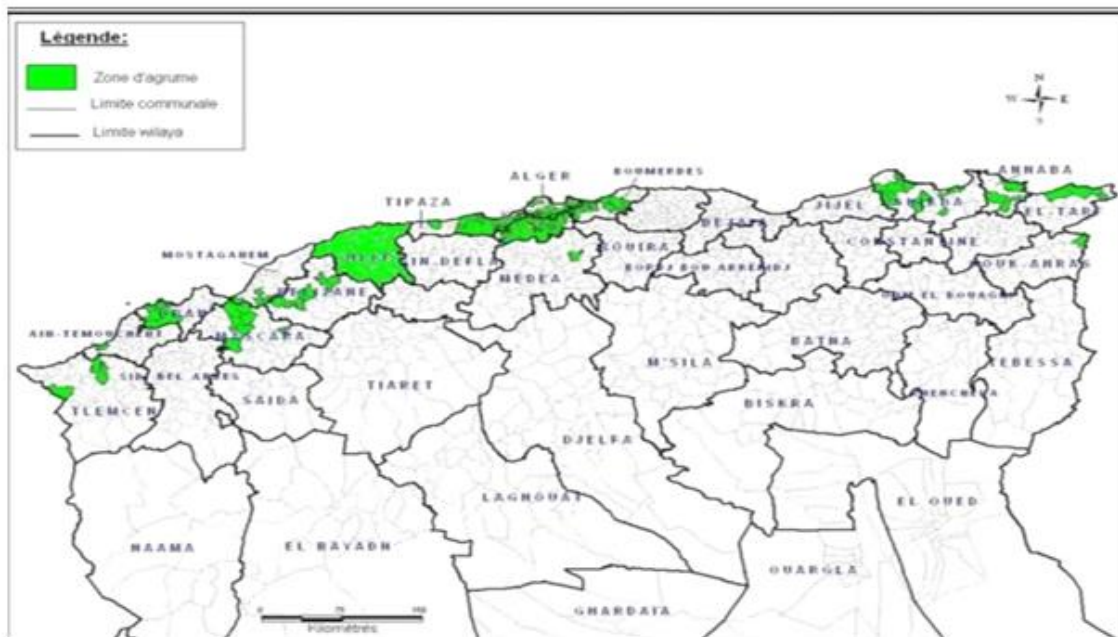


Figure3:Répartition géographique des zones de culture des agrumes en Algérie (ITAFV, 2012)

1.3.2.2 Production

La production d'agrumes en Algérie en 2013 s'élevait à 12 millions de quintaux sur une superficie estimée à 65 000 hectares, soit un rendement de 184 quintaux par hectare. Elle est ensuite passée à environ 16 millions de quintaux en 2022, sur une superficie estimée à 67 000 hectares. Les oranges constituent la variété la plus cultivée et la plus productive, suivies des

mandarines, des clémentines et des citrons. Ensemble, elles représentent les espèces les plus importantes cultivées en Algérie (Faostat, 2022).

Tableau 2 : Production des agrumes en Algérie de 2014 à 2022 (Faostat,2022)

Année	Surface(H)	Production(Qx)	Rendement(Qx/H)
2013	65135	12034560	184.76
2014	59519	12693356.8	213.26
2015	60483	13405341.3	221.63
2016	66345	12018717.6	181.15
2017	69053	13429689.5	194.48
2018	63180	14763613.1	233.67
2019	64115	15824045.6	246.80
2020	65323	15632243.8	239.30
2021	66590	15122359.2	227.09
2022	67887	15914407.1	234.42

1.3.3 Dans la wilaya de Skikda

1.3.3.1 Zones de culture des agrumes

La wilaya de Skikda est considérée comme l'un des États les plus importants dans la production d'agrumes depuis l'Antiquité. Lors de la campagne 2022/2023, la production a dépassé le demi-million de quintaux, répartis principalement dans : la daïra d'Azaba, et la commune de Ramdane Djamel qui a enregistré 80 000 quintaux, se classant ainsi première dans la wilaya, suivie de Ben Azzouz avec 60 000 quintaux, puis Salah Bouchaour avec 34 000 quintaux, et Azzaba (jardins) avec 21 000 quintaux (DSA, 2023).

1.3.3.2 Production

Le tableau 3 présente la production d'agrumes dans la province de Skikda

Tableau 3 : Production d'agrumes dans la wilaya de Skikda de 2014 à 2023

Cultures	Oranges			Mandarines			Clémentines		
	Sr(ha)	Parea(ha)	production	Parea(ha)	Sr(ha)	production	Sr(ha)	Parea(ha)	production
2014/2015	1834.7	1519.5	421885	293.7	270.7	55220	547.5	498.5	96320
2015/2016	1826.7	1510.5	380101	293.7	270.7	55795	549	498.5	102360
2016/2017	1562.2	1858.5	420423	295.7	273.7	57000	506.5	564.3	59295
2017/2018	1567.9	1886.0	428690	302.5	289.2	61135	517.5	576.3	64295
2018/2019	1603	1968.2	439265	306.5	289.2	61525	519.5	580.5	64957
2019/2020	1717.2	2010.2	446550	309.5	291.2	57540	529.5	607.5	63820
2020/2021	1771.5	2068.4	404909	315.5	249.2	42820	538.5	629.7	56600
2021/2022	1855	2206.7	428665	335.7	299.5	47800	554.5	696.4	74160
2022/2023	1898	2265	356633	358.7	316.2	52002	569.2	712.8	76235

Suite du tableau 3 :

Cultures	Citrons			Pomelo			Agrumes totaux		
	S r (ha)	P area (ha)	Production	P area (ha)	S r (ha)	Production	Sr (ha)	Parea(Ha)	Production
2014/2015	132.9	104.25	16575	0	0	0	2808.9	2393	590000
2015/2016	132.9	105.45	16638	1	1	100	2803.4	2386.2	555000
2016/2017	133	107.45	21182	1	1	100	2852.7	2450.9	558000
2017/2018	133	124.45	25500	1	1	100	2898.9	2500.1	580092
2018/2019	133	114.5	23154	1	1	100	2898.2	2527.2	589000
2019/2020	139	117.5	24700	1	1	100	3067.2	2656.5	592800
2020/2021	249.3	118	28300	1	1	100	3163.9	2723.3	532810
2021/2022	204.9	118	25000	1	1	100	3444.9	2828	575725
2022/2023	206.4	145.45	22257.5	0	0	0	3543.1	2928.9	507127.5

(DSA,2023)

1.4 La fertilisation des agrumes

1.4.1 Définition de la fertilisation

La fertilisation correspond à une gestion organisée des apports d'engrais et d'amendements. De manière générale, elle englobe l'action de fertiliser le sol, c'est-à-dire l'application de diverses techniques et pratiques visant à préserver ou accroître la fertilité d'un sol afin de permettre aux plantes de se développer dans les meilleures conditions nutritionnelles. [1].

Dix-sept éléments sont essentiels à la croissance et au fonctionnement des plantes vertes. Le carbone (C), l'hydrogène (H) et l'oxygène (O), qui représentent environ 95% de la biomasse des arbres, Les 14 autres éléments minéraux sont l'azote (N), le phosphore (P), le potassium (K), le calcium (Ca), le magnésium (Mg), le soufre (S), le fer (Fe), le zinc (Zn), le manganèse (Mn), le bore (B), le cuivre (Cu), le molybdène (Mo), le chlore (Cl) et le nickel (Ni) ces éléments sont fournis par la nature. Ils sont utilisés pour fabriquer de nouveaux tissus végétaux et fournir de l'énergie pour la croissance et la fructification. Lorsqu'un élément essentiel est en pénurie, la fonction de l'arbre est restreinte. Les agriculteurs devront donc en fournir certains par application d'engrais (Obreza,2008).

1.4.2.Rôle des macronutriments et symptômes de carences liées

1.4.2.1.L'azote (N)

C'est le nutriment le plus important pour le développement des plantes, car il est l'élément principal des biomolécules vitales telles que les protéines et la chlorophylle. L'azote est donc un élément nécessaire à tous les stades phénologiques de la plante, notamment au développement des feuilles et des pousses où il y a plus de chlorophylle. Dans la plante, N est réparti en 3 groupes : Plus de 50 % dans des composés de haut poids moléculaire (protéines et acides nucléiques) ; le reste, sous forme d'azote organique soluble (acides aminés, amides, amines...) et d'azote inorganique (principalement des ions nitrate et ammonium). Sa teneur dans le poids sec total de la plante varie entre 1,5 et 5 % [1].

Les agrumes absorbent l'azote à partir de la solution du sol et des films d'eau à la surface des feuilles (cas d'une pulvérisation foliaire). L'utilisation de l'azote par les agrumes se fait généralement par l'absorption du nitrate au niveau des racines. L'apport combiné de nitrate et

d'ammonium favorise une croissance et un développement optimaux pour la majorité des espèces d'agrumes cultivées. De nombreux essais scientifiques démontrent qu'il existe généralement des différences très peu significatives entre les formes d'azote utilisées.

Le nitrate (NO_3^-) est facilement absorbé par les plantes et constitue une source instantanée d'azote. Il est très mobile dans le sol et atteint rapidement les racines des cultures. L'application directe d'azote sous forme de nitrate évite les pertes dues à la transformation de l'urée et de l'ammonium. Le nitrate est souvent accompagné d'autres nutriments tels que le calcium (Ca^{2+}), le magnésium (Mg^{2+}) et le potassium (K^+) [1].

Symptômes de carences

La carence se manifeste par une décoloration du limbe sous forme de panachure vert jaunâtre, sans déformation de la feuille. En cas de carence sévère, la feuille peut devenir complètement jaune et on peut avoir chute de celle-ci. Les arbres carencés présentent une réduction de leur activité végétative : faible vigueur des pousses annuelles de printemps et d'automne. A la floraison, le nombre de fleurs formées est moindre et on peut avoir une chute de fleurs et de jeunes fruits noués anormalement élevés induisant une réduction du rendement (figure 4(A)) [2].

1.4.2.2. Le phosphore (P)

Le phosphore joue un rôle primordial au cours de la floraison et de la fructification. Il a également une influence très favorable sur la division cellulaire. C'est l'un des constituants des nucléoprotéines et des phospholipides. Il joue aussi un rôle dans les processus de respiration, de photosynthèse et dans l'assimilation de l'azote nitrique. Les besoins en cet élément chez les arbres fruitiers sont peu élevés et les racines sont à même de le prélever pendant presque toute l'année (Khelil, 2009).

Chez les agrumes, il a été démontré par NADIR que les racines peuvent accumuler des quantités importantes de phosphore au cours du repos végétatif, pour pouvoir le céder par la suite, aux organes néoformés, le phosphore a aussi, un effet sur la qualité des fruits (Khelil, 2009).

Les plantes ne peuvent absorber que la forme ionique orthophosphate (PO_4^{3-}). Le phosphore est facilement adsorbé sur la phase solide du sol et les composés minéraux. Il peut également être immobilisé par l'activité biologique du sol (Pellerin et al 2014).

Symptômes de carence

La carence en phosphore est rare chez les agrumes. Le niveau de phosphore du sol a des effets sur l'absorption des autres éléments. La chlorose ferrique, la carence en zinc et en cuivre ont souvent été associées à une fertilisation massive en phosphore. Pas de symptômes sur jeunes feuilles. Les feuilles âgées des arbres carencés en phosphore prennent une couleur bronzée terne, elles sont souvent plus petites que la normale et présentent dans les cas graves des zones nécrotiques à leur extrémité et sur les bords, une chute de celles-ci pendant ou après la floraison du printemps peut être observée. La croissance de l'arbre est réduite, les rameaux les plus faibles se dessèchent et meurent à la reprise de la végétation. La floraison est réduite, il y a chute prématurée des fruits (figure 4 (B)) (Timac Agro Algérie, Groupe Roullier, n.d).

1.4.2.3. Le potassium (K)

Le potassium K est parmi les éléments majeurs de fertilisation, il est toujours abondant dans la matière sèche des végétaux. Il est absorbé par les racines sous forme du cation K^+ , et circule sous cette forme dans toute la plante. Les agrumes ont de forts besoins en potassium. Dans les plantations à haut rendement, ces besoins sont mêmes parfois plus élevés que ceux en azote. Le potassium joue un rôle important dans la plupart des processus métaboliques comme par exemple la photosynthèse. Il est essentiel pour la régulation de la turgescence lors des processus d'osmose, la synthèse de protéines et d'hydrates de carbone, le transfert d'assimilés (sucre et amidon) et l'activation d'enzymes aussi est nécessaire au développement d'un bon système racinaire et il favorise la croissance générale de l'arbre, Il est important dans la formation des fruits et augmente la taille des fruits et de la saveur (goût). La potasse aide à réguler l'alimentation en dioxyde de carbone pour les plantes en contrôlant l'ouverture et la fermeture des stomates. Il améliore la santé des plantes et la tolérance aux parasites (Timac Agro Algérie, Groupe Roullier, n.d).

Le Potassium il est absorbé par la plante sous forme d'ion K^+ , principalement via les racines [1].

Symptômes de carence

La carence de potassium apparaisse d'abord sur les vieilles feuilles, (figure 4 (C)) jaunissement des marges des feuilles, avec des zones nécrotiques et dépérissement. Les jeunes feuilles deviennent très petites. Il y a augmentation de fractionnement ou éclatement des fruits,

boursoufflement et chute prématurée. Aussi ce manque d'élément nutritif entraîne la diminution du rendement, le calibre et la qualité des fruits sont réduits (Fertilisation potassique des agrumes .2017).

1.4.2.4.Le calcium (Ca)

Le calcium est l'élément minéral le plus abondant en poids dans les agrumes, représentant environ 1 % du poids sec de l'arbre. La majeure partie du calcium se trouve dans les feuilles, mais les fruits contiennent également du calcium à raison d'environ 4,4 livres pour 100 caisses d'oranges. Le calcium intervient dans l'élongation cellulaire, constitue un composant important des parois cellulaires et joue un rôle majeur dans l'intégrité des membranes cellulaires. Le calcium est également un élément essentiel au développement et au fonctionnement des racines. La croissance racinaire est fortement limitée chez les plantes carencées en calcium, et les racines deviennent plus sensibles aux infections bactériennes et fongiques. Le calcium est nécessaire à la stabilité des chromosomes et à la division cellulaire. Il active plusieurs systèmes enzymatiques et neutralise les acides organiques dans les plantes. Un apport insuffisant en calcium peut réduire la croissance des plantes et le rendement en fruits bien avant que les symptômes de carence ne deviennent (obreza et *al.*, 2008).

La teneur en calcium des sols est rarement faible, car des applications occasionnelles de chaux (carbonate de calcium, CaCO_3) sont utilisées pour corriger l'acidité du sol, et parce que le calcium est présent dans l'eau d'irrigation (obreza et *al.*, 2008).

La forme naturelle d'absorption du calcium se fait par les racines sous forme de Ca^{+2} , et il peut également être absorbé par les feuilles [1].

Symptômes de carence

Symptômes sur feuilles adultes commençant par la décoloration de la chlorophylle sur le bord du limbe [2].

1-4.2.5.Le magnésium (Mg)

Le magnésium est nécessaire à la plupart des fonctions vitales des arbres à agrumes, particulièrement à la production de chlorophylle. Les hausses de rendement sont largement

attribuables à l'augmentation du poids des fruits, une utilisation optimale de magnésium accroît également leur teneur en jus (Timac Agro Algérie, Groupe Roullier, n.d).

Il est absorbé sous forme d'ion Mg^{+2} et peut être absorbé par les racines ou les feuilles, le premier étant le plus courant dans la nature [1].

Les symptômes de carence

Les feuilles touchées par une carence en magnésium sont atteintes de chlorose interveinale apicale et marginale, tandis que la base de la feuille reste verte. Ces symptômes se manifestent plus fréquemment pour les variétés dont les fruits produisent un nombre important de pépins, ce qui nécessite une nutrition plus riche en magnésium, ou lorsque de la chaux calcique, plutôt que de la chaux dolomitique riche en magnésium, a été utilisée pour corriger le pH du sol. Les carences surviennent davantage sur les sols acides et érodés, naturellement pauvres en magnésium (figure 4 (E)). L'absorption peut également être limitée dans les sols calcaires qui contiennent des taux élevés de calcium libre .Lorsque les carences sont récurrentes, des applications au sol et/ou des pulvérisations foliaires d'engrais magnésien corrigent efficacement les problèmes et doivent faire partie intégrante du programme nutritionnel (Timac Agro Algérie, Groupe Roullier, n.d).

1.4.2.6.Le soufre (S)

Le soufre est un important composant des enzymes et d'autres protéines. Il est nécessaire pour la formation de chlorophylle dans la production d'agrumes (Timac Agro Algérie, Groupe Roullier, n.d).

Le soufre est absorbé par les racines et les feuilles sous forme inorganique sous forme d'ion SO_4^{2-} . Il est ensuite réduit et incorporé dans des composés organiques, où il est minéralisé par l'action de micro-organismes [1].

Symptômes de carence

Les jeunes feuilles des plants carencés sont de couleur verte, mais d'un vert moins clair que celui des plants normaux.(Figure 4 (D))Leurs nervures sont plus pâles que le limbe. Elles sont de taille plus réduite et portées par un tronc plus mince que la normale. Plus la déficience en soufre sera sévère plus les feuilles de la partie supérieure vont se chloroser, tournant au jaune

pâle, alors que les feuilles inférieures conservent leur couleur d'origine. La croissance des plants carencés peut être réduite (Timac Agro Algérie, Groupe Roullier, n.d).

1.4.3.Rôle des micronutriments et symptômes de carences liées

1.4.3.1.Le Fer (Fe)

Le fer sert de catalyseur dans les réactions d'oxydation et de réduction. Il participe à la respiration, à la photosynthèse et à la réduction des taux de nitrate et de sulfate. Il est également cofacteur de nombreuses enzymes. Plusieurs essais ont démontré que les applications du Fer au sol sont plus efficaces et obtiennent de plus hauts rendements que les applications foliaires.

Dans la Nouaison est maintient le rendement et la qualité des fruits; doit être appliqué à chaque poussée de feuilles , et dans la poste recolte est Applicable lorsque nécessaire, lors de poussées foliaires post-récolte (Timac Agro Algérie, Groupe Roullier, n.d).

La plante absorbe le fer par les racines et les feuilles sous forme de Fe^{+2} et Fe^{+} [1].

Symptômes de carence

Le fer est un élément immobile dont la carence apparaît sur les jeunes feuilles sous forme de chlorose internervaire. (Figure 4(F))Les feuilles deviennent vert pâle, puis jaunes à blanchâtres en cas de carence sévère, avec des nervures restant vertes. La taille du limbe diminue, les feuilles peuvent tomber prématurément, affectant fortement la croissance et la production. Les arbres dépérissent souvent du côté exposé au soleil [2].

1.4.3.2.Le Cuivre (Cu)

Le cuivre fortifie la production :

Le cuivre joue un rôle dans la photosynthèse, la production de protéines végétales, la viabilité du pollen et donc la nouaison, la respiration et la consommation efficace de l'eau (Timac Agro Algérie, Groupe Roullier, n.d).

Les racines absorbent le cuivre sous forme d'ion Cu^{+2} dans les sols aérés et sous forme d'ion cuivreux Cu^{+} dans les sols pauvres en oxygène ou inondés.Le cuivre peut également être absorbé par la plante par application foliaire [1].

Les symptômes de carences

Les symptômes d'une carence en cuivre sont rares si les cultures sont traitées avec des fongicides à base de cuivre. Une carence en cuivre se manifeste par des feuilles d'un vert sombre et de taille élargie. Les tiges sont plus minces que la normale et prennent une apparence plate et anguleuse. Les extrémités des branches dépérissent et des accumulations de gomme surviennent sous la nouvelle écorce ou sur les fruits. Les symptômes sont plus évidents chez les jeunes agrumes. Les arbres souffrant d'une carence en cuivre produisent une floraison médiocre, d'où une baisse des rendements. Des pulvérisations foliaires corrigeront tous les problèmes passagers (Timac Agro Algérie, Groupe Roullier, n.d).

1.4.3.3.Le Zinc (Zn)

Les carences en zinc ralentissent considérablement la croissance des agrumes et réduisent le potentiel de rendement. De faibles niveaux de zinc réduisent le nombre et le poids des fruits par arbre (Timac Agro Algérie, Groupe Roullier, n.d).

Le zinc est absorbé sous forme d'ion Zn^{+2} , le plus souvent sous forme de chélate [1].

Symptômes de carences

Les carences se manifestent sur les jeunes feuilles par une réduction de leur taille et des malformations. Les jeunes rameaux présentent une apparence buissonnante, avec des entrenœuds courts. Une chlorose apparaît sous forme de taches jaunâtres aux contours irréguliers, bien distinctes du vert, situées près de la nervure. En cas de symptômes graves, la qualité des fruits est affectée : pulpe sèche, fibreuse, insipide, fruit déformé, fructification réduite et chute des feuilles [2].

1.4.3.4.Manganèse (Mn)

Le manganèse est un activateur d'enzymes qui participent à la formation de la chlorophylle, à la photosynthèse, à l'élaboration des protéines, à la réduction des nitrates en nitrites puis en $-NH_2$ et de la vitamine C. Le Mn joue un rôle important dans la respiration cellulaire, il fait partie de nombreuses enzymes intervenant dans la libération d'énergie (cycle de Krebs, synthèse d'ATP) [2].

Il est absorbé sous forme d'ion Mn^{+2} , par les racines et les feuilles, par un processus qui nécessite de l'énergie. Ce processus peut être retardé par la présence d'autres ions divalents tels que Mn^{+2} et Ca^{+2} [1].

Symptômes de carence

Décoloration des feuilles : passage progressif du vert normal au vert clair, pas de séparation nette. Les feuilles de tout âge sont atteintes, sur la totalité de la frondaison, au nord (côté ombragé). Le blanchissement des feuilles augmente avec l'âge. Et pas de symptômes sur les fruits (obreza et *al.*, 2008).

1.4.3.5.Le Bore (B)

Le bore joue un rôle dans divers systèmes enzymatiques, dans le métabolisme des hydrates de carbone, ainsi que dans la translocation. Tout comme le calcium, il contribue de manière sensible à la structure des cellules et à l'intégrité de la paroi cellulaire et la nouaison est minimisée. Minimise les chutes de fruits, prévient les déformations des fruits ou la dégradation de leur écorce liée à des problèmes de stockage aussi dans le développement et maturation des fruits. Maintient le rendement de fruits (Timac Agro Algérie, Groupe Roullier, n.d).

Il est absorbé sous forme d'ion hydrogénoborate ($H_2BO_3^-$), à la fois par les feuilles et les racines [1].

Les symptômes de carences

Les feuilles deviennent épaisses, déformées, grisâtres, avec des nervures jaunes et liégeuses. On observe une formation de gomme sur les jeunes rameaux qui peuvent se dessécher. La production de fruits est faible, avec une chute prématurée, et la présence de poches de gomme dans l'albédo. Les fruits restants contiennent peu de jus, se momifient et flétrissent sur l'arbre (Timac Agro Algérie, Groupe Roullier, n.d).

1.4.3.6.Le Molybdène (Mo):

Les besoins sont très faibles mais le molybdène est un composant de différents enzymes, à un rôle fondamental dans le cycle de l'azote (synthèse des protéines, transferts énergétiques...), intervient dans l'élaboration de l'acide ascorbique ou vitamine C (Timac Agro Algérie, Groupe Roullier, n.d).

Le molybdène est présent dans le sol principalement sous forme de sel de molybdate (MoO_4^{2-}) ou (HMoO_4^-), et sous forme de molybdénite MoS_2 . La plante l'absorbe sous forme de MoO_4^{2-} [1].

Les symptômes de carence

Des taches vert clair, irrégulières, apparaissent sur les feuilles et deviennent progressivement orangées à jaunes. Des surfaces imprégnées de gommes sont visibles sur la face inférieure. Le côté ombragé est généralement atteint. Cela entraîne une chute précoce des feuilles, sans toutefois affecter la qualité des fruits. (Obreza *et al.* 2008).



Figure 4: feuilles gravement déficiente en N à gauche par rapport à un statut croissant en N à droite (Zekri,2008).

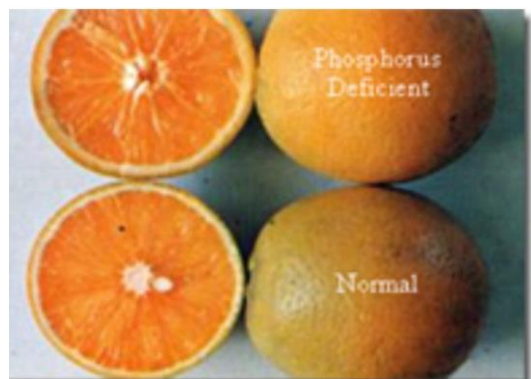


Figure 5: carence en phosphore la peau est plus épaisse et le noyau creux des fruits déficiente en P par rapport aux fruits normaux (Zekri,2008)



Figure 6 : Carence en potassium une carence en K produit des fruits plus petits avec une peau plus lisse et une couleur plus élevée que les fruits Normaux (Zekri,2008)



Figure 7 carence en soufre. Chlorose générale des feuilles qui ressemble à une carence en N(Zekri,2008)



Figure 8 : carence en fer.dans les cas graves
Les feuilles sont très petites presque blanches.
Avec un deprisement des rameaux (Zekri,2008).



Figure 9 : carence en magnésium
La chlorose commence au bord des feuilles
Et se déplace vers l'intérieur à mesure que
La gravité augmente (Zekri,2008)

1.4.4.Les Engrais

L'engrais selon la réglementation de l'Union Européenne est matière dont la principale fonction est de fournir des éléments nutritifs aux plantes. La composition essentielle d'un engrais est indiquée sous la forme NPK, lequel donne les ratios de composition en azote, phosphore et potassium.

Des exemples naturels ou organiques de compost se trouvent à la fois dans le fumier classique mélangé avec des déchets agricoles et des fourrages, ou en guano formé par des excréments d'oiseaux (par exemple, le fiente de volailles comme la poule). Certains amendements jouent ce même rôle de fertilisant. Que ce soit en jardinage, agriculture, horticulture, sylviculture, aquaculture..., les engrais permettent d'accélérer, d'améliorer, ou encore de compenser des manques, la vitesse de croissance des plantes [3].

1.4.5. Types des engrais

1.4.5.1. Selon la nature

a. Engrais minéraux

Dans les engrais minéraux, les éléments fertilisants sont généralement présents sous forme de sels (exceptions : engrais ammoniac liquide). Les matières premières pour les engrais minéraux sont minées ou produites avec des procédés chimiques énergivores (par exemple le procédé Haber-Bosch). En partie également les produits miniers sont utilisés directement, comme les sels de potassium et de la chaux. Les engrais minéraux ont permis un grand gain de productivité dans l'agriculture et sont très fréquemment utilisés aujourd'hui. Les engrais organiques avec des méthodes de culture correspondantes conduisent également à une teneur plus élevée en humus et à une meilleure qualité du sol (voir humus). Les engrais minéraux sont utilisés sous forme de granulés, de poudre ou de liquide (engrais liquide) [3].

b. Engrais gazeux

La fertilisation au dioxyde de carbone CO₂ est importante en horticulture en serre et en aquariophilie. La raison en est la carence en CO₂ résultant de la consommation photosynthétique avec une alimentation insuffisante en air frais, surtout en hiver avec ventilation fermée. Les plantes ont besoin de carbone comme substance de base. En horticulture, le dioxyde de carbone est soit acheté sous forme de GPL, soit introduit comme produit de combustion du propane ou du gaz naturel (couplage de la fertilisation et du chauffage). L'augmentation potentielle du rendement dépend de l'importance du manque de CO₂ et de l'importance de l'apport de lumière (photosynthèse) pour les plantes. En aquarium, le gaz carbonique est supplémenté par des kits CO₂ spécifiquement conçus pour l'injection dans l'eau. [3].

c. Engrais organiques

Dans les engrais organiques, les éléments fertilisants sont ou étaient principalement liés dans des composés organiques réduits contenant du carbone. Si ceux-ci sont déjà partiellement oxydés, comme dans le compost, les minéraux fertilisants sont adsorbés sur les produits de décomposition (acides humiques) etc. En conséquence, ils ont un effet plus durable et sont généralement moins rapidement éliminés que les engrais minéraux. Une mesure de la vitesse

effective est le quotient C/N. Les engrais organiques sont généralement d'origine animale ou végétale, mais peuvent également être synthétisés. Les engrais organiques sont principalement des déchets provenant de l'agriculture (fumier). Des exemples d'engrais organiques sont : le jus d'algues, la farine animale, la farine de poisson, le guano, l'urée, les broyats d'os ou de cornes, les restes de plantes compostées (compostage), les boues d'épuration, la vinasse [3].



Figure 10 : Les trois types des engrais, gazeux (1), organiques (2), et minéraux (3) [7]

1.4.5.2. Selon la forme physique et le mode d'application

a. Les engrais solides (granulés)

Les sources solides sont généralement mélangées en vrac pour former des engrais contenant de l'azote et de l'oxyde de potassium ($N-K_2O$) ou des engrais complets contenant de l'azote, du phosphore et du potassium ($N-P_2O_5-K_2O$), incluant souvent des oligo-éléments, afin d'être épandus dans les vergers d'agrumes. Une taille de particules uniforme est nécessaire pour éviter que les mélanges en vrac ne se séparent lors du transport vers le verger ou lors du transfert de la remorque de livraison à l'épandeur. La plupart des sources d'éléments nutritifs solides sont facilement solubles dans l'eau et rapidement disponibles pour l'absorption par les arbres. Les engrais solides sont appliqués à l'aide d'équipements d'épandage conventionnels, mais sont parfois appliqués manuellement aux jeunes (Obreza, 2020).

b. Les engrais liquides

La fertigation est l'application d'engrais dissous avec l'eau d'irrigation, généralement à l'aide d'un système de micro-aspersion ou de goutte-à-goutte. Les deux éléments nutritifs les plus couramment appliqués aux agrumes par fertigation sont l'azote (N) et le potassium (K). L'engrais injecté dans un système de micro-irrigation doit être une solution véritable, sans

contaminants solides. Les solutions sont préparées en dissolvant dans l'eau des sources de nutriments végétaux facilement solubles (Obreza,2020) .

c.Les Engrais foliaires

Les engrais foliaires sont un type d'engrais qui sont appliqués directement sur les feuilles des plantes, favorisant l'absorption foliaire des nutriments. Cela aide à améliorer leur développement et à augmenter leur production.Cette technique permet également de combiner des nutriments pour répondre aux besoins spécifiques de chaque culture. De plus, l'utilisation de ce type d'engrais présente de nombreux avantages pour les cultures en général, tels que leur grande flexibilité d'utilisation, puisqu'ils peuvent être appliqués à n'importe quel stade de croissance de la plante.Les engrais foliaires doivent être appliqués aux doses recommandées, jamais plus avec un pH de la solution entre 5,5 à 7,0. Les doses élevées créent un stress chez la feuille qui la pousse à fermer ses stomates. Avec plus d'engrais, on risque donc d'avoir moins d'efficacité. Les doses excessives peuvent aussi brûler le feuillage.En ce qui concerne les cultures de fruits à noyau et d'agrumes, l'application des engrais foliaires présente des avantages supplémentaires : elle améliore la qualité des fruits (en augmentant la taille et le poids des fruits, ainsi que leur saveur, arôme et texture) et la santé des plantes, les rendant plus résistantes aux maladies et aux ravageurs [4].

Les Correcteurs de carences et les régulateurs de croissance

Pour corriger les carences chez les agrumes, plusieurs produits sont utilisés , ciblant spécifiquement les carences en micronutriments comme le zinc, le manganèse et le fer, ainsi que des carences plus générales comme l'azote ou le magnésium. Des engrais spécifiques pour agrumes ou des correcteurs de carences formulés avec des oligo-éléments sont souvent recommandés.

Quant au régulateurs de croissance des plantes (RCP) ce sont des produits chimiques utilisés pour modifier la croissance des plantes et qui favorisent la ramification, freinent la croissance des pousses, améliorent le retour de floraison, éliminent les fruits en excès et modifient le processus de maturation.

Quelques correcteurs de carences et régulateurs de croissance homologués pour utilisation sur agrumes en Algérie sont indiqués dans les tableaux 4 et 5.

Tableau 4 : Correcteurs de carences homologués pour utilisation sur agrumes en Algérie (DPVCT,2017)

Nom commercial	Matière active (s)	Concentration	Formulation	Action	Culture	Dose d'utilisation	D.A.R	N° d'homologation
AGRUCON MICRO	N+K ₂ O+MgO+B+Mn+Zn	26% + 5% + 2% + 0,1% + 4% + 4%	WP	correcteur de carence	Agrumes	2-4 kg/ha		15 55 013
FERIK 48	Chelate de fer	6%	WG	correcteur de carence	Agrumes	5-50 g/arbre		15 55 040
FAINAL K	K ₂ O + Azote Uréique	31% + 3%	SL	correcteur de carence	Agrumes /Arbres fruitiers /Olivier	80 à 100 ml/arbre		16 56 100
ACTIVERT COBRE	CUIVRE	7%	SL	correcteur de carence	Arboriculture fruitière	800-1000 ml/Ha		07 45 190
AGRIFER 6%	CHELATE DE FER	6%	WG	correcteur de carence	Arboriculture fruitière	50-100 g/pied		13 53 001
FENGIB	Acide Gibberellique + phenothio	0,5% +1%	EC	Correcteur de carence	Agrumes	60 0 100 ML/hl		15 55 005
YARAVITATM AGRIPHOS	P ₂ O ₅ + K ₂ O + Cu + Fe + Mn + Zn	43% + 1,5% + 0,5% + 2% + 1,5%	LIQUIDE	correcteur de carences	Cultures maraîchères / Arbres fruitiers	3 à 5 L/Ha		16 56 116

Tableau 5 :Régulateurs de croissance homologues pour utilisation sur agrumes en Algerie(DPVCT,2017)

Nom commercial	Matière active (s)	Concentration	Formulation	Action	Culture	Dose d'utilisation	D.A.R	N° d'homologation
AGRUMAX	N Total + P2O5 + MgO + B + Fe chélaté EDTA + Mn chélaté EDTA + Zn chélaté EDTA	16% (N Ammoniacal 1% + N uréique 15%) + 5% + 5% + 0,2% + 2% + 4% + 4%	WP	.régulateur de croissance	Agrumes	300 g/hl		11 51 033
AMINOSTAR	Acides Aminés Libres + Matière Organique	24% + 30%	SL	régulateur de croissance	Agrumes	200-300 cc/hl		11 51 035
AMINAL 24	N + Acides aminés + matières organiques	8,6% + 24% + 30%	Liquide	régulateurs de croissance	Agrumes	150-200ml/hl		09 47 015
CORASIL SUPER		25 G/L	EC		Agrumes	1,5 à 2 L/ha		12 52 065
DRIN	N Organique + Carbone Organique + Acides Aminés + Acide N-Acetil Tiazolidin-4 Carboxylique.	6,3% + 19% + 39% + 0,86%	SL	régulateur de croissance	Agrumes	800 - 1000 ml/ha		15 55 034
ALGAFORT	Extrait d'algues + Matière Organique	20% + 15%	SL	Régulateur de croissance	Agrumes	3-10 L/H		11 51 034
FERTIACTYL ALLEGRO	N Total + P2O5+ K2O + Zn EDTA	11% (N Uréique 11%) + 5% + 8% + 1%	LIQUIDE	régulateur de croissance	Agrumes	5 – 10 L/Ha		11 51 046

1.4.6. Impact et effets nocifs des engrais

L'utilisation non raisonnée des engrais nuit à l'environnement et en particulier aux sources d'eau ainsi qu'à la santé de l'être humain à travers la nourriture.

1.4.6.1. sur l'environnement

En agriculture, les engrais chimiques sont administrés en vue d'augmenter le rendement des cultures. Ils sont responsables d'une pollution massive des sols, mais sont surtout la cause majeure de pollution des eaux souterraines, principaux réservoirs d'eau potable [5].

Les engrais minéraux, bien plus que les engrais organiques, peuvent être très néfastes pour l'environnement et ses différents écosystèmes. Si leur utilisation n'est pas effectuée dans un cadre mesuré, leur surconsommation apporte des transformations radicales des sols, mais aussi une surabondance néfaste dans les eaux. Par exemple les engrais azotés polluent en particulier les eaux souterraines et les nappes phréatiques, arrivant ainsi jusque dans les boissons des hommes. Un danger en particulier pour les nourrissons [6].

1.4.6.2. Sur la plante

Un apport excessif d'azote entraîne une croissance exagérée de la partie aérienne, augmentant ainsi le rapport entre les tiges feuillées et les racines, tout en retardant la floraison chez de nombreuses espèces cultivées. En revanche, le phosphore exerce des effets opposés à ceux de l'azote, en stimulant principalement le développement des racines par rapport à celui des tiges feuillées, ce qui réduit le rapport tiges feuillées/racines. Des fertilisants riches en phosphore, tels que la farine d'os, sont souvent utilisés lors de la transplantation des espèces pérennes afin de favoriser l'établissement d'un système racinaire robuste (Hopkins, 2003). Un excès de potassium, quant à lui, engendre une saturation en eau des feuilles et des récoltes, et provoque également une déficience en magnésium et en bore (Van Schöll, 2005).

1.4.6.3. Sur la santé humaine

De nombreux agriculteurs utilisent des engrais (minéraux ou organiques, solides ou liquides ...) de façon fréquente, intensive et prolongée. L'utilisation massive des engrais, produits fertilisants des récoltes, par épandage ou pulvérisation, présente des risques pour l'environnement (sol, eau, air) mais aussi chimiques et/ou biologiques pour la santé des

agriculteurs exposés. Par ailleurs, l'utilisation d'engins et machines agricoles de traction et d'épandage est dangereuse chutes et renversements des tracteurs, coincements, écrasements, happements par les accessoires des machines en rotation... Outre leur toxicité environnementale et sanitaire, certains engrais solides à base de nitrate d'ammonium sont explosifs dans des conditions particulières.

En cas d'incendie de leur lieu de stockage, certains engrais sont susceptibles de se décomposer et de libérer des gaz toxiques. Comme pour toute activité susceptible de présenter un risque d'exposition à des agents chimiques et/ou biologiques, l'employeur doit procéder à une évaluation des risques encourus pour la sécurité et la santé des travailleurs, limiter l'usage des engrais au strict nécessaire, adopter de bonnes pratiques et d'hygiène au travail, former ses salariés et mettre à leur disposition les équipements de protection individuelle adéquats (combinaison, gants, bottes, masque) pour éviter tout contact et inhalation de poussières ou émanations gazeuses d'engrais [5].

1.4.7. La fertilisation raisonnée

La fertilisation raisonnée vise à appliquer des pratiques qui prennent en compte les données et les contraintes techniques, économiques, environnementales et réglementaires actuelles, en réponse à un concept considéré comme nouveau appelé « agriculture raisonnée ». Cela ne signifie pas que les agriculteurs d'autrefois ne réfléchissaient pas à leurs pratiques, mais leur réflexion intégrait les connaissances disponibles, les moyens matériels à leur disposition, ainsi que les contraintes et objectifs socioéconomiques ou environnementaux implicites, liés à un contexte différent de celui que nous connaissons aujourd'hui (Schvartz et al., 2005).

Matériel et méthodes

II. Matériel et méthodes

2.1 Présentation de la région d'étude

Cette étude a été réalisée dans la wilaya de Skikda, située au nord-est du pays. Elle est bordée au nord par la mer Méditerranée, à l'est par les wilayas d'Annaba et de Guelma, à l'ouest par celles de Jijel et de Mila, et au sud par la wilaya de Constantine (Figure 7).

2.1.1 Superficie de la wilaya

La superficie de la wilaya de Skikda se répartie comme suit :

- Superficie Totale (ST) :413726ha
- Superficie Agricole Totale (SAT) :193179 ha, (47% de la ST).
- Superficie Agricole Utile (SAU) : 131879 ha, (68% de la SAT).
- Superficie des cultures irriguées : 39 000 ha, (30% de la SAU).

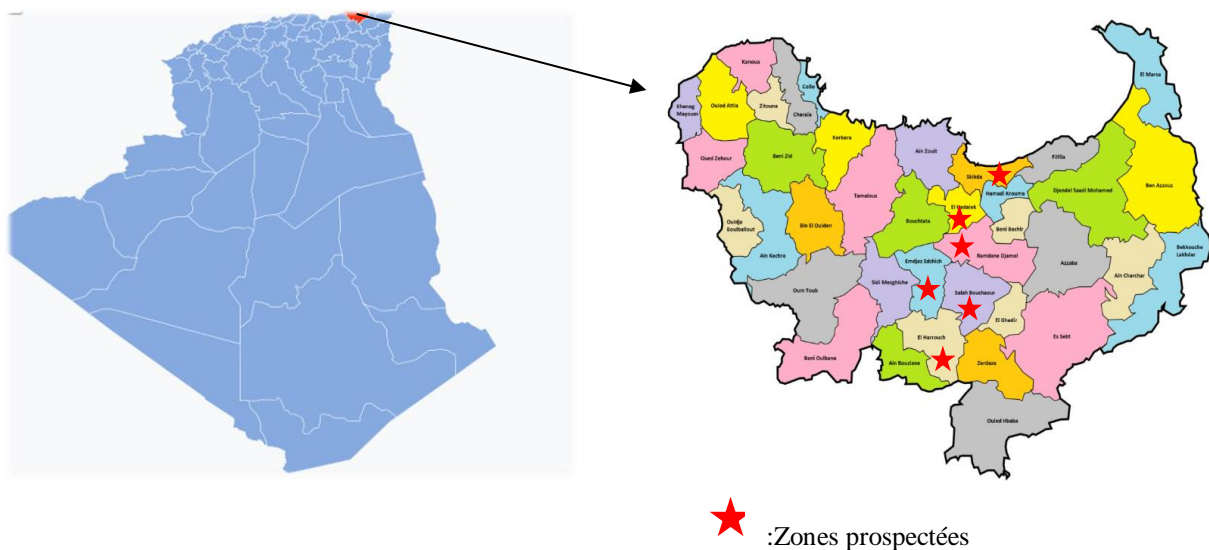


Figure 11 : Situation géographique de la Wilaya de Skikda et les zones prospecté

2.1.1.1 Topographie

Le relief de la wilaya de Skikda est principalement divisé en trois types : les montagnes, les plaines et les zones inter montagneuses.

Zone montagneuse :Elle s'étend d'est en ouest le long de la côte et se compose de plusieurs hauteurs

montagneuses, notamment : le mont Sidi Idriss, qui est le point culminant (1364 m), Jebel Hajar Mafrouch, Ras Boukaroun, Ras El Hadid, Felfela, Satiha et Jebel El Koufi. Les montagnes représentent 60 % de la superficie de la wilaya.

Zone des plaines :Elle s'étend au sud de la région montagneuse et comprend les plaines de Oued Safsaf, Oued Qibli, Oued El Kebir et Azzaba.

Vallées hydrographiques :La wilaya est riche en ressources hydriques importantes, constituées de trois oueds : l'Oued El-Kebir, l'Oued Qibli et l'Oued Safsaf. La wilaya est riche en ressources hydriques importantes, constituées de trois oueds : l'Oued El-Kebir, l'Oued Qibli et l'Oued Safsaf.

Zone inter montagneuse : se situe entre les régions d'El-Harrouch et d'Azzaba. Elle se caractérise par la présence de pâturages et la culture de céréales sèches telles que le blé et l'orge (I.G.D. 2024).

2.1.1.2 Système hydrographique

Le potentiel hydraulique de la wilaya est représenté par trois (03) types de ressources en eau : les eaux de surface, les eaux souterraines et les sources.

Ressources en eaux souterraines : les puits et les nappes phréatiques sont estimés à 87 115 mètres cubes et sont exploités à partir de nombreux puits.

Dépôts d'eau des oueds : ils comprennent l'Oued El-Kebir, l'Oued Safsaf, l'Oued Qibli, ainsi que l'oued côtier Bibi.

Côtes et ressources en eau associées : telles que celles de Felfela et de la côte de Boukaroun, qui constituent d'importantes sources d'eau souterraine (I.G.D. 2024).

2.1.2 Climatologie

2.1.2.1 Les températures

La région de Skikda est caractérisée par un climat méditerranéen. Les étés y sont chauds, secs et généralement dégagés, tandis que les hivers sont longs, frais, venteux et pluvieux . Les températures varient généralement entre 8°C et 29°C au cours de l'année, et dépassent rarement 33°C ou descendent en dessous de 6°C. La saison chaude s'étend du 23 juin au 24 septembre,

avec un pic de chaleur en août, mois le plus chaud, où la température moyenne atteint environ 31°C. En revanche, la saison froide dure du 30 novembre au 29 mars, avec une température minimale moyenne enregistrée en janvier, estimée à 9,7°C.

2.1.2.2 Les précipitations

La précipitation annuelle moyenne à Skikda est d'environ 600 mm, avec un maximum en novembre (126 mm) et un minimum en juillet (environ 1,1 mm). La saison humide s'étend du 6 septembre au 19 mai (environ 8,4 mois), avec une probabilité de pluie supérieure à 14 %. Le mois le plus pluvieux est décembre, avec en moyenne 7,9 jours de pluie. La saison sèche dure 3,6 mois, de mai à septembre, avec un minimum en juillet (0,9 jour de pluie). Les précipitations sont majoritairement sous forme de pluie seule, avec un pic de probabilité de 26 % le 7 février.

2.1.2.3 Diagramme Ombrothermique de Gaussen

La période pendant laquelle les températures sont supérieures au pourcentage de précipitations est considérée comme la période sèche, tandis que la période pendant laquelle le pourcentage de précipitations est supérieur à la température est considérée comme la période humide .

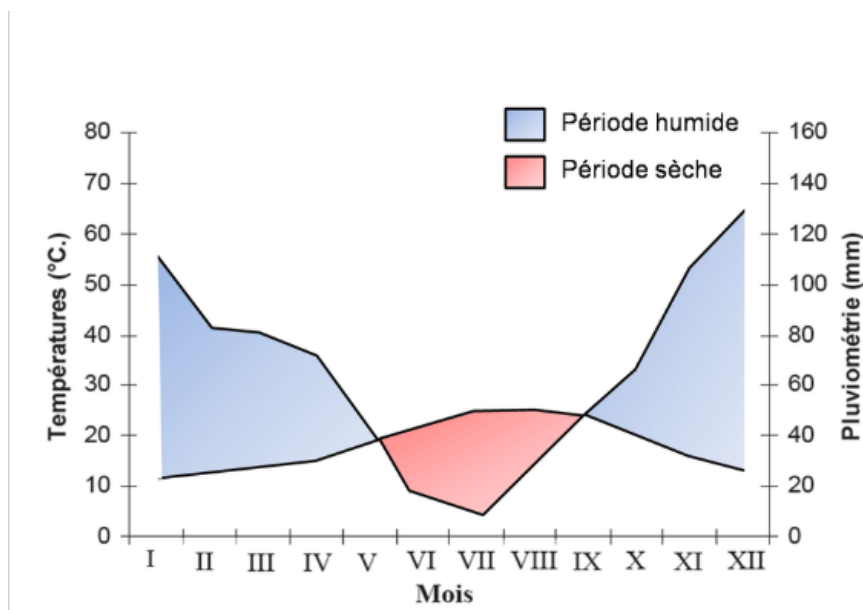


Figure 12 : Diagramme Ombrothermique de la région de Skikda (ONM, 2005-2015)

2.2 Déroulement de l'étude

Cette étude a été réalisée du mois de Mars au mois Juin 2025 au niveau des vergers d'agrumes (Oranger, mandarinier et citronnier) situés au niveau des communes et localités de la région de de Skikda notamment les vergers de Université 20 Août 1955, El Hadaiek, Salah

Bouchaour ,Ramdane Djamel,El Harrouch, Emdjez-Edchiche (ITAFV) , Hammadi Krouma et Beni Bechir . L' étude comprends une enquête auprès des agrumiculteurs ,des prospections sur terrain et un essai experimental pour voir l'effet des fertilisants sur la croissance des plants d'oranger au niveau de la pépinière de l'ITAFV Emdjez edchiche

2.2.1 L'enquête auprès des agrumiculteurs

Les données ont été recueillies auprès des agrumiculteurs à travers une fiche d'enquête (Annexe 2)_distribuée par le biais de la chambre d'agriculture de la wilaya de Skikda couvrant les zones étudiées et des prospections effectuées au niveau de certains vergers .

les informations collectées concernent:

- **La date de plantation et l'itinéraire technique suivi ,**
- **Les analyses du sol et les analyses foliaires effectuées avant l'application des engrais ,**
- **Le programme de fertilisation appliqué (nature des engrais – organiques ou minéraux) , types et noms des engrais utilisés, quantités ou doses et périodes d'application .**
- **La concordance entre la fertilisation et les stades phénologiques des agrumes.**
- **Les conditions culturales, incluant l'âge des plantations, le système d'irrigation, les pratiques d'entretien et les traitements chimiques... etc.**

2.2.2 Prospections des vergers

Des vergers situés dans des zones accessibles ont été choisis et prospectés Dans l'ensemble des zones prospectées, des observations visuelles ont été réalisées afin d'évaluer l'état général des vergers, en se concentrant particulièrement sur les symptômes liés à l'état nutritionnel des arbres, tels que le jaunissement des feuilles, le ralentissement de la croissance végétative ou le développement hétérogène des pousses. Le stade de développement des arbres. L'état des vergers, la présence de symptômes ,types de symptômes de carences observés et évaluation de leur importance par verger . Des entretiens ont été également menés avec les agrumiculteurs en vergers_

Les observations ont porté principalement sur :

- Le stade de développement végétatif des arbres,**
- La présence de symptômes de carences ou d'excès nutritionnels**
- L'état sanitaire général des arbres en lien avec la qualité de la nutrition minérale,**

2. 2.3. Effet de deux fertilisants sur la croissance des plants d'oranger (Essai réalisé au niveau de l'ITAFV Emdjez edchiche)

Dans le cadre de notre expérimentation en pépinière, nous avons sélectionné neuf plants d'oranger variété Washington Navel cultivé en savhet (hors sol). Ces plants ont été répartis en trois groupes de traitement : un groupe témoin (sans apport de fertilisant), un groupe ayant reçu un engrais à base d'urée, et un troisième groupe traité avec un engrais foliaire. L'objectif de cette expérience était d'évaluer l'effet de ces deux types de fertilisants sur la croissance et le développement des plants. L'essai s'est déroulé sur une période de trois mois.

Types d'engrais utilisée :

Engrais solide : Urée 46 %

Engrais foliaire : Minufert.

Les étapes du travail en pépinière

Après avoir effectué les mesures initiales des rameaux et des feuilles des plants sélectionnés, nous avons procédé à l'application des engrais selon les traitements prévus, tout en maintenant trois témoins sans aucun apport fertilisant. Un suivi hebdomadaire a été assuré sur une période de trois mois, consistant à observer et mesurer l'évolution de la croissance au niveau des rameaux et du feuillage.

Résultats et discussion

III. Résultats et Discussion

3.1 Résultats de l'enquête

À travers les fiches d'enquête remplies et les entretiens avec les agrumiculteurs, et grâce aux observations effectuées au niveau des vergers d'agrumes situés dans les zones de Skikda, El Hadaïek, Ramdane Djamel, Salah Bouchaour, El Harrouch et ITAFV, nous avons pu recueillir des informations sur les vergers, les méthodes de fertilisation qu'ils emploient. Les résultats sont indiqués dans le tableau 6.

3.1.1 Engrais utilisés par les agriculteurs et périodes d'application

Selon les données des tableaux 6 et 7, les agriculteurs de la région utilisent divers types d'engrais, avec des fréquences et des périodes d'application variables selon les saisons. Les amendements (Fig.14 et 15) sont employés par environ 30 % des producteurs, principalement au début de l'été. Les engrais NPK sont utilisés à hauteur de 40 %, essentiellement en hiver et en automne. L'urée (46 %) constitue le fertilisant le plus répandu, avec un taux d'utilisation de 60 %, particulièrement au printemps.

Les engrais foliaires, quant à eux, ne sont appliqués que par 10 % des agriculteurs, principalement au printemps et en hiver, ce qui témoigne d'une adoption limitée dans la wilaya. Le MAP (phosphate monoammonique) est utilisé par 30 % des exploitants, en hiver et en été, tandis que le nitrate de magnésium (Ammonitrate) est utilisé à 25 %, principalement en automne.

Sachant qu'une bonne fertilisation des agrumes doit combiner des engrais organiques et minéraux. Les amendements ou engrais organiques sont destinés à améliorer les propriétés physico-chimiques des sols, tandis que les engrais minéraux permettront de fournir aux agrumes les nutriments dont ils ont besoin au moment opportun (Burrow et Vashisth, 2020).

Le recours à ces engrais dépend généralement de trois facteurs déterminants : leur disponibilité, leur prix et leur efficacité perçue sur le terrain.

Tableau 6: résultats de l'enquête sur la fertilisation et des inspections des vergers d'agrumes étudiés de la région de Skikda

Zone	Vergers	Espèce- P/G	Age	Analyse effectuée	Type d'engrais Utilisé	Période	Quantité	Symptômes de carence Observés
Skikda	1	Oranger Thomson Citronnier	/	--	Fumier	Printemps	6Q/HA	Jaunissement Des feuille**
	2	Mandariner/ bigaradier			Engrais(15,15) (20,25)	Fin d'été		
El hadaik	3	Clémentinier , Oranger Thomson Mandarine/ bigaradier	1989	--	Uree 46 Engrais Foliaire	Eté printemps	2Q/HA	Carence en fer*
El-harrouch	4	Clémentinier , Citronnier	/		Fumier	/		
Ramdane djamel	5	Oranger Valencia	/	--	Ammonitrate 20/25 15/15	Eté	4Q/HA	Jaunissement*
	6	Clémentinier Thomson Navel Citronnier/ bigaradier				Hiver		
Salah Bouchaour	7	Oranger	/	--	MAP	Automne hiver	6QHA	Jaunissement*
	8	Thomson* Citronnier / bigaradier			Urée 46			
M'djez Edchiche	9	Clémentinier	1999-	--	PK 20/25	Hiver	2Q/HA	Jaunissement*
	10	Mandariner Citronnier/ bigaradier	2020		Urée 46	Automne printemps		
Beni Bechir	11	Oranger	2012	--	MAP 15/15	Eté	6Q/HA	Jaunissement*
	12	Citronnier/ bigaradier			Urée 46	printemps		
Hamadi krouma	13	Agrumes/ bigaradier	/	--	Ammonitrate	Automne	5Q/HA	Jaunissement*
	14				15/15			

(*)observation directe sur terrain (-) Déclaration des producteurs . P/G :Porte-greffe,MAP : phosphate monoammonique

Tableau 7: Types d'engrais utilisés ,periode d'application et taux d'utilisation par les agriculteurs la region de skikda

Engrais	Agriculteurs (%)	Période d'application
Ammendements	30	L'été
NPK	40	Hiver Automne
Urée 46	60	Printemps
Engrais foliaire	10	Printemps Hiver
MAP	30	L'été Hiver
Ammonitrate	25	Automne

3.1.2 Analyses du sol et analyses foliaires effectuées par les agriculteurs

Les analyses de sol et foliaires ne sont pas réalisées par les agriculteurs enquêtés, . Pourtant, ces outils sont essentiels pour évaluer l'état nutritionnel réel des plantes et du sol, et pour adapter la fertilisation de manière rationnelle. Leur absence affaiblit considérablement la fiabilité technique des pratiques culturales observées, ce qui signifie que la fertilisation est souvent conduite de façon empirique, sans base scientifique solide.

3.1.3 Prospection des vergers

L'analyse du tableau 6, montre que le symptôme le plus fréquemment observé est le jaunissement accompagné d'une décoloration du feuillage (Fig.16 ,17,16 et 19).

Ce phénomène est parfois concentré au niveau des bordures des vergers, zones qui, généralement, ne reçoivent pas le même soin qu'à l'intérieur des vergers . Par ailleurs, ces symptômes apparaissent de manière plus marquée dans les vergers et sur les arbres âgés, en comparaison avec les jeunes plantations.

Ces symptômes ont été observés sur les différentes espèces d'agrumes ;oranger, mandarinier et citronnier.

Tableau 8: Symptomes observés au niveau du vergers prospectés

Zones	Skikda	Salah Bouchour	ITAF V	El-Harrouch	Ramdane Djamel
Symtompes de Carences	Jaunissement des feuilles	Enroulement des feuilles et jaunissement	Jaunissement Et Enroulement Des feuilles	Jaunissement	Jaunissement

Ces mêmes symptomes ont été signalés dans des études précédentes menées dans les mêmes zones notamment les celles de Messikh *et al.*, (2022) et Bounab et Yezli , (2024).

Les taux le jaunissement des feuilles des arbres ont été évalués entre 3% et 9% .Le taux le plus élevé de jaunissement a été observé Ramdane Djamel , tandis que le taux le plus faible a été enregistré à Saleh Bouchaour.Ces taux sont les suivants :

Salah Bouchour 3 % Skikda, 8% Harrouch 6 % Ramdan djamel 9% ITAFV 5%

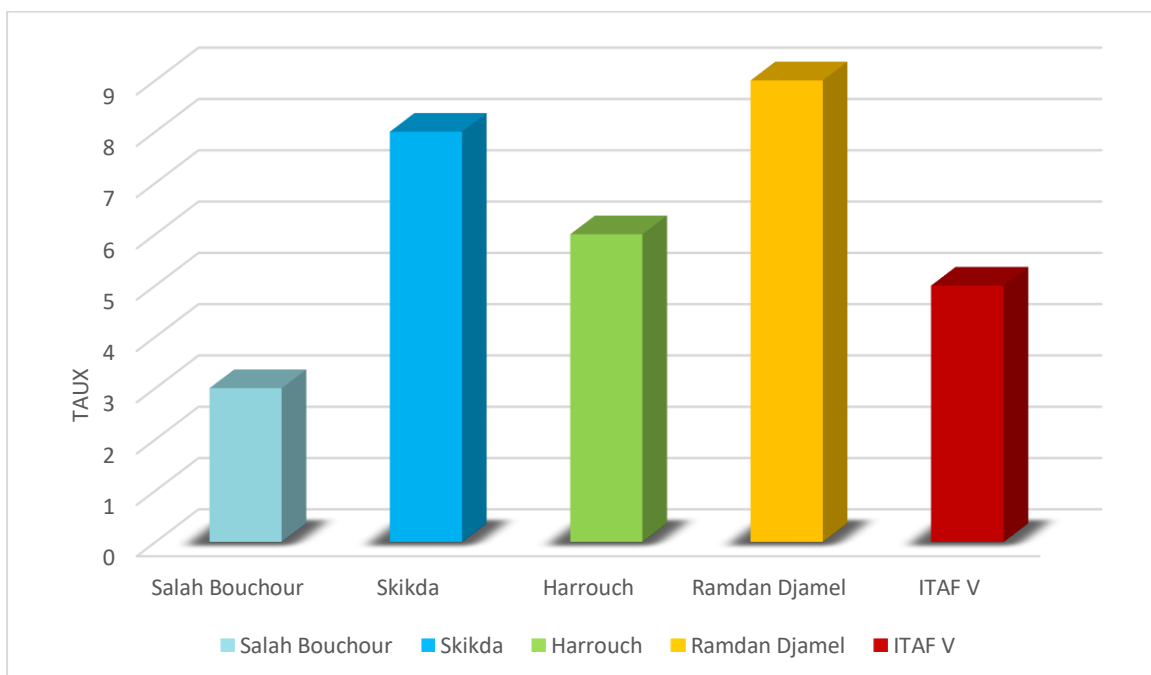


Figure 13: Taux de jaunissement des feuilles dans les zones prospectées de la region de Skikda



Figure 14: Epannage de fumier dans un verger de climentinier de l'université



Figure 15: Fumier dans un verger de climentinier



Figure 16: Jaunissement des citronnier dans les bordures d'un verger à Ahmad Sahki (Salah Bouchaour)



Figure 17 : Jaunissement des feuilles d'un citronnier à Ahmad Sahki (Salah Bouchaour)

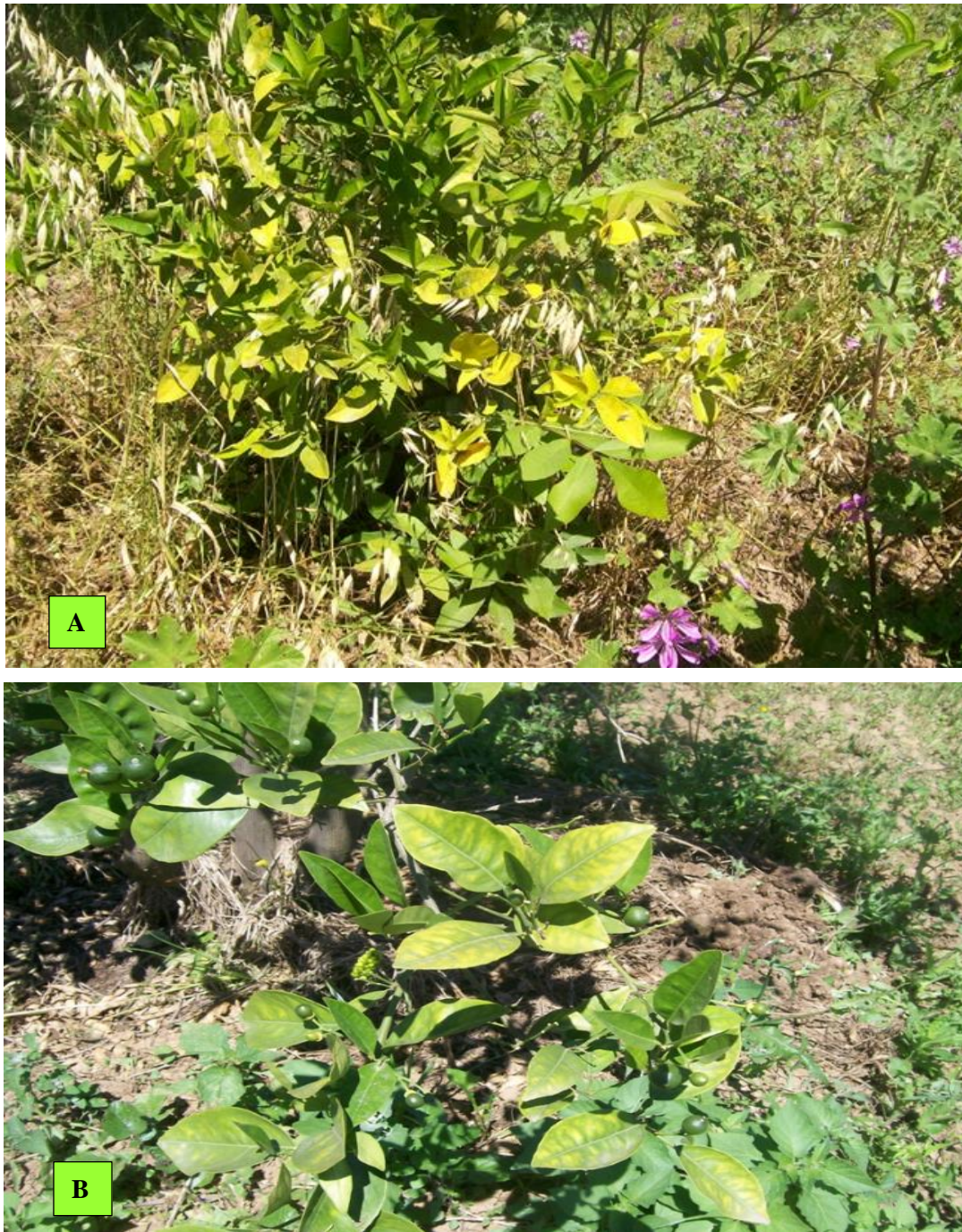


Figure 18: Jaunissement des feuilles d'oranger dans un verger de l'université
A:Jaunissement de tout le feuillage,B:Jaunissement internervaire des feuilles



Figure 19 : Jaunissement des feuilles d'oranger observé à l'ITAFV.

A:jaunissement de l'extrémité ,B:Jaunissement de tout le limbe



Figure 20: Croissance des Plants d'oranger après application des fertilisants (Essai à l'ITAFV)



Figure 21 : fruit développé sur un oranger fertilisé avec l'urée (Essai à l'ITAFV)

3.2. Effet de deux fertilisants sur la croissance des plants d'oranger

Après la réalisation de l'essai et au terme d'une période de trois mois, les résultats des mesures de la croissance des pousse obtenues (Fig.20 et 21) ont été organisées dans un tableau récapitulatif , puis présentés sous forme de diagrammes en barres (Fig.22) , afin de faciliter l'interprétation comparative des résultats obtenus entre les différents traitements.

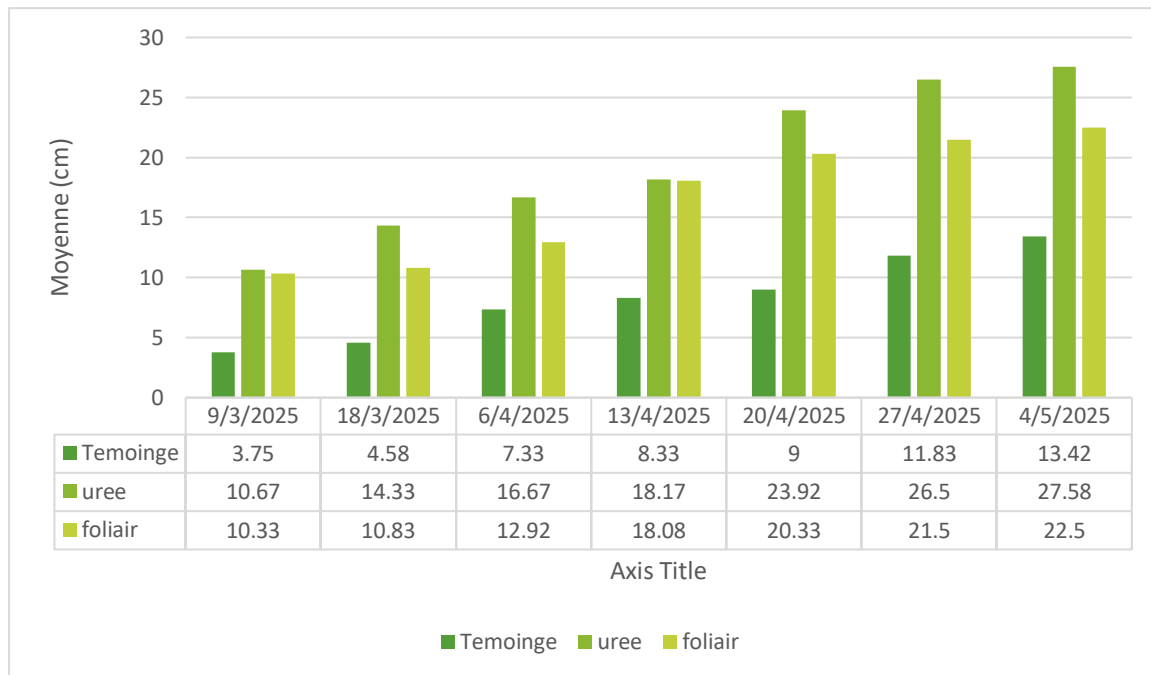


Figure 22: Comparaison de la croissance des plants sous trois types de fertilisation (témoin, urée, foliaire)

Nous avons observé que les plants témoins poursuivent leur croissance de manière régulière et stable. En revanche, les plants traités à l'urée présentent une croissance en alternance : des phases de développement suivies de périodes de stagnation, tout en restant globalement au même niveau que les témoins. Quant aux plants traités par engrais foliaire, leur croissance se distingue par une progression relativement lente.

Notons aussi que cet essai pratique a été réalisé en parallèle avec l'enquête et les prospections pour suivre de près l'effet des fertilisants sur la croissance des plants d'agrumes. Néanmoins, les analyses du sol n'ont pas été effectuées avant la mise en sachet des plants et il serait souhaitable d'analyser le sol et de conduire l'essai pour une période plus longue pour des résultats plus significatifs.

Conclusion

Conclusion

Ce travail nous a permis d'étudier les pratiques de fertilisation des agrumes dans certains vergers situés dans différentes localités de la région de Skikda ;l'Université 20 Août 1955,El Hadaiek ,Salah Bouchaour , Ramadane Djamel,El Harouch, Hamadi Krouma,Beni Bechir et Emdjez Edchiche (ITAFV).

L'enquête menée auprès des agrumiculteurs et les prospections sur le terrain révèlent que les agriculteurs utilisent principalement des engrais minéraux tels que l'urée, le NPK et le MAP (phosphate mono-ammonique), avec un recours limité aux engrais foliaires. L'utilisation de matières organiques, comme le fumier ou les amendements organiques a également été constatée dans certains vergers.

Les résultats ont mis en évidence que la majorité des applications de fertilisants sont empiriques , basées sur l'expérience pratique des agriculteurs. sans recours à des analyses du sol ou des feuilles, privant ainsi les agriculteurs de repères fiables pour ajuster les apports aux besoins réels des arbres.

Les symptômes observés lors des prospections dans certains vergers, notamment les jaunissements des feuilles, traduisent des déséquilibres nutritionnels souvent non identifiés qui nécessitent des analyses appropriées pour leur identification ce qui permet de corriger les déséquilibres nutritionnels par des apports d'engrais adéquats au moment opportun .

Des études seront nécessaires dans le futur pour l'évaluation de l'état nutritionnel des sols de la région de Skikda et l'élaboration de programmes de fertilisation raisonnée suivant un calendrier étudié qui prennent en compte les particularités pédoclimatiques locales afin d'améliorer la rentabilité des vergers d'agrumes et la qualité des fruits dans la région.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Aït Houssa, A., Nachate, Es. et M. Benbella. 2004. Fertigation NPK de Jeunes Agrumes Equipés de Rampes avec Goutteurs Intégrés. IPI regional workshop on Potassium and Fertigation development in West Asia and North Africa; Rabat, Morocco, 24-28 November, 2004. 5 p.

Anonyme, 1995. Agrumes culture : Création d'un verger d'agrumes. Ed. ITAFV. 68

Bénédicte A. & Bachés M. 2011. Agrumes : Comment les choisir et les cultiver facilement. Ed. INRAA. Paris. 127 p.

Bounab, Z., et Yezli, M. 2024. Contribution to the study of phytosanitary status of Citrus trees (Citrus spp.) in some orchards of Skikda region. Mémoire de Master, Université 20 Août 1955 Skikda, 68 p.

Burrow J. D. and Vashisth T. 2020 . Nutrition and Fertilization .UF/IFAS Citrus Research and Education Center Citrus Health Forum, Quincy, Florida March 12, 2020

Chahber.N.2004.Dynamique des populations de phyllocnistis citrella stainton1856 (Lepidoptera : Gracillarudae) sur citrus prés de Rouïba. Influence des extraits foliaires et des Huiles minéraux sur l'ovriposition de mineuse en pépinière. Thés .Ing . INA. El-Harrach.179p

Cassin,1983. Diversification agricole et travaux de la station de Echerches agronomiques de son Guiliana en corse. Colloque agrumicole Du. Italie.

DSA, 2018. Direction des Services Agricoles de la wilaya de Skikda. Rapport d'activité.

DSA, 2022. Direction des Services Agricoles de la wilaya de Skikda. Direction des Services Agricoles de la wilaya de Skikda.

DSA, 2023. Direction des Services Agricoles de la wilaya de Skikda. Direction des Services Agricoles de la wilaya de Skikda.

DPVCT, 2017. Index des produits phytosanitaires à usage agricole. Direction de la Protection des Végétaux et des Contrôles Techniques, Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, Alger, 230 p.

Ebert, G. 2009. Fertilizing for High Yield and Quality Pome and Stone Fruits of the Temperate Zone. IPI Bulletin No. 19, International Potash Institute, Switzerland. 74 p.

Er-Aki,S.2007. Estimation des besoins en des cultures dans tensift alhaouz.thèse .Doc.Univ.Cadi Ayyad. Marrakech.Maroc. 112 p.

FAO, 2015. Citrus fruits statistics. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FAOSTAT,2022.FAOSTAT database. Rome, Italy: FAO.

<http://faostat3.fao.org/home/index.html>

- Grissa, K. L. 2010.** Étude de base sur les cultures d'agrumes et de tomates en Tunisie. 93 p.
- Gonzatto, M. P., & Santos, J. S. 2023.** World citrus production and research. Dans *Citrus Research - Horticultural and Human health aspects*.
- Guiraa, F., & Arafa, D. 2020.** Évaluation de l'effet des fertilisants et biofertilisants sur le développement et la croissance d'une culture de Citrus 38 p.
- Hassani, F. 2003.** Étude comparative de l'infestation de trois variétés d'agrumes par la mouche Méditerranéenne dans la région de Tlemcen. Magister. Écologie animale. Univ. Abou Bekr Belkaid - Tlemcen. 128 p.
- Hopkins. 2003.** Physiologie végétale. 1ère édition. De Boeck. 514 p.
- ITAF 1995.** Conduite d'un verger d'agrumes. Algerie.
- ITAFV, 2016. La culture des agrumes.** Institut Technique de l'Arboriculture Fruitière et de la Vigne. Tessala El Merdja - Birtouta – Alger. 19 p.
- I.G.D.2022.**Potential of Skikda province.2022. Retrieved 05 12, 2024, from Ministère de l'intérieur et des Collectives locales et de L'urbanisme:
.https://interieur.gov.dz/Monographie/ar/index.php?wil=21
- Khantout, H., & Bounib, S. 2017.** Contribution à l'étude de la mineuse des feuilles des agrumes (*Phyllocnistis citrella* Stainton) dans la région de Skikda. Mémoire de Master, Université 20 Août 1955 - Skikda. 57 p.
- Khelil, A. 2009.** Nutrition et fertilisation des arbres fruitiers et de la vigne. 94 p.
- Latioui, A. 2016.** Étude des caractères agronomiques et botaniques des agrumes dans la région de Skikda. Mémoire de Master, Université 20 Août 1955 Skikda. 58 p.
- Loussert, R. 1987. Les agrumes, arboriculture.** Volume 1. Ed. Lavoisier. Paris. France. 113 p.
- Messikh, C., Khechmoune, C., Yahi, C., Halilou, A. 2022.** Contribution à l'étude de la mineuse des feuilles des agrumes (*Phyllocnistis citrella* Stainton) dans la région de Skikda. Mémoire de Master en Sciences Agronomiques, Univ. 20 Août 1955 Skikda. 51 p.
- Mukhametzyanov, R. R., Brusenko, S. V., Khezhev, A. M., Kelemetov, E. M., & Kirillova, S. S. 2024.** Changing the global production and trade of citrus fruits. 19–24.
- Mabberley D.J., 1997.**A classification for edible Citrus (Rutaceae). *Telopea*, vol. 7, n° 2, p. 167-172.
<https://doi.org/10.7751/telopea19971007>
- ONM, 2013.** Office Station Météorologique Nationale de Skikda.
- Obreza T.A. & Morgan K.T. 2008.**General Soil Fertility and Citrus Tree Nutrient, in SI. 253 Nutrition of Florida Citrus Trees Second edition, the Soil and Water Science Department,

Florida. Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. 100p

Obreza, T. A., & Boman, B. J. 2020. Nutrition of Florida Citrus Trees .3e éd., Chapitre 7, pp. 45–50. University of Florida, IFAS Extension.

Podsiadlo, E., & Bugila, A. A. 2007. Morphology of the first instar of *Parlatoria ziziphi* (LUCAS) (Hemiptera: Coccinea: Diaspididae). Polish Journal of Entomology, Volume 76, Number 04: 333–339.

Pousset, J. 2011. Engrais vert et la fertilité des sols. France Agricole. 397 p.

Pousset, J. 2017. Fiches pratiques de fertilisation. France Agricole. 186 p.

Pépinière Sapiama, 2025. Processus de production de plants d'agrumes.

<https://www.sapiama.com>

Schwartz, C., Muller, J-C., Decroux, J. 2005. Guide de la fertilisation raisonnée. Ed. France Agricole, Paris. 414 p.

Singh, J., Sharma, V., Pandey, K., Ahmed, S., Keur, M., & Sidhu, G. S. 2021. Horticultural Classification of Citrus Cultivars. IntechOpen, 1–24.

Spann, T. M., & Schumann, A. W. 2010. Mineral nutrition contributes to plant disease and pest resistance. University of Florida IFAS Extension.

Teffahi, A., et Nouin, A. 2021. Raisonnement de la fertilisation azotée phospho-potassique (NPK) de la culture de blé dur (*Triticum durum* Desf.) (variété Vitron) dans la région de Guelma. 65 p.

Timac Agro Algérie. n.d. Qui sommes-nous ? Groupe Roullier. Consulté le 15 mai 2025, à l'adresse : <https://dz.timacagro.com/a-propos/qui-sommes-nous/>

Tolon, M., Wu, G. A., Gmitter Jr, F. G., & Rokstar, D. S. 2020. The origin of citrus. In *The Genus Citrus*.pp. 9–31.

Van Schöll, D. 2005. Plant Nutrition and Soil Fertility : Potassium Effects on Magnesium and Boron Availability. *Agricultural Sciences Journal*, 12(4), 150–162.

Wu, G. A., Terol, J., Ibanez, V., Lopez-Garcia, A., Estela, P. R., Carles, B., et al. 2018. Genomic of the origin evolution of citrus. *Nature*, 5: 44 p.

Zekri, M., & Obreza, T. 2013a. Magnesium (Mg) for citrus trees. University of Florida IFAS Extension, 1–4.

Zekri, M., & Obreza, T. 2013b. Calcium (Ca) and Sulfur (S) for citrus trees. University of Florida IFAS Extension, 1–5.

Zekri, M., & Obreza, T. 2013c. Nitrogen (N) for citrus trees. University of Florida IFAS Extension, 1–3.

Zekri, M., & Obreza, T. 2013d. Phosphorus (P) for citrus trees. University of Florida IFAS Extension, 1–4.

Zekri, M., & Obreza, T. 2013e. Potassium (K) for citrus trees. University of Florida IFAS Extension, 1–4.

Zekri, M., Schumann, A. W., Vashisth, T., Kadyampakeni, D. M., Morgan, K. T., Boman, B., Shahid, M. A., & Obreza, T. A. 2024. Florida citrus production guide: Fertilizer application methods. University of Florida, IFAS Extension.

Sites web

[1]. <https://www.cultifort.com/fr/>

[2]. <https://www.agrimag.co.za/>

[3]. <https://www.aquaportail.com/>

[4]. <https://maisondesagrumes.com/>

[5]. <https://www.futura-sciences.com/>

[6]. <https://wikiagri.fr/>

[7]. <https://www.utinam.cnrs.fr/>

Annexes

Annexes

Annexe 01 : Données climatiques

Tableau 01 : Données climatiques de la région de Skikda (ONM, 2005-2015)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
P (mm)	109.8	11.3	97.7	50.4	35.6	10	1.7	17.3	60.8	79.7	96.3	129.3
T (°C)	13.1 13.7	12.8	14	16.9	19.5	22.7	25.8	26.3	23.9	21.5	13.7	13.7

Annexe 2 : Fiche de prospection /Enquête : Agrumes بطاقة المعاينة لبستان الحوامض s

Date de prospection/Date/ تاريخ المعاينة :.....

Zone visitée / المنطقة:.....

Commune / البلدية :.....

Lieu dit/ المكان المسمى :

Verger / البستان :.....

Espèce/ النوع :

Variété / الصنف.....

Porte greffe / حامل التطعيم :.....

Date de plantation/ تاريخ الغرسة.....

Stade de développement / مرحلة النمو :

Entretien- état de la culture / حالة نمو الأشجار :.....

Traitement phytosanitaire / المعالجة :.....

Période de traitement / وقت العلاج.....

Nom du produit (s) / إسم المبيد :.....

Fertilisation التسميد.....

-Analyses du sol effectuées تحاليل التربة قبل التسميد :Oui / Non.....

-Analyses foliaires تحاليل الاوراق : Oui / Non

- Périodes d'application أوقات التسميد :.....

- Type et nom de l'engrais utilisé نوع وإسم السماد المستعمل :.....

- Quantité utilisée الكمية المستعملة :.....

- Symptômes de carences observés أعراض نقص العناصر :.....

-Autres informations معلومات أخرى :.....

Annexe 3 : Effet de deux fertilisants sur la croissance des plants d'oranger

(Essai réalisé au niveau de l'ITAFV Emdjez edchiche)

Tableau 02: Effet de l'urée et du Minufert sur la croissance des pousses d'oranger

Date de mesure	Temoin Taille pousses(Cm)	Urée 46% Taille pousses (Cm)	Minufert Taille pousses (Cm)
09/03/2025	3,75	10,67	10,33
18/03/2025	4,58	14,33	10,83
06/04/2025	7.33	16,67	12,92
13/04/2025	8,33	18,17	18,08
20/04/2025	9	23,92	20,33
27/04/2025	11,83	26,50	21,50
04/05/2025	13.42	27,58	22,5

Annexe 4: symptômes de carences observés**Tableau 03:** Taux des symptômes de carences observés par zone prospectée (Région de Skikda)

Zone prospectée	Taux symptomes (%)
Université 20 Aout 1955	8
Ramdane Djamel	9
Emdjez -Edchiche (ITAFV)	5
Salah Bouchaour	3
El Harrouch	6

Nom et prénom : Hamza Noujoud , Oudjhani Fatima Zahra

Encadrant : Sadallah Saïd

Thème : Étude de la fertilisation des agrumes (Citrus spp.) dans la région de Skikda

Résumé : Ce travail a été réalisé au cours de l'année 2024-2025 dans le but d'étudier les pratiques de la fertilisation des agrumes dans quelques vergers de la région de Skikda : Université de Skikda, ITAFV, Ramdane Djamel, Salah Bouchaour, El Harrouch, El Hadaik , Hamadi Krouma et Beni Bechir . Les données ont été collectées à travers des fiches distribuées aux agriculteurs et des prospections sur le terrain .Les résultats ont montré que les agriculteurs utilisent principalement des engrais minéraux tels que l'urée, le NPK et le MAP (phosphate mono-ammonique), avec un recours limité aux engrais foliaires. L'utilisation de matières organiques, comme le fumier ou les amendements organiques a également été constatée .Les symptômes de carence les plus fréquents observés sur les arbres en verger sont des jaunissements d'intensité variable, souvent localisés en bordure des vergers. Toutefois, l'identification précise des causes des carences reste difficile et nécessite des analyses du sol et foliaires appropriées , celles-ci n'étant généralement pas pratiquées dans la région .Cette étude met en évidence la nécessité d'une meilleure gestion de la fertilisation pour améliorer la production d'agrumes et la qualité des fruits dans la région.

Mots clé : Agrumes , Fertilisation , Engrais , Carences , Skikda

Abstract : This work was carried out during the year 2024-2025 with the aim of studying the practices of citrus fertilization in some orchards in the Skikda region: University of Skikda, ITAFV, Ramdane Djamel, Salah Bouchaour, El Harrouch, El Hadaik, Hamadi Krouma and Beni Bechir. The data were collected through sheets distributed to farmers and field surveys. The results showed that farmers mainly use mineral fertilizers such as urea, NPK and MAP (mono-ammonium phosphate), with limited use of foliar fertilizers. The use of organic matter, such as manure or organic amendments was also noted. The most frequent deficiency symptoms observed on trees in orchards are yellowing of varying intensity, often located at the edges of orchards. However, the precise identification of the causes of deficiencies remains difficult and requires appropriate soil and foliar analyses, which are not generally carried out in the region. This study highlights the need for better fertilization management to improve the production and quality of citrus fruits in this region .

Key words : Citrus , Fertilization , Fertilizers , Deficiency symptoms , Skikda

ملخص:

تم إنجاز هذا العمل خلال عام 2024-2025 بهدف دراسة ممارسات تسميد الحمضيات في بعض البساتين في منطقة سكيكدة : جامعة سكيكدة , ITAFV, رمضان جمال , صالح بو الشعور , الحروش , الحدائق , حمادي كرومة و بني بشير . تم جمع البيانات من خلال أوراق تم توزيعها على المزارعين و الخرجات الميدانية . أظهرت النتائج أن المزارعين يستخدمون بشكل أساسي الأسمدة المعدنية مثل urée و NPK و MAP (فوسفات أحادي الامونيوم)، مع استعمال محدود للأسمدة الورقية . كما لوحظ أيضا استخدام بعض المواد العضوية ، كالمخلفات الحيوانية و المخصلات العضوية . أما بالنسبة لاعراض النقص الغذائي الأكثر شيوعا التي لوحظت على أشجار الحمضيات , فهي اصفرارات بدرجات متفاوتة ، و غالبا ما تكون متمركزة على أطراف البساتين . و مع ذلك , لا يزال التحديد الدقيق لاسباب النقص أمرا صعبا و يتطلب تحليلات مناسبة للتربة و الأوراق ، و التي لا يتم اجرائها عموما في المنطقة . تسلط هذه الدراسة الضوء على الحاجة الى إدارة افضل للتسميد لتحسين إنتاجية بساتين الحمضيات في الولاية .

الكلمات المفتاحية : نقص العناصر – سكيكدة – الأسمدة – التسميد – الحمضيات .

Année Universitaire : 2024/2025