

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOULOU MAMMERI DE TIZI-OUZOU

FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES
AGRONOMIQUES
DEPARTEMENT SCIENCES AGRONOMIQUES



Mémoire de fin d'étude

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

Spécialité : Productions Végétales

Thème

**Etude comparative de deux types de fertilisation:
Organique (grignon d'olive) et Minérale (NPK) sur la
production et le rendement chez une variété (*Cimega*) de
pomme de terre**

Présenté par :

M^{elle} ABED Sarah

M^{elle} ADEL Saliha

Devant le jury composé de :

- M^{me} GHEBBI SISMAIL K. Maître de conférences A, à l'UMMTO- Promotrice
- M^{me} MEDJDOUB BENZAAD F. Professeur à l'UMMTO – Présidente
- M^r ALILI N. Maître-assistant, chargé de cours à l'UMMTO – Examineur
- M^{me} HEDJAZ- Invité

Année universitaire : 2022/2023

Remerciements

Nous tenons à exprimer nous profonde gratitude et tous nous Remerciements à notre promotrice, Docteur SI SMAIL Karima née GHEBBI, pour sa patience, ses conseils, sa gentillesse et son encadrement pour la réalisation de ce modeste travail.

Nos remerciements s'adressent aussi aux membres du jury, madame MEDJDOUB et monsieur ALLILI pour leurs acceptation de jurer ce travail.

Egalement, Nous remercions le directeur de l'ITMAS DE Boukhalfa, ainsi que tout le personnel pour leurs Assistances durant toute la période de notre stage pratique.

Dédicaces

Au terme de cette étude, je remercie avant tout, Dieu tout puissant de m'avoir guidé de suivre le chemin de la science et m'avoir permis la réalisation de ce travail.

Je dédie ce mémoire :

A le plus beau papa qui a sacrifié toute sa vie pour nous, tu as toujours été l'exemple du père merveilleux respectueux qui aime ses enfants. Grâce à toi j'ai appris le vrai sens de l'amour et comment être une bonne personne, tu as fait de moi la plus heureuse fille de monde. Grâce à toi j'ai appris le vrai sens du travail et de la responsabilité je voudrais te remercier pour ton amour, ta générosité, ton soutien.

A la femme qui m'a donné la vie, la mère qui a fait ressortir le meilleur en moi, tu es toujours le symbole de la bonté et la tendresse.

Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices que tu as fait pour moi.

A mes chers frère et leurs femmes que dieu vous garde toujours à mes côtés.

*A mes chères sœurs et leurs maris, mes neveux : Axel, Yani et Moumouh.
A mes nièces : Rima, Eline, Thiziri, Céline et Thilleli.*

A ma grand-mère, mes oncles et tantes, mes cousins et cousines. A ma binôme Sarah avec laquelle j'ai réalisé ce travail et à toute sa famille. A mes chères amies et à tous mes proches qui m'ont aidé d'une façon ou d'une autre.

Saliha

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail particulièrement à mes chers parents, qui ont consacré leur existence à bâtir la mienne, pour leur soutien, leur patience et leur affection et tendresse, pour tout ce qu'ils ont fait pour que je puisse arriver à ce stade.

Ma mère qui m'a donné la vie, le symbole de tendresse, qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite.

A l'école de mon enfance, celui qui était mon ombre durant toutes les années de mes études et qui est toujours disponible pour moi, et qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager, à me donner de l'aide et à me protéger, je lui confirme mon profond amour et respect, mon cher père.

À ma chère binôme Saliha et sa famille, et ma petite sœur adorable Souhila, et mon chère frère Ahcene et sa petite famille.

A la personne qui m'a toujours accompagné dans ce travail, aucun mot ne saurait t'exprimer mon profond attachement, ta présence à mes côtés m'a permis de réussir et de donner toujours le meilleur de moi, mon chère ami Moussa.

Enfin, à toutes les autres personnes de près et/ou de loin.

Sarah

Liste des abréviations

CIP : centre international de la pomme de terre

CM : Carré moyen

CV : Coefficient de variations

DDL : Degré de liberté

ET : Ecart type

FAO : Food and Agriculture Organisation (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture)

Ha : hectare

INSID : Institut National des sols de l'Irrigation et du Drainage

ITMAS : Institut Technique Moyen Agricole Spécialisé en Agriculture de Montagne

K : potassium

Max : maximum

M : mètre

Mm : millimètre

Min : minimum

Moy : moyenne

Mn : magnésium

MS : matière sèche

PNDR : Plan National de Développement Agricole

PROBA : probabilité

Qtx : Quintaux

SCE : Somme des Carrés des Ecart

T : Température

T : tonne

Figure 1. Production mondiale de la pomme de terre (période de 2018 à 2021)	4
Figure 2. Production de la pomme de terre en Algérie de 2018 à 2021	6
Figure 3. Valeurs nutritionnelles de pomme de terre (Ciquel, 2013).	8
Figure 4. Morphologie de la pomme de terre (Soltner, 1986)	9
Figure 5. A. Structure externe du tubercule de pomme de terre présentant le bourgeon terminal (bg t), les yeux (oe), les lenticelles (len) et le stolon (st). B : Disposition des yeux à la surface du tubercule : les chiffres de 1 à 8 représentent les yeux (Rousselle et al., 1996)	12
Figure 6. A. Structure interne du tubercule de pomme de terre mature en coupe longitudinale : périderme (pér), anneau vasculaire (an.vasc), cortex (cort), zone périmédullaire (z.péri), moelle (m). B : Détail d'une coupe fine des tissus du tubercule de pomme de terre : parenchyme cortical (pc), phloème externe (ph.e), xylème (x), phloème interne (ph.i), parenchyme médullaire (pm) (Rousselle et al., 1996).....	13
Figure 7. Cycle de développement du Mildiou de la pomme de terre(Abgrall, 2015).....	19
Figure 8 : Taches nécrotiques dues au mildiou de la pomme terre	21
Figure 9. Tiges d'une plante de pomme de terre infectée par le mildiou.....	21
Figure 10. Pourriture molle sur tubercules de pomme de terre infectés par le mildiou	22
Figure 11. Sporangies et Sporangiophores de <i>P.infestans</i> (GrossissementX80).....	23
Figure 12. Cycle biologique de <i>phytophthora infestans</i> (Agrios, 2005)	24
Figure 13. Oospore de <i>Phytophthora infestans</i> colorée au bleu Coton et observée au microscope au grossissement 1000(PhotographieINRA–R.Corbrière).....	26
Figure 14. Larve de la teigne de pomme de terre sur la face supérieure de la feuille GX40 (Originale, 2016).	30
Figure 15. Chrysalide de la teigne de pomme de terre GX40 (Originale, 2016)	30
Figure 16. Adultes de la teigne de la pomme de terre(GX20) (Originale, 2019).....	31
Figure 17. Tubercules ravagés par la teigne (Originale, 2023).	33
Figure 18. Carte satellite géographique de l'ITMAS de Boukhalfa.....	36

Figure 19. - Pomme de terre récoltée avec la fertilisation minérale (A). -Pomme de terre récoltée avec la fertilisation organique(B).	39
Figure 20. Opération réalisée au cours de la fertilisation.....	39
Figure 21. Grignon d'olive.	41
Figure 22. Urée (azote solide)	41
Figures 23 : Dispositif expérimental de l'essai	43
Figure 24. Opération de labour.....	44
Figure 25. Opération du binage et buttage.	45
Figure 26. Opération de désherbage.....	46
Figure 27. Irrigation manuelle à l'aide d'un arrosoir.	46
Figure 28. Effet du type de fertilisation sur le nombre moyen de tiges par plant	50
Figure 29. Effet du type de fertilisation sur la longueur moyenne de tiges.....	51
Figure 30. Effet de la fertilisation sur le poids moyen de tubercules.....	52
Figure 31. Effet de la fertilisation sur le nombre moyen des tubercules par plant.....	53
Figure 32. Effet de deux types de fertilisation sur le calibre moyen des tubercules par plant	55
Figure 33. Effet du type de la fertilisation sur le rendement réel de la pomme de terre. 56	
Figure 34. Effet du type de la fertilisation sur le rendement potentiel de la pomme de terre.	58

Tableau 1: Production mondiale de la pomme de terre durant la période allant de 2018 à 2021	4
Tableau 2 : Production de la pomme de terre en Algérie durant les années (2018-2021).....	5
Tableau 3. Classification taxonomique de <i>Phytophthora infestans</i>	24
Tableau 4. Caractéristique de la variété étudiée « Cimega ».	36
Tableau 5. Précipitations moyennes mensuelles durant le mois d’Octobre au mois de Mai. .	37
Tableau 6. Températures maximales, minimales et moyennes du mois d’Octobre au mois de Mai.	37
Tableau 7. Humidité relative moyenne mensuelle durant le mois d’Octobre 2022 au mois de Mai 2023.	38
Tableau 8. Températures et précipitations moyennes durant le mois d’Octobre au mois de Mai.	40
Tableau 9. Composition physico-chimique du grignon d’olive.	41
Tableau 10. Résultat des analyses de l’échantillon du grignon d’olive.	44
Tableau 11. Itinéraire technique de la pomme de terre.	48
Tableau 12 : Résultat des analyses de caractéristique physico-chimique du sol.	48
Tableau 13 : Résultat d’analyse du sol d’essai	49
Tableau 14 : Résultat des analyses de l’échantillon de grignon d’olive.	49
Tableau 15 : Nombre moyen des tiges par plant.....	50
Tableau 16 : Résultat d’analyses de la variance du nombre moyen des tiges par plant.	51
Tableau 17 : Longueur moyenne des tiges par plant.	51
Tableau 18 : Résultat d’étude de la variance sur la longueur moyenne de la tige.	2
Tableau 19 : Test NEWMAN –KEUL de la longueur moyenne des tiges par plant.	52
Tableau 20: Poids moyen des tubercules par plant.	53
Tableau 21. Résultats d’analyses de la variance du poids moyen d’un tubercules par plant..	53

Tableau 22 : Nombre moyen des tubercules par plant.....	54
Tableau 23 : Résultat d'analyse de la variance du nombre moyen de tubercule par plant.	54
Tableau 24 : Test NEWMAN-KEUL du nombre moyen de tubercules par plant.....	55
Tableau 25 : calibre moyen des tubercules par plant.....	55
Tableau 26 : Résultat d'analyses de la variance du calibre moyenne d'un tubercule.....	56
Tableau 27 : Rendement réel (Qt _x /ha).....	56
Tableau 28 : Résultats de l'analyse de la variance du rendement réel.....	57
Tableau 29 : Le rendement potentiel.....	57
Tableau 30 : Résultat de l'analyse de la variance du rendement potentiel.	58

Introduction	1
Chapitre I : Généralités sur la pomme de terre	
1. Origine et historique de la pomme de terre	3
2. Importance économique de la pomme de terre	3
2. 1. Production de la pomme de terre dans le monde	3
2. 1. Production de la pomme de terre en Algérie	5
3. Classification et origine génétique de la pomme de terre	6
4. Particularité botanique de la pomme de terre	7
5. Valeur biologique et nutritive	7
6. Description de l'appareil caulino-foliaire	8
6. 1-Appareil aérien	8
6.2-Système souterrain	10
6.3- Structure externe du tubercule	11
6.4 Structure interne du tubercule	12
7. Cycle de développement de la pomme de terre	13
1. Germination du tubercule	13
2. Croissance végétative	14
3. Tubérisation	14
4. La dormance	14
8. Exigences de la culture de la pomme de terre	14
8. 1- Exigences climatiques	14
8. 2- Exigences pédologiques	15
8. 3-Exigence en éléments minéraux	16

8. 4-Exigences hydriques	16
--------------------------------	----

Chapitre II : Maladies et ravageurs de la pomme de terre

II.1. Le mildiou.....	18
1. Historique	18
2. Description et développement de la maladie	18
2.1. Description de Mildiou	18
2.2. Cycle de développement du Mildiou	19
3. Les symptômes	20
4. Etude de l'agent pathogène : <i>Phytophthora infestans</i>	23
4.1 Classification de <i>Phytophthora infestans</i>	23
4.2. Cycle biologique de <i>Phytophthora infestans</i>	24
3.2.1. Reproduction asexuée.....	25
1.2.2. Reproduction sexuée	25
5. Méthodes de luttés	26
5.1. Lutte prophylactique	26
5.2. Lutte chimique	27
5.2.1. Les fongicides de contact	27
5.2.2. Les fongicides pénétrants	27
5.2.3. Les fongicides systémiques	28
5.3. La lutte génétique	28
5.4. La lutte biologique	28
II. 2. La teigne chez la pomme de terre	29
1. Description de la teigne de pomme de terre	29

1.1. Œufs	29
1.2. La larve.....	29
1.3. La chrysalide	30
1.4. L'adulte	31
2. Cycle de vie de la teigne de la pomme de terre	31
2.1. Ponte.....	31
2.2. Développement larvaire	32
2.3. Chrysalide	32
2.4. Adulte	32
3. Les dégâts et les symptômes de la teigne de la pomme de terre	32
4. Les méthodes de lutte	33
4.1. Méthodes culturales	33
4.2. Méthodes biologiques	34
4.3. Méthodes chimique	34

Chapitre III : Matériels et méthodes

Objectif de l'essai.....	35
III.1. Conditions expérimentales	35
III. 1. 1. Situation géographique de la station expérimentale.....	35
III. 1. 2. Données climatiques de la région d'étude.....	36
III. 1. 2. 1. La pluviométrie	36
III. 1. 2. 2. La température.....	37
III. 1. 2. 3. L'humidité relative de l'air.....	37
III. 1. 2. 4. Précipitations et températures mensuelles.....	38

III. 2 .Matériel végétal.....	38
III. 3. Le sol.....	39
III. 4. Fertilisation du sol.....	39
III. 4 .1 .Grignon d'olive	40
III. 4. 1. 1. Composition physico-chimique du grignon d'olive.....	40
III. 4. 2. Fumure minérale.....	41
III. 5. Méthodes d'étude	42
III. 5. 1. Le dispositif expérimental	42
III. 5. 2. Itinéraires techniques de la culture	44
III. 5. 3. Entretien de la culture	44
III. 5. 3. 1. Le labour	44
III. 5. 3. 2. Plantation de pomme de terre	45
III. 5. 3. 3. Binage et buttage des plants	45
III. 5. 3. 4. Le désherbage.....	45
III. 5. 3. 5. L'irrigation	46
III. 6. Les paramètres mesurés	46
III. 6. 1. Paramètres de croissance.....	47
III. 6. 1. 1. Hauteur finale de la tige	47
III. 6. 1. 2. Nombre de tige par plant.....	47
III. 6. 2. Paramètres de production	47
III. 6. 2. 1. Nombre de tubercules par plant	47
III. 6. 2. 2. Poids moyen d'un tubercule.....	47
III. 6. 2. 3. Calibre de tubercules.....	47

III. 6. 2. 4. Rendement en Pomme de terre.....	47
IV. Résultats et discussion	48
IV. 1. Les paramètres de croissances	49
IV. 1. 1. Nombre moyen de tiges par plant	49
IV. 1. 2. Longueur moyenne des tiges	50
IV. 2. Les paramètres de production	52
IV. 2. 1. Poids moyen des tubercules (g)	52
IV. 2. 2. Nombre moyenne de tubercules	53
IV. 2. 3. Calibre moyen	54
IV. 2. 4. Le rendement réel (Qtx/ha)	56
IV. 2. 5. Le rendement potentiel (Qtx /ha)	57
Conclusion	59

Références bibliographiques

Résumé

INTRODUCTION

La pomme de terre est un légume très consommé de par le monde. Des milliers de personnes ont été sauvées de la famine par le passé. De plus, ce légume joue un rôle important dans l'économie mondiale. Originaire des hauts plateaux du Pérou (**Spooner et al., 2005**), il fut introduit en Europe par les Espagnols vers 1573 et en Algérie par la colonisation au siècle dernier (**Anonyme, 2007**)

La pomme de terre cultivée (*Solanum tuberosum. L*) est une plante herbacée vivace, très présente dans les habitudes culinaires de par le monde et se classe parmi les plantes à tubercules les plus nutritives avec une teneur énergétique élevée (**Roussel et al., 1996**). La pomme de terre est une source importante de revenus et l'une des denrées de base dans de nombreux pays, elle est cultivée dans plus de 125 pays et consommée quotidiennement par plus d'un milliard de personnes (**Lualadio et al., 2010**).

La culture de la pomme de terre offre de nombreuses facilités: d'un point de vue agronomique, sa culture est aisée, son potentiel de rendement est important (20 à 30 t/ha) et d'un point de vue nutritionnel, elle se classe parmi les plantes à tubercule les plus nutritives.

En Algérie, la consommation de la pomme de terre est de 60 kg par personne et par an, et elle constitue une culture de rente pour de nombreux agriculteurs (**Adolphe et al., 2020**).

L'Algérie est le deuxième pays producteur de pomme de terre dans le monde arabe après l'Égypte et le troisième producteur en Afrique. Cette place privilégiée est due essentiellement à son potentiel d'adaptation aux conditions pédoclimatiques et à la politique adoptée par l'État dans le cadre du Plan National de Développement Agricole (PNDR) (**Kessaci, 2006**).

Nombreux facteurs sont à la base d'une bonne production, notamment la fertilisation minérale ainsi que la gestion de l'irrigation. Pour une agriculture durable et une bonne conservation des sols, l'utilisation des sous-produits agricoles riches en éléments minéraux est recommandée pour limiter l'usage abusif et onéreux des engrais minéraux ainsi que la pollution des nappes phréatiques.

Notre travail se base sur l'utilisation du grignon d'olive, un sous-produit de l'agriculture aux vertus très importantes pour la santé des sols, la production des fruits et légumes et la protection de l'environnement.

L'objectif majeur de notre étude est de comparer deux types de fertilisation organique

et minérale sur le comportement des paramètres de production et de croissance de la pomme de terre.

L'étude est réalisée sur une variété de pomme de terre « Cimega » avec deux types de fertilisation, minérale (l'urée d'azote) et organique (grignon d'olive). Afin de répondre à notre problématique qu'est :

Quelle est la meilleure fertilisation qui conviendrait le plus à la culture de pomme de terre, et comment c'est possible de valoriser les sous-produits agricoles ?

Nous avons scindé notre travail en chapitres, dont les deux premiers chapitres, portent sur une synthèse bibliographique portant sur les généralités et les maladies de pomme de terre, le troisième chapitre expose le matériel et les méthodes utilisés ainsi que la discussion des résultats obtenus.

Enfin, nous clôturons cette présente étude par une conclusion générale et des perspectives de recherches pour les travaux futures.

Chapitre I

Généralités sur la pomme de terre

1. Origine et historique de la pomme de terre

Les anciens botanistes pensaient que l'origine de la pomme de terre *Solanum tuberosum* L. était une plante sauvage unique. Dès 1929 de nouvelles recherches ont montré que les espèces de pomme de terre cultivées actuellement sont issues de différentes plantes sauvages (**Rousselle et al., 1996**).

C'est au sud du Pérou que l'homme a cultivé la pomme de terre pour la première fois. La pomme de terre aurait fait son entrée sur le continent européen par l'Espagne et l'Angleterre, vers la seconde moitié du XVI siècle, les premiers tubercules arrivés en Europe appartenaient à la sous-espèce *Indigena*, (**Polese, 2006**). Son introduction en Europe s'est faite depuis l'Amérique du sud, peu après la conquête espagnole, ensuite elle s'est répandue à la suite des guerres et des famines, à travers toute l'Europe pour gagner enfin le reste du monde (**Ducreux et Rossignol, 1986**).

La pomme de terre cultivée aujourd'hui puise ses origines dans les variétés locales Andines et Chiliennes, elles sont développées par les cultivateurs précolombiens. Rapportée en Europe par les conquistadors espagnols (**Lutaldio, 2010**).

2. Importance économique de la pomme de terre

2.1. Production de la pomme de terre dans le monde

La culture de la pomme de terre est appréciée dans le monde entier, pour la principale raison qu'elle soit facile à cultiver et qu'elle peut être produite sous différentes conditions pédoclimatiques (**DeJong, 2016**). A l'état frais ou transformé, la pomme de terre contribue largement à l'alimentation humaine (**Pawelzik et Möller, 2015**), elle est même le fer de lance des politiques de sécurité alimentaire dans plusieurs pays en développement (**Kolech et al., 2015**).

La pomme de terre est reconnue comme aliment de base après les céréales. Elle représente une source d'énergie non négligeable grâce à l'amidon présent dans les tubercules. La pomme de terre a joué un rôle essentiel dans la réduction de la pauvreté et la sécurité alimentaire des nations (**FAOSTAT, 2007**).

A l'échelle mondiale, la pomme de terre est la principale denrée alimentaire non céréalière et la cinquième denrée agricole produite après la canne à sucre, le maïs, le riz et le blé (**FAOSTAT, 2014**). Elle est cultivée aujourd'hui dans plus de 150 pays et la Chine

occupe la première place des pays producteurs dans le monde (Tableau 2 et figure 2). L'Algérie est classée la 16^{ème} place avec une production estimée de 4 360 880 Tonnes en 2021(FAOSTAT, 2023).

Tableau 1: Production mondiale de la pomme de terre durant la période allant de 2018 à 2021

Pays	Superficie(Ha)	Production(T)	Rendement (Kg /Ha)
Chine	4813542	90 321 442	18764
Inde	2151000	48 529 000	22561,1
Ukraine	1319900	22 503 970	17049,8
Fédération de Russie	1313495	22 939 496	17049,9
Etats-Unis d'Amérique	414115	20 607 342	49762,4

Source : atlasBig 2018-2021

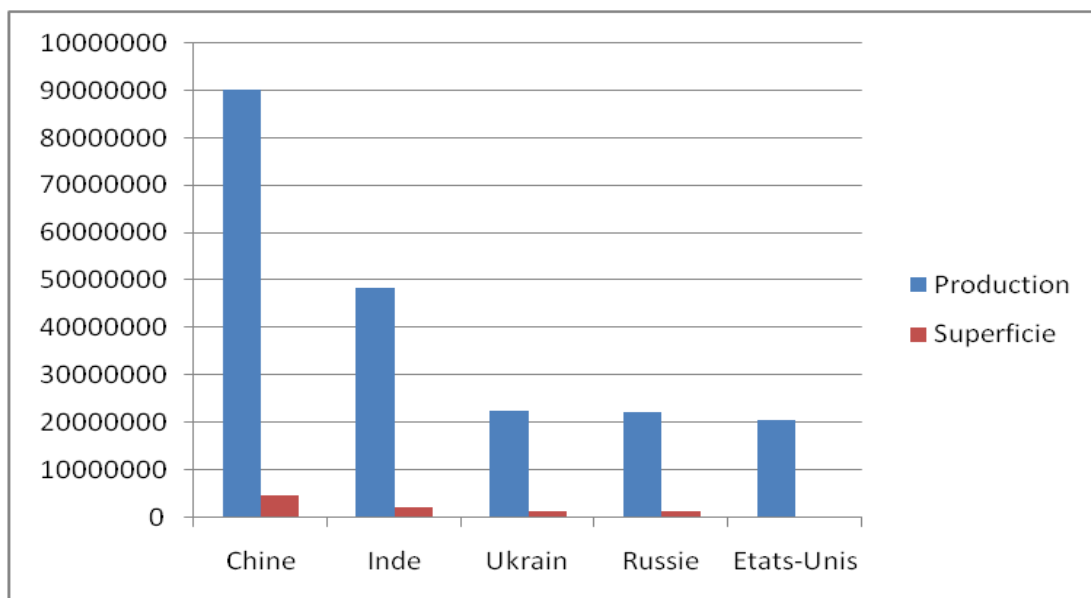


Figure1. Production mondiale de la pomme de terre (période de 2018 à 2021)

Durant les années allant de 2018 à 2021, la Chine a enregistré une production de 90 millions de tonnes de pomme de terre ce qui l'a rend premier pays producteur dans le monde, suivie par l'Inde en deuxième place avec une production 49 millions de tonnes, en troisième

position l'Ukraine et la Russie avec une production de 21 million, et en dernière position les Etats Unis avec une production de 20 millions de tonnes.

2. 1. Production de la pomme de terre en Algérie

En Algérie, la pomme de terre représente la principale culture maraîchère d'un point de vue superficie et production. La production de la pomme de terre a enregistré une diminution considérable durant ces dernières années (Tableau1). Elle est passée de 4653322,15 tonnes en 2018 à 4360880 tonnes en 2021 sur une superficie de 136855 ha (FAOSTAT, 2023).

Tableau 2 : Production de la pomme de terre en Algérie durant les années (2018-2021).

Année	Superficies(Ha)	Production(T)	Rendement (kg /ha)
2018	149665	4653322,15	310916
2019	157864	5020249	3180011
2020	149465	4659482	311744
2021	136855	4360880	318649

Source : FAOSTAT, 2023

Durant les années 2018, 2019 l'Algérie a enregistré une forte évolution de la production en pomme de terre et cela est dû à l'augmentation de la superficie. Par contre en 2020 à 2021 la production nationale a diminué en raison de la régression des superficies exploitées (figure1.)

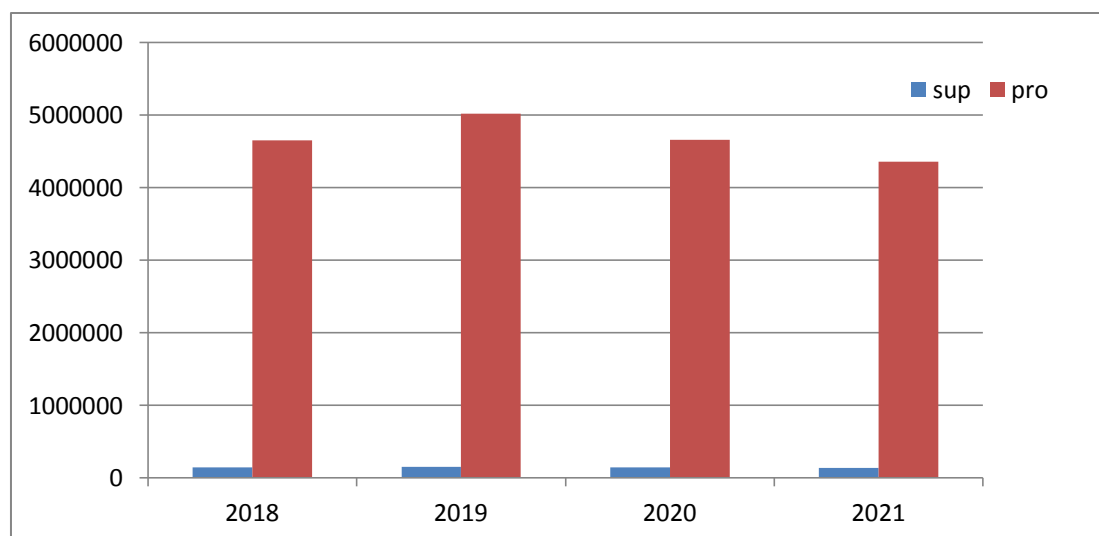


Figure 2. Production de la pomme de terre en Algérie de 2018 à 2021

3. Classification et origine génétique de la pomme de terre

La pomme de terre fait partie de la famille des Solanaceae. L'espèce *Solanum tuberosum* est cultivée pour la consommation humaine (Navarre et Pacek, 2014). C'est une espèce herbacée, vivace par ses tubercules mais cultivée en culture annuelle.

La position systématique de la pomme de terre selon (Boumlik, 1995), est la suivante :

Embranchement.....Angiospermes.

Classe.....Dicotylédone.

Sous-classe.....Gamopétales.

Ordre.....Polmoniales

Famille.....Solanacées

Genre.....*Solanum*

Espèce.....*Solanumtuberosum* L.

La pomme de terre (*Solanumtuberosum* L.) est une des cultures alimentaires les plus productives. Elle est amplement cultivée dans le monde, son amélioration génétique est basée sur une culture diverse de germoplasme (Huaman et al. 1997).

S. tuberosum est une espèce tétraploïde fortement hétérozygote, dont les variétés cultivées sont reproduites par multiplication végétative. Malgré tout, cette espèce a gardé une reproduction sexuée efficace et peut se croiser, moyennant quelques astuces techniques, avec la plupart de ses apparentés sauvages (**Solano Solis, 2011**).

Le niveau de ploïdie de ce genre (*Solanum*) peut aller de la diploïdie à l'hexaploïdie (nombre chromosomique de base $x = 12$). *Solanum tuberosum* est une espèce tétraploïde ($2n = 4x = 48$), tout comme la plupart des espèces tubéreuses cultivées. Par contre, les espèces sauvages sont souvent des diploïdes ($2x = 24$) (**Swiontek, 2003**).

4. Particularité botanique de la pomme de terre

- La toxicité

La pomme de terre, comme les autres espèces de la famille des Solanacées, contient des niveaux élevés d'éléments toxiques appelés glycoalcaloïdes des stéroïdes habituellement désignés par la solanine et la chaconine (**Verbist et Monnet, 1979**). La solanine varie de 10 à 15mg pour 100g de tubercules frais, elle est essentiellement concentrée sur la peau. Ainsi, les pommes de terre sont impropres à la consommation et deviennent toxique au seuil de 20 mg pour 100g de la partie comestible (**Polese, 2006**). Les pommes de terre doivent être conservées au frais et à l'abri de la lumière, car l'exposition à la lumière provoque leur verdissement, indicateur des niveaux accrus de chlorophylles, mais également de solanine et de chaconine. Les téguments réduisent en grande partie la teneur en solanine, tandis que celle-ci résiste à toute forme de cuisson (**Fao, 2008**).

5. Valeur biologique et nutritive

La pomme de terre possède une bonne valeur énergétique, qui est rapidement assimilée par l'organisme, pauvre en protéines et en lipides mais riche en glucides (**Rousselle et al., 1992**)

La pomme de terre apporte des principes nutritifs qui en font un produit presque indispensable à notre alimentation, il présente une valeur énergétique d'environ 90 kcal, et environ $\frac{3}{4}$ de son poids en eau, une quantité relativement élevée de glucides (19g), un faible taux de substances azotés, et très peu de lipides (0,2g), et 2g de fibres (**Rousselle et al., 1996**).

La figure 3, récapitule la composition moyenne de la pomme de terre en éléments nutritifs :



Figure 3. Valeurs nutritionnelles de pomme de terre (Ciqual, 2013).

6. Description de l'appareil caulino-foliaire

La pomme de terre est une plante annuelle herbacée, vivace par ses tubercules (Hawkes, 1990). On recense des milliers de variétés de pommes de terre avec des caractéristiques botaniques très diverses, d'où la nécessité de bien connaître les différentes parties de la plante (Figure4).

6. 1. Appareil aérien

La plante comporte à la fois des tiges aériennes herbacées, constituées d'une ou plusieurs tiges secondaires à ports plus ou moins dressés et portant des feuilles composées de couleur verte, provenant du développement des yeux du tubercule-mère, elles sont généralement au nombre de 2 à 10(Soltner, 1986).Le nombre de tiges est influencé par le calibre du tubercule, son âge physiologique, ainsi que les conditions de conservation et de la germination (Grison, 1983).

La morphologie du plant de pomme de terre est détaillée dans la (figure 4).

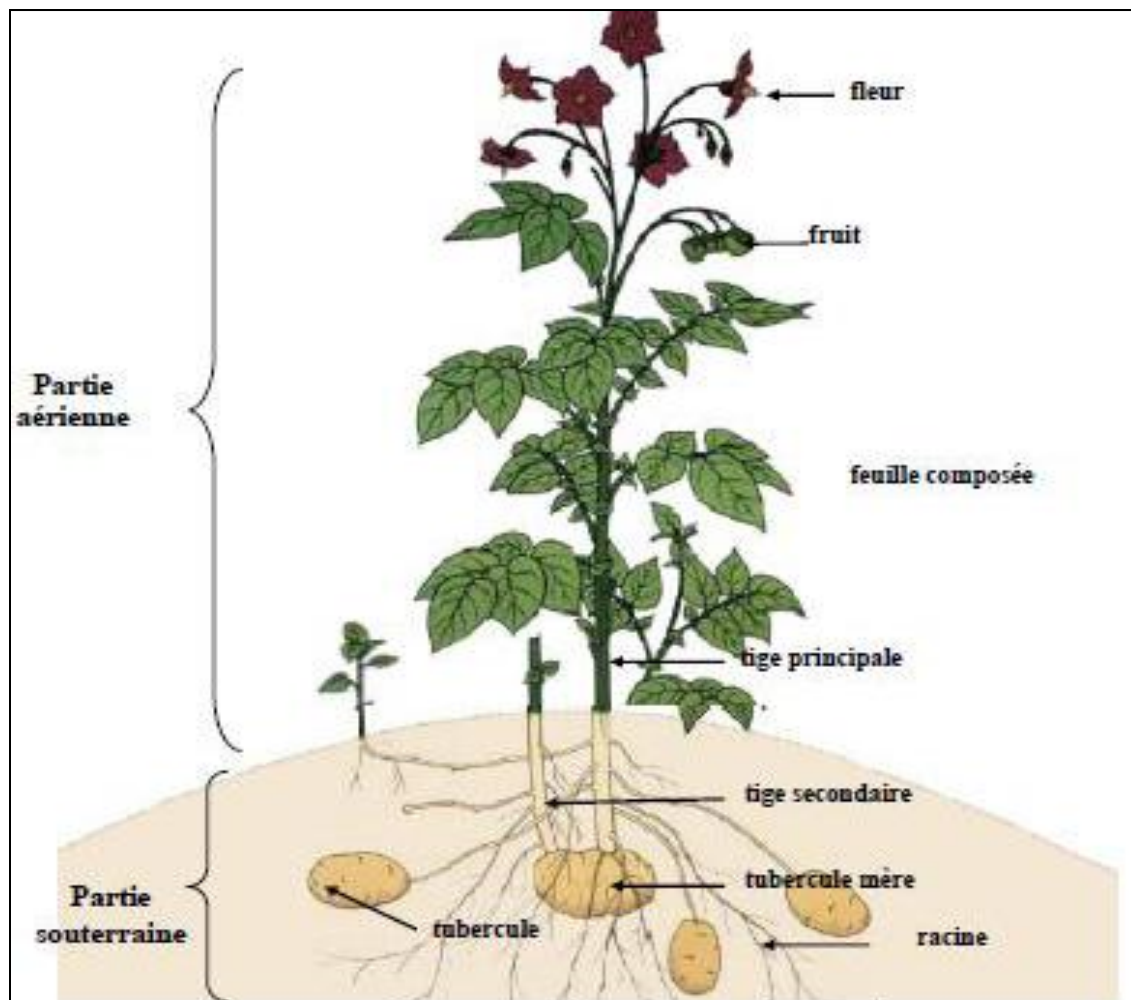


Figure 4. Morphologie de la pomme de terre (Soltner, 1986).

a)-Les feuilles

Les feuilles sont constituées de grandes folioles latérales primaires, insérées le long du rachis qui se termine par une foliole unique. Les folioles sont situées sur le sommet de la plante, en plus des folioles primaires, il peut y avoir, des folioles secondaires, des folioles intercalaires et en fin on trouve des foliolules s'insérant sur la base des folios les primaires. La nervation des feuilles est de type réticulé avec une plus grande densité de nervures vers le bord du limbe (Rousselle et al., 1996).

b)-Les fleurs

Les fleurs sont régulières, d'un diamètre de 3 à 4 cm et apparaissant à l'extrémité des tiges. Les fleurs sont composées par 5 sépales, 5 pétales, 5 étamines, elles peuvent être de plusieurs couleurs, blanche, rose ou violette (Grison, 1983). Les fleurs sont autogames, ne

contenant pas de nectar, elles ne sont donc peu visitées par les insectes et la fécondation croisée est presque inexistante dans la nature (**Rousselle et al, 1992**). Certaines fleurs sont souvent stériles. La production de fruits est généralement rare, voire nulle. Il existe des variétés fleurissant abondamment mais qui ne fructifient pas (**Soltner, 1988**).

c)-Les fruits

Le fruit est sous forme de baie contenant une quantité significative de solanine, un alcaloïde toxique caractéristique du genre. Le fruit de la pomme de terre est une baie sphérique ou ovoïde, de 1 à 3 centimètre de diamètre, de couleur verte ou brun violacé, jaunissant à maturité. Il contient généralement plusieurs dizaines de graines, petites, plates, réniformes, baignant dans une pulpe mucilagineuse provenant de la transformation de l'endocarpe du fruit (**Rousselle et Robert, 1996**).

6.2. Système souterrain

Le système souterrain représente la partie la plus intéressante de la plante puisqu'on y trouve les tubercules qui confèrent à la pomme de Terre sa valeur alimentaire. L'appareil souterrain comprend le tubercule mère desséché et des tiges souterraines ou stolons (**Rousselle et Robert, 1996**). Les racines prennent naissance sur différentes parties : au niveau des nœuds enterrés des tiges feuillées, au niveau des nœuds des stolons ou encore au niveau des yeux du tubercule (**Boufares, 2012**).

a)-Les racines

Le système racinaire de la pomme de terre est bien développé, la plupart des racines sont situées à une profondeur de **30 à 40 cm**. De nombreuses racines adventives, fasciculées émergent au niveau des nœuds enterrés des tiges feuillées, au niveau des nœuds des stolons et directement sur les tubercules au niveau des yeux (**Rousselle et al, 1996**).

b)-Les tiges souterraines

Nommées aussi rhizomes ou stolons, elles sont courtes, ramifiées, avec des extrémités renflées formant les tubercules au niveau de leur régions subapicales (**Soltner, 1986**). Les stolons sont diagéotropes mais ont parfois tendance à s'enfoncer dans le sol, en forme de crochet au sommet, avec des feuilles réduites à des écailles, réparties en spirale comme les feuilles des tiges aériennes (**Rousselle et al. 1996**).

c)-Les tubercules

Un tubercule possède deux extrémités, une extrémité apicale appelée « couronne » ainsi que le « talon » attaché au stolon. Les yeux sont régulièrement disposés, tout au long du tubercule et sont plus fréquents dans la région de la couronne (**Rousselle et al., 1996**).

➤ Structure et caractéristiques des tubercules

Les tubercules de pomme de terre sont des organes comestibles, formant les réserves des nutriments utilisés par la plante en croissance lors de la plantation. Cet organe possède les caractéristiques morphologiques et anatomiques d'une tige et se forme par hypertrophie de l'extrémité du stolon. Les tubercules comportent une forte proportion d'eau, pouvant aller jusqu'à 80%, ainsi que des matières amylacées (la féculé), du sucre, des matières albuminoïdes, des fibres cellulosiques, des éléments minéraux, des diastases et des vitamines. Selon leur morphologie, les tubercules sont classés en quatre types:

- Claviformes ressemblant à un rein.
- Oblongues (exemple la Bintje).
- Arrondis et souvent bosselés.
- Cylindriques et allongés (variétés anciennes, comme la Vitelotte).

Quatre critères principaux permettent de caractériser les tubercules : forme, couleur et texture de la peau, enfoncement des yeux ainsi que la couleur de la chair (**Rousselle et al., 1996**).

d)-Stolon

Des tiges souterraines portant éventuellement des tubercules fils dans leur région subapicale ainsi que des racines adventives (**Rousselle et al., 1996**).

6.3. Structure externe du tubercule

A l'extrémité apicale du tubercule, ou couronne, se trouve le bourgeon terminal (bg t ou apical) tandis qu'à l'opposé, du côté proximal (talon), se trouve le point d'attache du stolon (st), l'ombilic (**Figure 5A**). Les yeux (oe), disposés régulièrement sur le tubercule

suivant une phyllotaxie spiralée (**Figure 5B**), correspondent à l'emplacement des bourgeons axillaires. Des lenticelles (len) parcourent la surface du tubercule et jouent un rôle essentiel dans la respiration du tubercule (**Rousselle et al., 1996**).

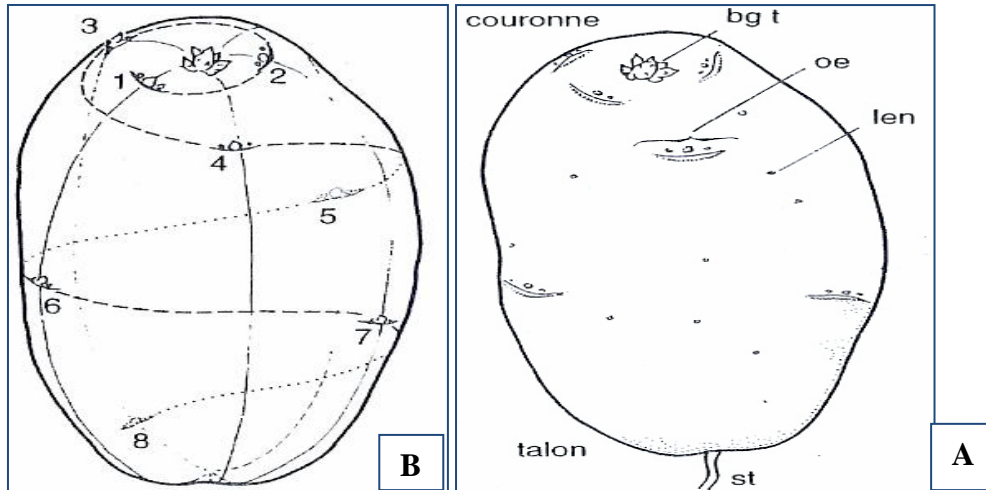


Figure 5. Structure externe du tubercule de pomme de terre (**Rousselle et al., 1996**).

A. Structure externe du tubercule de pomme de terre présentant le bourgeon terminal (bg t), les yeux (oe), les lenticelles (len) et le stolon (st).

B : Disposition des yeux à la surface du tubercule : les chiffres de 1 à 8 représentent les yeux.

6.4. Structure interne du tubercule

En coupe longitudinale d'un tubercule mature de pomme de terre (**Figure 6A**), on distingue de l'extérieur vers l'intérieur : le péricorde (pér), le cortex (cort) ou parenchyme cortical, l'anneau vasculaire (an.vasc) composé de phloème externe, de xylème et de parenchyme vasculaire. On peut également remarquer la zone pérимédullaire (z.péri) ou parenchyme pérимédullaire contenant le phloème interne et enfin, la moelle (m) ou parenchyme médullaire (**Figure 6B**) (**Rousselle et al., 1996**).

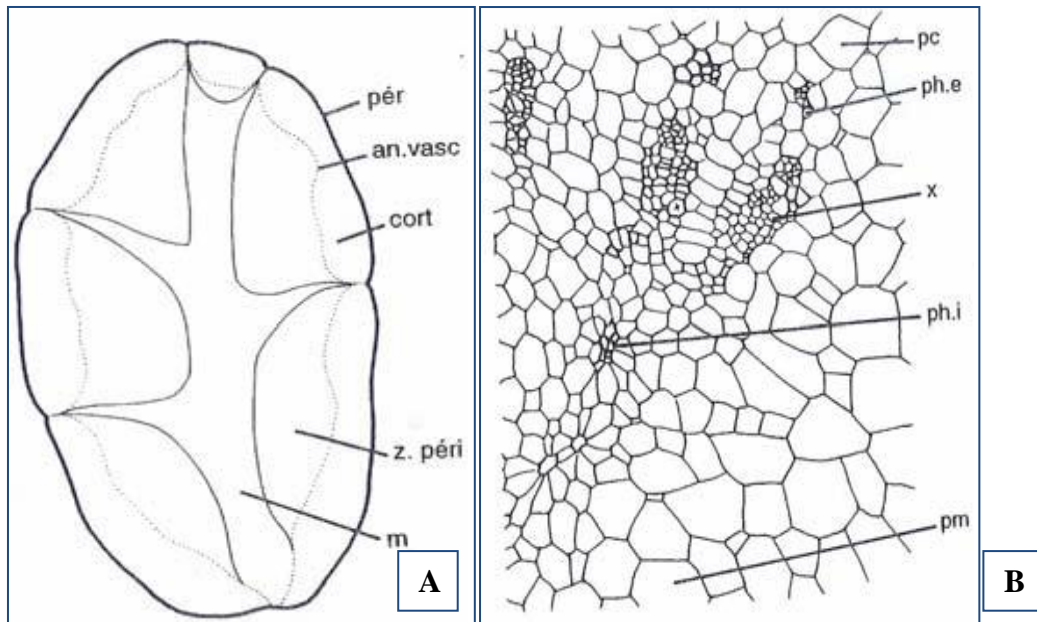


Figure 6. Structure interne du tubercule de pomme de terre (**Rousselle et al., 1996**).

A. Structure interne du tubercule de pomme de terre mature en coupe longitudinale : péricorone (pér), anneau vasculaire (an.vasc), cortex (cort), zone périmedullaire (z.péri), moelle (m).

B : Détail d'une coupe fine des tissus du tubercule de pomme de terre : parenchyme cortical (pc), phloème externe (ph.e), xylème (x), phloème interne (ph.i), parenchyme médullaire (pm).

7. Cycle de développement de la pomme de terre

La pomme de terre est une plante annuelle à multiplication végétative. Sa reproduction est assurée par le tubercule, qui donne naissance à des germes (**Vannetzel, 2011**). Le cycle de développement de la plante comporte quatre phases à savoir la germination, la croissance, la tubérisation et enfin le repos végétatif appelé aussi phase de dormance. Ce cycle est variable selon les variétés (**Reguieg, 2008**).

1. Germination du tubercule

La germination se traduit par la levée de la dormance. Le tubercule, après l'évolution physiologique interne, devient capable d'émettre à partir des yeux, des bourgeons qui constituent les futures tiges aériennes (**Rousselle et al., 1996**). L'incubation du germe est le temps qui s'écoulera entre le départ de la végétation et la formation des ébauches de tubercule

à la base du germe (Peron, 2006).

2. Croissance végétative

Les bourgeons axillaires aériens donnent des rameaux et les bourgeons souterrains donnent des stolons (Grison, 1991). Le sommet du stolon commence à renfler et forme un tubercule et le système aérien se développe suivant un schéma régulier (tige –feuilles– bourgeons-floraux), constituant un premier niveau de feuille, puis des tiges latérales apparaissent formant un deuxième niveau de feuilles (Vanloon, 1987).

3. Tubérisation

Quand les stolons arrêtent l'élongation la tubérisation commence, la tubérisation est l'accumulation des produits de la photosynthèse qui a lieu à une hyperplasie importante (Martin et al., 1982).

4. La dormance

Généralement à la récolte, les tubercules sont dormants. Le repos végétatif s'étend depuis la récolte jusqu'au développement des yeux, la longueur de cette période dépend de la variété, du degré de maturité à la récolte, et de la température au cours de la conservation (Moule, 1982).

8. Exigences de la culture de la pomme de terre

8. 1. Exigences climatiques

La pomme de terre est une plante rustique, qui se développe dans des régions variées et dans des milieux forts différents mais sa préférence est aux conditions écologiques aux climats tempérés humides ou elle réussit au mieux et assure les meilleures récoltes (Laumonier, 1979).

a. La température

La température optimale de croissance se situe entre 15.5° et 20°C. Le zéro de végétation de la pomme de terre est élevé à 18°C (Laumonier, 1979; Clement, 1989). Au-dessous de 10°C, la croissance est réduite et à 1°C la partie aérienne de la plante gèle. Au-delà de 29°C, la tubérisation est inhibée (Laumonier, 1979).

b. L'humidité

La pomme de terre est une culture de zones tempérées. Elle exige une humidité élevée et régulière. La plante a besoin de grandes quantités de pluies, parce que 95% de l'eau absorbée par les racines passent dans l'air par transpiration. Dans les meilleures conditions, la pomme de terre utilise 300 grammes d'eau pour former un gramme de matière sèche en période de forte tubérisation. Une quantité de 80 m³ d'eau par hectare nécessaire pour sa production (**Vanderzaag,1980 in Nedjar, 2000**).

c. La lumière

Une luminosité suffisante est nécessaire pour la formation de la fécule, la migration et l'accumulation de celle-ci dans les tubercules. Cette dernière sera favorisée par les écarts de températures suffisants entre le jour et la nuit (**Darpoux et Dubelley, 1967**).

8.2. Exigences pédologiques**a. Le sol**

La pomme de terre préfère des terres meubles aérées mais fraîches. Les terres semi légères silico-argileuses ou humifères et même les sols sableux lui conviennent parfaitement à condition que le climat soit assez humide (**Soltner, 1988**).

b. Le pH

Contrairement à d'autres cultures, la pomme de terre ne craint pas les sols acides. Elle préfère même les pH compris entre 5.5 et 6.5 légèrement acides (**Darpoux et Dubelley, 1967**). La nature du sol influe la qualité des tubercules et leur nombre.

c. La salinité

D'après **Haverkorte et Moussaoui (1994)** la pomme de terre est relativement sensible à la présence de sels dans le sol ou dans l'eau d'irrigation. La présence de 4 g de NaCl par litre d'eau peut engendrer une réduction de la production atteignant 50%. On peut réduire la salinité d'un sol en lessivant avant de cultiver la pomme de terre avec une eau d'irrigation ne contenant pas du sel (drainage).

8. 3. Exigence en éléments minéraux

La croissance de la pomme de terre dépend de l'apport en éléments nutritifs elle en est très exigeante, en Azote, Phosphore, Potasse, Magnésium, et Calcium. Elle est très sensible à l'apport raisonné en engrais, car sa végétation est très intense et généralement courte de 90 à 120 jours au maximum selon les variétés (**Darpoux, 1967**).

D'après **Herert et Crosnier (1975)**, les besoins en éléments nutritifs d'un point de vue organique et minéral, sont élevés et sensiblement proportionnels aux rendements, notamment pour le Potassium, le Phosphore et l'Azote. Chacun de ces éléments à une fonction spécifique dans la croissance de la plante. D'après **Darpoux (1967)**, les rendements pour une tonne de tubercules sont :

- ✓ 3,2 à 5 kg d'azote
- ✓ 1,6 à 2 kg d'acide phosphorique
- ✓ 6 à 10 kg de potasse
- ✓ 0,4 à 0,8 kg de magnésie
- ✓ 2,01 à 4,3 kg de chaux
- ✓ 0,3 de soufre

Dans un sol bien pourvu en potasse, la pomme de terre peut absorber des quantités considérables de potassium (**Darpoux, 1967**). Les exigences de la pomme de terre en éléments minéraux dépendent des facteurs suivants:

- Rendement en tubercules
- Type de culture
- Potentiel nutritif du sol
- Données pédoclimatiques.

8. 4. Exigences hydriques

Les exigences de la pomme de terre en eau sont très élevées. Dans les meilleures

conditions, et en période de forte tubérisation, 80 m³ d'eau par hectare et par jour sont nécessaires. La durée de végétation étant très courte (variétés hâtives), il faut veiller à fournir régulièrement une alimentation abondante en eau par une bonne préparation du sol favorable à une bonne réserve en eau (**Moule,1972**).

Chapitre II

Maladies et ravageurs de la pomme de terre

La production de la pomme de terre confrontée à de nombreux stress abiotiques et biotique, comme les attaques de divers pathogènes et ravageurs, notamment les champignons, les bactéries, les virus, les insectes, et les nématodes (**Mulder et Turkensteen, 2005**), et par des désordres physiologiques ou par des facteurs environnementaux.

En effet, les maladies phytopathogènes peuvent soit occasionner des pertes sévères de rendement, soit détériorer la qualité des productions (**Harmel et al., 2008**).

II.1. Le mildiou

1. Historique

Récemment, des recherches concernant l'histoire généalogique du mildiou ont montré que le mildiou actuel dériverait de populations des Andes, du Pérou et de l'Equateur (**Gómez Alpizar et al., 2007**). D'autres auteurs pensent que le centre d'origine de la maladie serait la vallée de la Toluca au Mexique (**Grünwald et Flier, 2005**), où la diversité des populations de *P. infestans* est maximale.

Rares sont les maladies des plantes qui, comme le mildiou de la pomme de terre, ont autant marqué l'histoire. *P. infestans* a été observé pour la première fois en Europe en 1832 près de Hanovre, mais c'est au mois de juin 1845 dans les Flandres belges que la maladie prend réellement un caractère épidémique. La maladie progresse alors de 100 à 200 km par mois si bien qu'elle atteint, à la mi-octobre, le sud de la France, l'Ecosse, l'Irlande, la Scandinavie et la Prusse.

Entre 1846 et 1851, les dégâts de ce bio agresseur sur les cultures irlandaises et la famine qui s'en est suivit ont provoqué la mort d'un million d'Irlandais et l'exode d'autre million d'individus vers le continent américain. Ainsi peu de maladies tels que le mildiou, ont été aussi marquantes et ont eu une influence profonde et durable sur le destin d'un peuple (**Andrivon, 1996**). En Afrique, la maladie a été détectée pour la première fois en 1941 (**Sediqui et al., 1997 in Beninal, 2010**).

2. Description et développement de la maladie

2.1. Description de Mildiou

Boulet (2015), a décrit que le mildiou de la pomme de terre est une maladie fongique très agressive, causé par *Phyophthora infestans* qui peut causer des pertes économiques

importantes. Dans des conditions météorologiques favorables, un champ de pomme de terre peut être défolié en quelques semaines et parfois même en l'espace de quelques jours. Le champignon peut survivre, entre deux saisons de végétation, sous forme de mycélium dans les tubercules ainsi dans des tissus vivants de la pomme de terre ou d'hôtes facultatifs de la famille des solanacées. Les tubercules infectés, utilisés comme semence ou jetés aux rebuts, et les repousses (volontaire) de pomme de terre infectées constituent les principales sources d'infection de la nouvelle saison.

Le mildiou est une maladie qui se transmet facilement d'une ferme à l'autre et sur de grandes distances. Elle doit être considérée comme une maladie « à portée collective » et il est primordial que des mesures de lutte préventives soient adoptées par tous (Boulet, 2015)

2.2. Cycle de développement du Mildiou

Le cycle du Mildiou est divisé en trois phases (Figure n°07) d'après (Abgrall, 2015) :

- **Phase de contamination** : c'est quand les sporanges ou les spores vont germer à la face supérieure de la feuille, la contamination peut également s'opérer au niveau des tiges, des bouquets terminaux et des tubercules.
- **Phase d'incubation** : Phase où la spore émet un filament mycélien qui se propage à l'intérieur de la feuille.
- **Phase de sporulation** : c'est la phase de formation de sporangiophores à la face inférieure de la feuille (formation d'un feutrage blanc) et de libération des sporanges et des spores.

1. **Inoculum primaire**: spores libérées au printemps qui vont contaminer les champs de pomme de terre, les repousses de pomme de terre dans les autres cultures et les jardins de particuliers.
2. **Mycelium**: partie végétative des champignons, formée de filaments ramifiés.

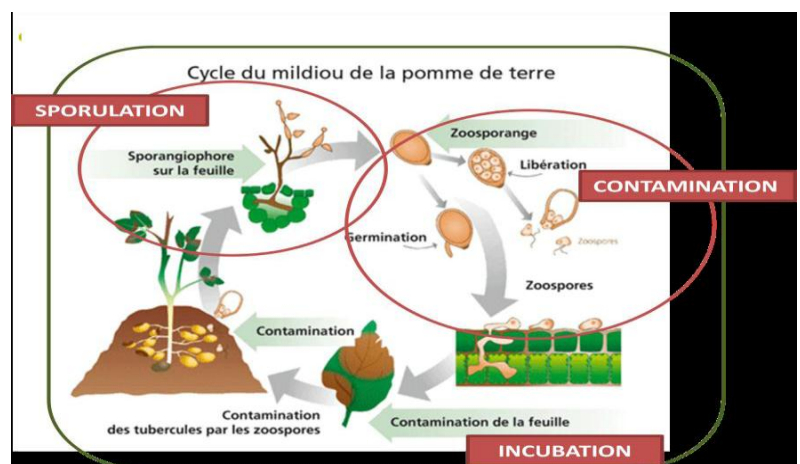


Figure 7. Cycle de développement du Mildiou de la pomme de terre (Abgrall, 2015)

3. **Sporange** : structure végétale qui contient des spores.
4. **Sporangiophore** : organe végétal qui porte les sporanges.
5. **Zoospores** : spores dotées de flagelles, mobiles dans l'eau.

❖ **Le développement de la maladie se fait en deux étapes :**

➤ **De la conservation hivernale à la formation de l'inoculum primaire (1) au printemps :**

En hiver, la survie se fait sous forme de mycélium (2) dans les tubercules (déchets, écarts de triage, tubercules non récoltés et laissés au champ). Au printemps, le mycélium donne des sporanges (3) qui sont disséminés par le vent et la pluie jusqu'à 1km de distance des foyers primaires. En fonction des conditions de température, la contamination de la végétation (feuilles, tiges et bouquets) peut se faire soit directement via les sporanges soit indirectement par les spores libérées par les sporanges (**Abgrall, 2015**).

➤ **Le développement au champ :**

En conditions favorables, les spores vont contaminer les plantes pour former des foyers localisés qui en quelques semaines peuvent toucher l'ensemble d'une parcelle de pomme de terre. A chaque cycle, qui dure de 5 à 7 jours, le facteur de multiplication du nombre de spores est de l'ordre de 100 ce qui contribue au développement épidémique de la maladie. Le principe de base de la lutte contre le mildiou consiste à protéger les parcelles avant toute contamination (**Abgrall, 2015**).

3. Les symptômes

Les symptômes s'étendent rapidement à la feuille entière, envahissent les tiges et entraînent la mort du plant, ces symptômes se développent trois à cinq jours après l'infection. En cas d'attaque grave, les champs infestés dégagent une mauvaise odeur caractéristique perceptible à de grandes distances (**Blancard, 2012**).

❖ **Sur la feuille**

Les premiers symptômes de la maladie au champ sont habituellement visibles sur les feuilles. Ces symptômes sont des taches variant du vert pâle au vert foncé qui se transforment plus tard en lésions irrégulières et nécrotiques brunes ou noires qui se répandent rapidement

en condition de forte humidité et de basse température (figure 8). La sporulation ressemblant à un duvet blanchâtre entourant les lésions, qui peut être visible sur la face inférieure des feuilles. (Centre international de la pomme de terre CIP, 1987).



Figure 8. Taches nécrotiques dues au mildiou de la pomme terre

❖ **Sur la tige**

Les lésions peuvent se développer en surface ou à l'intérieure des pétioles et des tiges à partir des feuilles, les lésions se répandent longitudinalement sur la tige, et les tiges infectées sont affaiblies et ultérieurement elles peuvent se casser et entraîner l'affaissement de plantes entières (figure 9) (centre international de la pomme de terre CIP, 1987).



Figure 9. Tiges d'une plante de pomme de terre infectée par le mildiou.

❖ Sur le tubercule

Les tubercules infectés présentent une décoloration superficielle, sombre et irrégulière. Les lésions nécrotiques sèches et brunisse répandent de la peau vers le tissu interne du tubercule. En raison de la présence du pathogène secondaire, la pourriture sèche caractéristique de *P. infestans* peut devenir une pourriture molle (figure 10) (centre international de la pomme de terre CIP, 1987).



Figure10. Pourriture molle sur tubercules de pomme de terre infectés par le mildiou

4. Etude de l'agent pathogène : *Phytophthora infestans*

Phytophthora infestans est le plus commun des agents pathogènes causal de la maladie du mildiou de pomme de terre, c'est un pathogène oomycète particulièrement destructeur de cette culture en infectant et tuant les feuilles, les tiges et les tubercules (Talbot, 2004).

P. infestans possède un mycélium coenocytique hyalin et un développement endogène (Chamont, 2010). Le caractère morphologique principal de ce pathogène est la présence de gonflement au niveau des sites de ramification en particulier aux points de la formation des sporocystes (Thurston et Schultz, 1981).

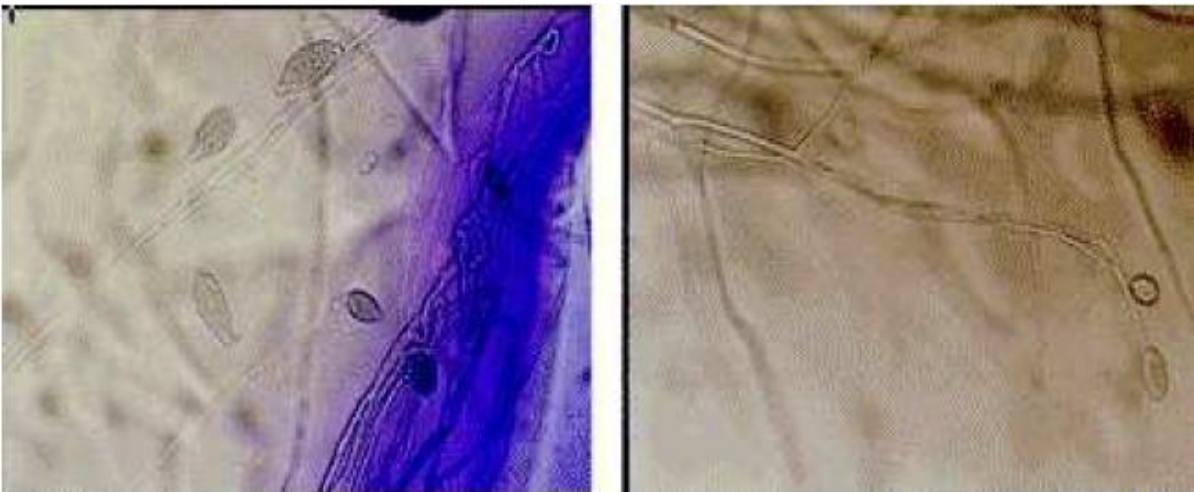


Figure 11. Sporangies et Sporangiophores de *P. infestans* (Grossissement X80).

4.1 Classification de *Phytophthora infestans*

P. infestans se comporte dans la nature comme un biotrophe obligatoire, sans capacité de survie saprophyte, mais il peut néanmoins être isolé et cultivé en milieu de culture artificiel (Andrivon, 1995).

Selon Agrios (2005), la classification de *P. infestans* (Mont.) de Bary s'établit comme suit :

Tableau 3. Classification taxonomique de *Phytophthora infestans*

Classification	Nom
Règne :	Stramenopila ou Chromista
Phylum :	Oomycota
Classe :	Oomycete
Ordre :	Peronosporales
Famille :	Pythiacées
Genre :	<i>Phytophthora de Bary</i>
Espèce :	<i>Phytophthora infestans (Mont.) de Bary</i>

(Source: Agrios, 2005)

4.2. Cycle biologique de *Phytophthora infestans*

Le cycle biologique de *P. infestans* comprend un cycle sexué et un cycle asexué. Ce dernier est la force motrice assurant les épidémies polycycliques rapides, qui peuvent être observées dans les cultures de pomme de terre pendant la saison de croissance (Kessel et Förch, 2006); la forme sexuée assure la conservation.

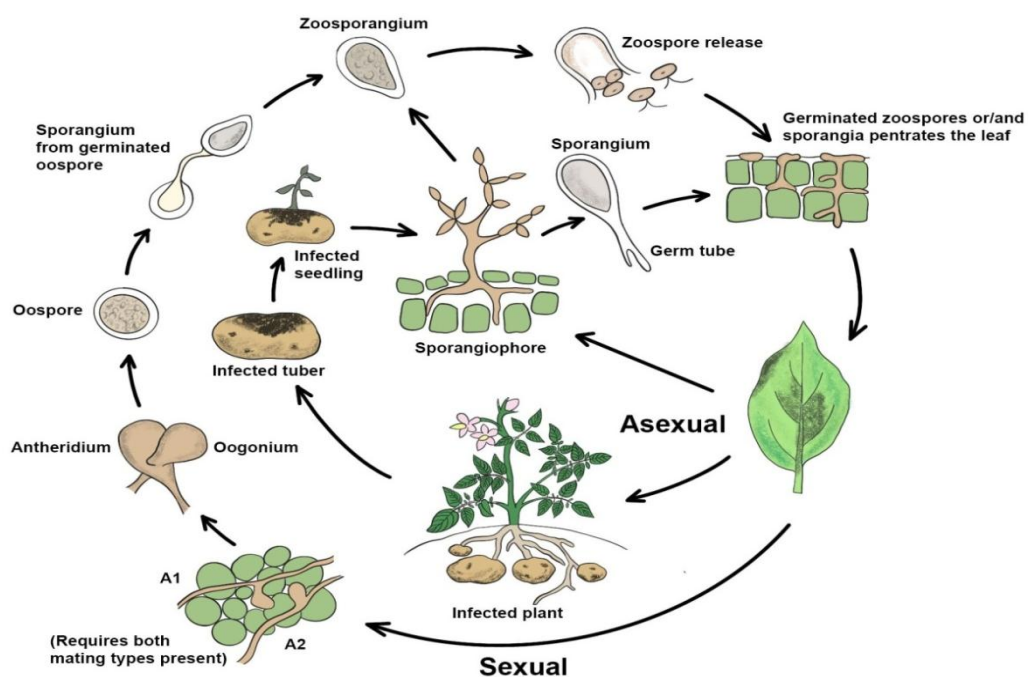


Figure 12. Cycle biologique de *phytophthora infestans* (Agrios, 2005)

4.2.1. Reproduction asexuée

P. infestans se caractérise par un cycle majoritairement aérien. Le mycélium se développe dans les tissus de l'hôte (organes aériens et tubercules) et produit, à leur surface, des sporangiophores sur lesquels se forment des sporanges. Ces sporanges, typiques de la reproduction asexuée, peuvent se disperser par voie aérienne ou par l'eau et atteindre ainsi le feuillage de plantes voisines (**Medina et Platt, 1999**). Il faut un taux d'humidité relative supérieur à 90% et une température comprise entre 3 et 26°C (optimum à 21 °C) pour que la sporulation ait lieu (**Crosier, 1934; Harrison, 1992**).

La durée de vie des sporanges en dehors du tissu hôte est relativement courte (quelques heures à quelques jours), sur des tissus hôtes sensibles, ils peuvent germer directement (température optimale de 24°C) et on parle de germination directe, tandis qu'autour de 12°C, ils forment environ 10 à 12 zoospores biflagellées qui se déplacent en nageant dans l'eau libre avant de s'enkyster, puis de former un tube germinatif (germination indirecte). Le tube germinatif (germination directe et indirecte) pénètre directement dans la plante hôte par les stomates ou il forme d'abord un appressorium, qui facilite la pénétration de l'hyphe dans les tissus. À l'intérieur de la plante, le mycélium se développe dans les espaces intercellulaires et dans les cellules. Il forme des haustorium qui pénètrent dans les cellules ; la température optimale pour la pénétration est de 21°C. Ces filaments mycéliens forment à leur tour des sporangiophores qui donnent naissance à de nouveaux sporanges en tant qu'inoculum secondaire, à l'extérieur des tissus. Cette phase correspond à la sporulation et a lieu sur feuilles, uniquement à leur face inférieure, sur tiges ou sur tubercules. En fin de culture ou en cas de pluies, les sporanges peuvent tomber directement sur le sol en absence de surface foliaire disponible et sont entraînés par ruissellement d'eau jusqu'aux tubercules, assurant ainsi l'infection de ces derniers. Le parasite pénètre dans les tubercules par les lenticelles ou par des blessures, forme un mycélium et constitue une forme de conservation de l'agent pathogène pendant l'hiver et redémarre l'année suivante : soit par les repousses, avec des tubercules infectés laissés dans le sol pendant tout l'hiver ou dans les tas de déchets, les écarts de triage, soit par des tubercules infectés, sans symptômes visibles, plantés l'année suivante (**Fanambinana, 2012**).

4.2.2. Reproduction sexuée

La reproduction sexuée est le moyen le plus efficace pour induire une importante diversité génotypique, qui permettra au pathogène de s'adapter et faire face aux contraintes du milieu extérieur (**Fryetal., 1992**).

Phytophthora infestans est une espèce hétérothallique. Lorsque des mycéliums de types sexuels différents se rencontrent, ils forment des oogones et des anthéridies, donnant naissance à des spores sexuées, les oospores. Ces oospores sont sphériques et ont une paroi épaisse. Leur durée de vie en dehors du tissu hôte est relativement longue (quelques semaines à plusieurs années). Lorsqu'elles germent, les oospores forment un tube germinatif à l'extrémité duquel apparaît un sporange, qui germe à son tour soit directement, soit après avoir formé des zoospores (Sebti et Boudefa, 2020).



Figure 13. Oospore de *Phytophthora infestans* colorée au bleu Coton et observée au microscope au grossissement 1000 (Photographie INRA–R. Corbière).

5. Méthodes de luttés

La lutte contre le mildiou de la pomme de terre doit être obligatoirement préventive. La priorité de la stratégie est d'empêcher autant que possible l'implantation du pathogène dans la parcelle (Rousselle et al., 1996).

5.1. Lutte prophylactique

La lutte prophylactique face au mildiou consiste à limiter autant que possible les sources d'inoculum primaire via les rotations culturales et l'élimination des tas de déchets, issus de la récolte précédente, qui sont parfois laissés aux abords des parcelles (Andrison 1995).

Ces derniers peuvent en effet constituer la source principale d'inoculum primaire des épidémies dans les régions au climat tempéré (Cooke et al. 2011 ; Rakotonindrina et al., 2011). Par ailleurs, la destruction des fanes avant la récolte par des traitements thermiques, mécaniques ou chimiques permet de diminuer les risques de contamination des tubercules au moment de la récolte (Jensen, 1987).

5.2. Lutte chimique

La lutte chimique, avec l'utilisation de fongicides de contact, pénétrants ou systémiques, reste actuellement la principale mesure de lutte contre le mildiou de la pomme de terre (**Gaucher et al.,1998**) et de nombreux traitements fongicides sont appliqués tout au long du cycle cultural.

La lutte contre le mildiou de la pomme de terre reste basée sur l'utilisation par alternance de produits chimiques de contact et systémiques, en tenant compte des conditions climatiques (**Gisi et Cohen,1996**).

D'après **Boulet (2015)**, il existe trois types de fongicides :

5.2.1. Les fongicides de contact

Ces fongicides agissent essentiellement par contact. Ils ne sont pas absorbés par le feuillage, ils demeurent à la surface de la feuille et forment une barrière protectrice. Ils constituent la première ligne de défense contre le mildiou. Toutefois, ils ne protègent pas le nouveau feuillage qui se développe après leur application, dans ce cas des pulvérisations successives est nécessaires pour couvrir le nouveau feuillage en croissance. Parmi les fongicides de contact on a : Mancozèbe et le Chlorothalonil.

5.2.2. Les fongicides pénétrants

Ces produits ont des modes d'action différents et complémentaire aux fongicides de contact. Par définition, ils sont absorbés par le feuillage. Ils sont moins enclins au lessivage. Ils ont parfois une certaine activité post infection, mais le produit doit être présent avant l'apparition des symptômes. Ils sont aussi plus coûteux et sujets au développement de la résistance. On distingue deux sous-groupes de fongicides pénétrants en fonction de leur distribution dans la plante :

- **Les fongicides translaminaires** : pénétrant sous la cuticule, au point de contact du produit. Ils ne voyagent pas dans la plante, mais ils sont transportés dans les tissus adjacents.
- **Les fongicides pénétrants diffusants ascendants** : voyagent dans la plante, mais uniquement vers le haut avec la sève montante. Parmi les fongicides qui ont la capacité de protéger les tissus en croissance entre deux traitement,

l'oxathiapiproline /mandipropamide) et le diméthomorphe.

5.2.3. Les fongicides systémiques

Ces fongicides traversent la sève montante et descendante de la plante. Les fongicides de type acide phosphoreux phostrolexta et winfield phosphite extra sont des outils très intéressants pour la répression du mildiou et de la pourriture rose. Ces fongicides agissent de deux façons, soit en arrêtant la croissance et la reproduction du champignon, mais aussi en stimulant le système naturel de défense de la plante.

L'application de ces produit doit se faire principalement en prévention (avant l'apparition de la maladie) et en mélange avec un fongicide de contact tel que le Mancozèbe ou le Chlorothalonil. Selon les résultats de différentes études, trois applications par saison sont requises afin d'apporter un bon contrôle de la maladie.

5.3. La lutte génétique

Messgo (2015), affirme que la meilleure alternative à l'utilisation des fongicides est la lutte génétique. De nombreux programmes reposant sur l'introduction de gènes de résistance ont été engagés, pour la sélection de variétés de bonne valeurs agronomiques et une bonne résistance au mildiou. Ces programmes se sont longtemps basés sur l'introduction de résistance spécifique, à caractère monogénique. Actuellement, onze de ces gènes ont été identifiés et introduits chez *Solanumtuberosum* à partir de *S.demissum*.

Des gènes similaires ont également été identifiés chez d'autres espèces apparentées à *S.tuberosum*, telles que *S.bulbocastanum*, *S.berthaultii* ou *S.phureja*. Cependant, ces gènes sont très rapidement contournés par les populations parasites et ne peuvent pas constituer à eux seuls une méthode de lutte durable. Les sélectionneurs s'orientent vers la recherche de résistances polygéniques (**Montarry, 2007**).

5.4. La lutte biologique

Au cours des deux dernières décennies, de nombreux travaux ont été menés dans le but de rechercher des méthodes de protection du rendement plus respectueuses de la santé humaine et de l'environnement (**Ngamo et Hance, 2007**).

La lutte biologique se définit par l'utilisation de micro-organisme vivants, ou de leurs produits pour empêcher ou réduire les pertes et les dommages causés par l'agent pathogène.

Elle consiste à agir sur les régulations des populations de ces organismes nuisibles pour réduire leurs dégâts à un seuil économiquement acceptable, en établissant, au sein de l'agro écosystème, un équilibre biologique stabilisé (Supudman, 1991).

Les micro-organismes pathogènes ne peuvent pas être neutralisés des mécanismes très variés qui aboutissent à leur destruction, ou modification. On appelle ce micro-organisme les antagonistes (Davet, 1996). Plusieurs antagonistes peuvent être dans la lutte biologique nous citerons l'exemple des bactéries parmi elle le genre *Pseudomonas*, et l'exemple des champignons ayant le genre *Trichoderma*. Ces derniers étant les plus préconisés dans la lutte contre le Phytophthora (Davet, 1983).

II. 2. La teigne chez la pomme de terre

1. Description de la teigne de pomme de terre

La teigne de la pomme de terre *Phthorimaea operculella* Zeller (1873) est une maladie causée par l'un des insectes ravageurs les plus important sur cette culture, dans plusieurs régions tropicales et subtropicales dans le monde (Espinel-coreal, 2010).

Les lépidoptères se distinguent des autres insectes par la présence d'écailles colorées sur leurs ailes, d'où leur nom qui signifie « à ailes écailleuses » en grec (Albouy, 2007).

➤ La teigne de pomme de terre se développe en plusieurs stades :

1.1. Œufs

Les œufs sont très légèrement ovoïdes mesurant environ 0,45mm de diamètre (EspinelCoreal, 2010).

1.2. La larve

La larve mesurant 1mm de long juste après l'éclosion, se caractérise par une tête très développée par rapport au reste du corps, pratiquement incolore ou à peine teintée de rose pâle. Elle a la capsule céphalique et le prothorax fortement noirâtre ou brun (Figure 14). A l'accomplissement de son développement la chenille atteint une longueur variante entre 12 à 15 mm. Son corps devient grisâtre ou légèrement rosé. La tête, le prothorax, le tergite, le segment anal et les pattes thoraciques sont noirs (Alvarez et al., 2007).



Figure 14. Larve de la teigne de pomme de terre sur la face supérieure de la feuille GX40 (Originale, 2016).

1.3. La chrysalide

Les larves quittent leurs supports alimentaires confectionnent avec leurs glandes séricigènes, une pellicule sur des feuilles sèches ou sur des particules du sol, du champ et sur le tubercule et les lieux de stockage (Alvarez *et al.*, 2007).

D'après **Cohic (1952)** cette pellicule est un cocon .de soie blanchâtre entremêlée de débris divers, ce qui le rend inapparent. De forme allongée, 13 environ, il pst solidement fixé au support. A l'intérieur la chenille reste quelques temps inactive en un état de semi-torpeur, elle se contracte et se transforme en une chrysalide d'environ 10 mm de longueur ; d'abord de couleur vert clair puis devient plus foncée et acquiert définitivement une couleur brun rouge (figure15).



Figure 15.Chrysalide de la teigne de pomme de terre GX40 (Originale, 2016)

1.4. L'adulte

L'adulte est un petit papillon gris, d'environ 11 à 13 mm d'envergure et de 6 à 7 mm de large. Les ailes sont étroites et d'une teinte générale gris sombre, parfois légèrement jaunâtre, plus ou moins maculées de fines tâches noirâtres (Cohic, 1952)(figure16). Les deux paires d'ailes ont un bord frangé. Au repos elles sont tenues près de corps donnant à la teigne une apparence mince (Arshdeep et al., 2014).



Figure 16.Adultes de la teigne de la pomme de terre(GX20) (Originale, 2019)

2. Cycle de vie de la teigne de la pomme de terre

Le cycle de vie complet peut durer entre 22 à 55 jours, donc il peut y avoir 2 à 12 générations par an (Espinel-Correal, 2010). Le cycle de développement de *Phthorimaea operculella* comporte 4 phase, la durée de chaque phase dépend des facteurs de l'environnement (température, humidité)

2.1. Ponte

La ponte débute 10 à 48h après l'accouplement selon la température (Balachowsky, 1966). Elle se produit pendant 2 à 5 jours et diminue considérablement au bout de 7 jours (Raj, 1991).

D'après **Arshdeep (et al.,2014)**, lorsque le feuillage est non disponible, la femelle peut ramper à une courte distance à travers les fissures dans le sol lâche pour trouver un tubercule qu'elle utilisera comme un site de ponte.

2.2. Développement larvaire

L'état larvaire comporte 4 stades, la larve de stade 1 ou L1 récemment émergée mesure environ 1,3mm pour atteindre 10 à 12mm en stade L4 de son développement (**Espinel-Correal, 2010**).

D'après **Balachowsky (1966)**, dès l'éclosion cette dernière va à la recherche de sa nourriture, et dès qu'elle atteint un endroit favorable de pénétration dans une plante, la chenille commence par tisser un léger fourreau protecteur. Ensuite elle traverse l'épiderme végétal pour pénétrer plus avant dans les tissus succulent de la plante.

2.3. Chrysalide

Les larves passent toute leur vie dans une seule galerie. Une fois le 4ème stade arrêté, les larves tombent de la mine et errent à la surface du sol ou dans la litière de feuilles jusqu'à la nymphose. Avant la nymphose, les larves secrètent un étui pupal en soie (**Rivera, 2011**).

Cette phase s'effectue dans un cocon soyeux que tissent les larves et qu'elles fixent soit sur les tubercules de pomme de terre, soit dans les interstices des murs et pavés (**Tropiculture,2013**)

2.4. Adulte

Selon **Arshdeep et al. (2014)**, après la phase nymphale l'adulte se libère de son cocon, il se nourrit de nectar et de rosée, il vole peu, d'un vol saccadé (en zigzag). L'accouplement début 24h après sa sortie, et sa durée de vie est d'une à deux semaines.

3. Les dégâts et les symptômes de la teigne de la pomme de terre

Les larves nouvellement écloses creusent des mines sur les feuillages, en s'alimentant sur les tissus foliaires, toutes en laissant l'épiderme supérieur et inférieur de la feuille intact. Mais elles s'attaquent aussi aux tiges en cours de croissance et à la tige principale qui amène fréquemment au dessèchement des pousses terminales (**Cohic, 1952; Rajagopal et Trivedi,**

1992). Au champ ce ravageur peut provoquer une sérieuse baisse de rendement, et au magasin toute la production peut être perdue (Tropiculture, 2013).

Les dégâts sur les tubercules selon Alvarez et al., (2005) sont plus à craindre surtout quand le niveau de population est élevé. La teigne infeste les tubercules en déposant leurs œufs près des yeux, les larves de *P.operculella* forent des galeries et des tunnels irréguliers en profondeur ou juste sous la peau du tubercule (Allahoum, 2020).

Les infestations graves entraînent des pertes sur le rendement et la qualité, ainsi que pendant le stockage, où les tubercules précédemment infestés sont stockées avec des tubercules sains. Ce qui aboutit à la destruction totale de la récolte de pommes de terre entreposées (figure 17) (Malakar et Tingey, 2006 ; Rondon, 2010).



Figure 17. Tubercules ravagés par la teigne (Originale, 2023).

4. Les méthodes de lutte

Parmi les différentes méthodes de lutte contre la teigne de la pomme de terre nous avons :

4.1. Méthodes culturales

Le contrôle des cultures est essentiel dans la gestion de *P.operculella* car une infestation est initiée sur le terrain et elle est finalement acheminée vers les magasins (Allahoum, 2020).

Selon Von Arx (1987), certaines pratiques culturales contribuent d'une façon déterminante à la limitation des dégâts commis par la teigne de la pomme de terre. Les différentes investigations ont montré l'importance des dates de plantation pour éviter les périodes favorables au développement de la teigne. Plusieurs pratiques culturales sont utilisées

pour lutter contre ce ravageurs parmi ces pratique nous avons : le buttage, l'irrigation et la date de récolte.

4.2. Méthodes biologiques

La lutte biologique se définit comme l'utilisation d'organismes vivants ou de leurs produits, pour empêcher ou réduire les pertes ou dommages causés par des organismes nuisibles aux productions végétales (**Anonyme, 1992**). Face au grave problème des pesticides, les scientifiques ont commencé à rechercher des alternatives plus sûres telles que l'utilisation de *Bacillus thuringiensis* pour remplacer les produits chimiques toxiques (**Feitelson et al., 1992**).

Des tentatives de lutte biologique ont montré l'existence de plusieurs ennemis naturels de la teigne de pomme de terre. Parmi eux : plusieurs parasitoïdes appartenant à quatre familles, braconidae, ichneumonidae, encyrtidae, et trichogrammatidae (**Espinel Correal, 2010**).

4.3. Méthodes chimique

Parmi les substances actives homologuées pour la lutte contre *P. operculella*, la deltaméthrine et la chlorpyrifoséthyle + cyperméthrine peuvent être appliquées avec succès lors des attaques de ce ravageur et permettent un contrôle mutuel d'autres parasites. L'acétamipride et l'imidaclopride peuvent être également utilisés ensemble pour lutter contre des attaques de la teigne de la pomme de terre aux stades initiaux (**Vaneva-Gancheva et Dimitrov, 2013**).

D'après (**Rousselle et al.,1966**), ces traitements se font par pulvérisation du feuillage tous les 10 à 15 jours, traitement du sol entier ou localisé sur la plante, ou encore pulvérisation ou fumigation d'insecticides sur les tubercules en conservations.

Chapitre III

Matériels et méthodes

Objectif de l'essai

L'étude menée en plein champ a porté sur l'influence de la fertilisation organique (grignon d'olive) et minérale (l'urée) sur la production et le rendement chez une variété de pomme de terre importée « Cimega » dont les caractéristiques sont présentées dans le (Tableau 4).

Tableau 4.Caractéristique de la variété étudiée « Cimega ».

Caractéristiques	Variété « Cimega »
- Origine	- Pays-Bas
- Maturité	- Mi précoce
- Rendement	- Très haut
- Feuillage	- Couverture complète avec de grandes feuilles
- Forme du tubercule	- Ovale
- Couleur de peau	- Jaune
- Couleur de chair	- Jaune claire
- Les maladies et ravageurs	- peu sensible

(Source: CIMEGA, DANESPO)

III.1. Conditions expérimentales

Notre essai est réalisé à la station expérimentale de l'ITMA de Boukhalfa, durant la période allant du mois de Novembre 2022 jusqu'au mois de Mars 2023.

II.1.1.Situation géographique de la station expérimentale

L'essai est réalisé à l'ITMAS (Institut Technique Moyen Agricole Spécialisé en Agriculture de Montagne) de Tizi-Ouzou situé dans la localité de Boukhalfa en zone de montagne (200-300 m d'altitude) à cinq Kilomètres au Nord-Ouest de la ville de Tizi-Ouzou. La station est implantée sur une superficie de 30 hectares. Elle est limitée :

- **Au Nord** : par la route menant vers Tizirt.

- **Au Sud** : par l'exploitation agricole SBAIHI.
- **A l'Est** : par la route reliant Boukhalfa à la ville de Tizi-Ouzou.
- **A l'Ouest** : par la route reliant Boukhalfa à Draa Ben Khedda.



Figure 18. Carte satellite géographique de l'ITMAS de Boukhalfa.

III.1.2. Données climatiques de la région d'étude

L'influence du climat est importante sur la production de la pomme de terre et la gestion des ressources notamment hydrique et pédologique.

III.1.2.1. La pluviométrie

Au cours de l'essai, les pluies sont réparties d'une manière irrégulière. Durant la période du mois d'octobre 2022 jusqu'au mois de Mai 2023, nous avons enregistré un total de 583,8mm (Tableau n°05)

Tableau 5. Précipitations moyennes mensuelles durant le mois d'Octobre au mois de Mai.

Mois	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai
Précipitations (mm)	17,8	102,2	38	155,1	64,6	42,5	6	157,6

(Source : info climat, 2023).

III.1.2.2. La température

Au cours du cycle végétatif de la pomme de terre, les températures enregistrées ne sont pas stables. Le tableau n°06 récapitule les températures enregistrées durant le mois d'octobre au mois de mai.

Mois	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai
T° Max (°C)	31,5	22,9	20,7	15	11,2	21,4	25,3	24,9
T° Min (°C)	17,8	13	11,8	7,1	7,2	9,4	10,8	14,6
T° Moy (°C)	24,65	17,95	16,25	11,05	9,2	15,4	18,05	19,75

Tableau 6. Températures maximales, minimales et moyennes du mois d'Octobre au mois du Mai.

(Source : Association info climat, 2023).

➤ **Selon le tableau n°06 :**

- La température cumulée durant la période est de 132,3°C.
- Le mois le plus chaud est le mois de Novembre avec 17,95°C.
- Le mois le plus froid est le mois de Février avec 9,2°C.

III.1.2 .3. L'humidité relative de l'air

Durant l'essai, l'humidité relative moyenne la plus élevée est enregistré durant le mois de Janvier avec un taux de 78%, et l'humidité relative moyenne la plus faible est enregistrée durant le mois de Mars avec un taux de 70% (Tableau n°07).

Tableau 7. Humidité relative moyenne mensuelle durant le mois d'Octobre 2022 au mois de Mai 2023.

Mois	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai
Humidité moy(%)	53	66	67	78	75	70	61	81

(Source : Historique-Météo.net)

III.1.2.4. Précipitations et températures mensuelles

Les deux éléments climatiques importants pour la production agricole sont la température et les précipitations (**Bonbos world, 2020**).

Tableau 8. Températures et précipitations moyennes durant le mois d'Octobre au mois de Mai.

Mois	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai
précipitations (mm)	17,8	102,2	38	155,1	64,6	42,5	6	157,6
T° Moy (°C)	24,65	17,95	16,25	11,05	9,2	15,4	18,05	19,75

(Source : Association info climat, 2023).

Le tableau montre la présence de deux périodes pluvieuses, l'une qui s'étend du mois d'octobre jusqu'au début du mois de décembre avec un maximum de précipitations (100 mm) et une autre de la fin du mois de Décembre jusqu'au mois de février avec un taux de (168 mm).

III.2. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé lors de notre expérimentation est la variété importée « Cimega », qui est en effet une amélioration de la variété « Spunta », avec un meilleur rendement commercialisable, une résistance remarquable et qui présente une meilleure présentation à la vente. Les caractéristiques de la variété « Cimega » sont résumées dans le (tableau4).

La semence a été achetée au Relai Vert de Tizi-Ouzou. A la fin du cycle végétatif, la pomme de terre est récoltée au mois de Mars et sa destination fût la consommation au niveau de l'ITMAS de Boukhalfa.



Figure 19. - Pomme de terre récoltée avec la fertilisation minérale(A).

-Pomme de terre récoltée avec la fertilisation organique(B).

III.3.Le sol

Le sol ayant servi de support pour notre culture, est un sol de type limono-argileux (sol lourd), pauvre en Azote, moyennement riche en phosphore, et bien pourvu en potassium.

III.4.Fertilisation du sol

Avant la plantation, nous avons apporté manuellement de la fumure de fond NPK (15-15-15). Lors de la fertilisation de la parcelle d'essai, nous avons opté deux types de fertilisation : organique (grignon d'olive) et minérale (l'urée de l'Azote).



Figure 20. Opération réalisée au cours de la fertilisation.

(Source : Original, 2023).

III.4.1.Grignon d'olive

Le grignon d'olive est un résidu solide issus de la première pression ou centrifugation, et sont formés des pulpes et noyaux d'olives (Benyahia et Zein, 2003). Il contient encore de l'huile appelée huile secondaire, il est composée de peaux, de résidus de pulpe et de fragment des noyaux. Ces déchets contiennent en moyenne 28,25% d'eau, 41,5% de coque, 21,5% de pulpe et 8,5% d'huile (Amic et Dalmasso, 2013).

III. 4. 1. 1. Composition physico-chimique du grignon d'olive

Cet effluent semi-solide a une teneur en eau d'environ 65%, un pH légèrement acide, une teneur très élevée en matière organique et une proportion considérable de graisses (Tableau9) (Cucci et al., 2008).

Tableau 9. Composition physico-chimique du grignon d'olive.

Paramètres	Valeurs
pH	5,15
Humidité (g.100g ⁻¹)	55,80
Carbonne organique (g.100g ⁻¹)	51,77
Phénol (mg.100g ⁻¹)	12,37
Graisses (g.100g ⁻¹)	10,93
N Total (mg.g ⁻¹)	1,18
P Total (mg.g ⁻¹)	0,15
K Total (mg.g ⁻¹)	1,03
Zn (mg.g ⁻¹)	20,00
Mn (mg.g ⁻¹)	10,00

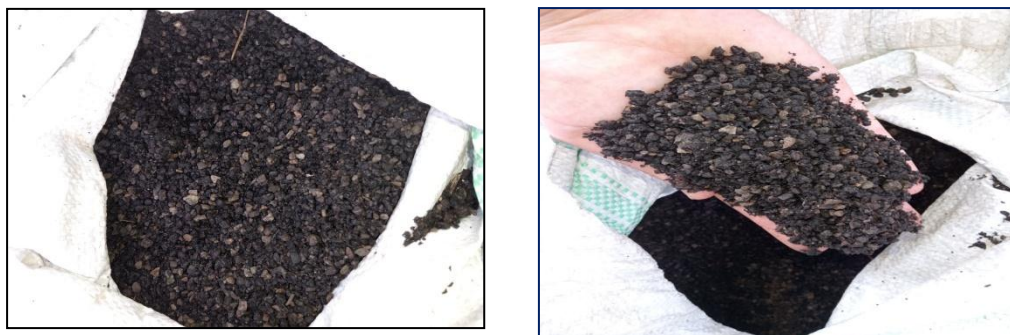
(Source : Cucci et al., 2008).

Tableau 10. Résultat des analyses de l'échantillon du grignon d'olive.

Echantillons	Grignon d'olive
pH	5,28
Phosphore Total% MS	1,29
Potassium Total % MS	0,60

(Source : INSID, 2023).

Les caractéristiques physico-chimiques du grignon d'olive dépendent du type variétal de l'olivier et la distribution des éléments minéraux du sol et les méthodes d'extraction d'huile d'olive. Après la plantation en quelque jour, nous avons apporté le grignon d'olive (200g pour chaque plant). Ce dernier provient d'huilier situé à Ouaguenoun-Tizi-Ouzou.

**Figure 21.** Grignon d'olive.

(Source : Originale, 2023).

III.4. 2.Fumure minérale

Le seul engrais que nous avons utilisé est l'urée contenant 46% d'N.

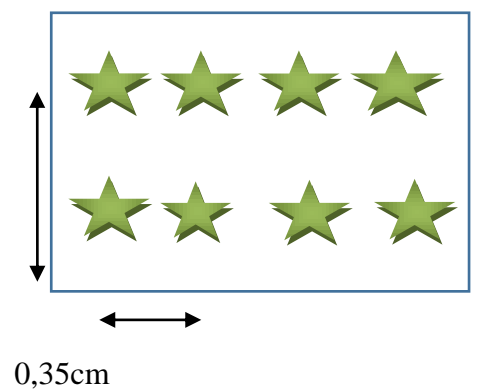
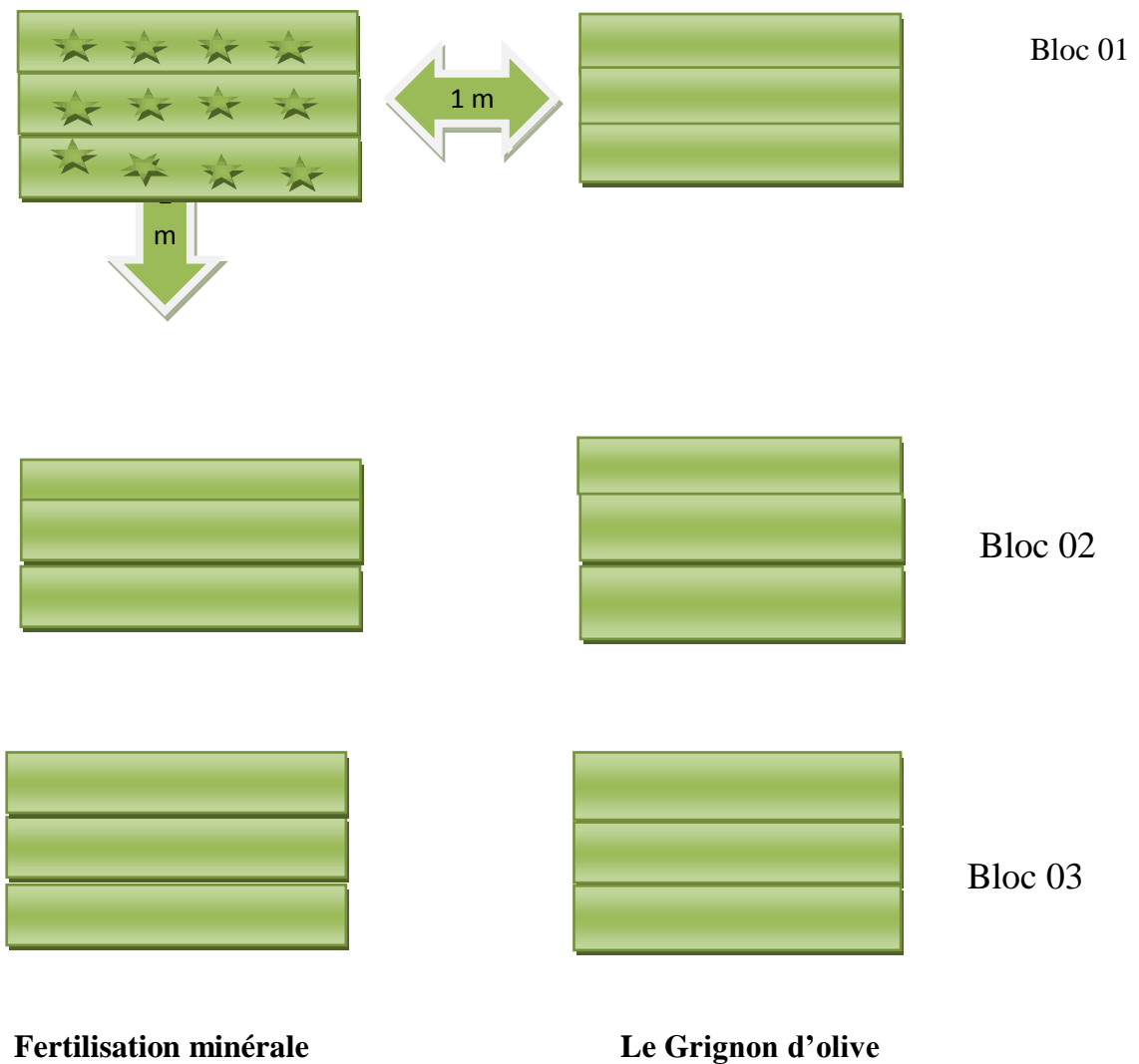
**Figure 22.** Urée (azote solide)

III.5.Méthodes d'étude**III.5.1. Le dispositif expérimental**

Le dispositif expérimental (Figure23) retenu est en bloc aléatoire complet avec trois répétitions. Nous avons un facteur : la fertilisation (organique et minérale) et une variété de pomme de terre «Cimega».

Les caractéristiques de dispositif sont comme suite :

- Longueur de l'essai : 10,75 m
- Largeur de l'essai : 4,5 m
- Surface de l'essai : 49 m²
- Nombre de bloc : 03
- Distance entre les blocs : 1 m
- Largeur du bloc : 1,75
- Longueur de bloc : 2,25m
- Nombre de parcelles élémentaires : 02
- Nombre total des plants : 72 plants
- Distance entre les plants : 0,35 m
- Distance entre les lignes : 0,75 m
- Nombre de plants par bloc : 12 plants
- Densité de plantation : 38095,23plant /hectare



Figures 23 : Dispositif expérimental de l'essai

III.5.2. Itinéraires techniques de la culture

Tableau 11. Itinéraire technique de la pomme de terre.

Operations culturales	Dates de réalisations
L'engrais de fond(NPK)	03/11/2022
Labour	06/11/2022
Plantation	10/11/2022 et 15/11/2022
Binage, buttage et désherbage manuelle	14/02/2023 et 16/02/2023
Fertilisation organique	14/11/2022, 27/11/2022 et 21/12/2022
Fertilisation minérale	01/02/2023
Irrigation	15/11/2022 et 27/11/2022
Récolte	20/02/2023 et 12/03/2023

(Source : Originale, 2023)

III.5.3. Entretien de la culture

III.5.3.1. Le labour

Le labour est réalisé manuellement à l'aide d'une charrue à dents (Figure n°24).



Figure 24. Opération de labour.

(Source : Original, 2023)

III.5.3.2. Plantation de pomme de terre

La plantation est réalisée après la germination des tubercules, en mettant les germes vers le haut.

III.5.3.3. Binage et buttage des plants

Ce sont des opérations réalisées manuellement, elles consistent à ameublir la terre en la retournant dans le but de détruire les plantes adventices, assurer une bonne aération pour le sol et diminuer l'évaporation de l'eau (Figure 25).



Figure 25.Opération du binage et buttage.

(Source : Original, 2023)

III.5.3.4. Le désherbage

Le désherbage est une pratique qui consiste à éliminer les mauvaises herbes pour limiter leur développement et assurer une bonne production (Figure 26).



Figure 26. Opération de désherbage.

(Source : Original, 2023).

III.5.3.5.L'irrigation

Cette opération consiste à apporter de l'eau artificiellement à des cultures. Au cours de l'essai, l'irrigation est effectuée manuellement à l'aide des arrosoirs (Figure27)



Figure 27.Irrigation manuelle à l'aide d'un arrosoir.

III.6.Les paramètres mesurés

Nous avons mesuré plusieurs paramètres de croissance et de production a la fin de cycle de végétation (à la récolte).

III.6.1. Paramètres de croissance**III.6.1.1. Hauteur finale de la tige**

La hauteur finale de la tige est mesurée à l'aide d'un mètre ruban. Nous avons pris trois plants au hasard par bloc sur deux fertilisations.

III. 6. 1. 2. Nombre de tige par plant

Le nombre de tiges est une expression de la vigueur de la plante. Il est déterminé en fonction du nombre de germes développés. Il peut être considéré comme une source de la production et du rendement. Nous avons compté sur trois plants pris au hasard le nombre de tiges de chaque plant.

III. 6. 2. Paramètres de production**III. 6. 2. 1. Nombre de tubercules par plant**

Lors de la récolte, nous avons compté le nombre de tubercules des trois plants étiquetés pour chaque type de fertilisation sur la variété étudiée.

III. 6. 2. 2. Poids moyen d'un tubercule

C'est un composant essentiel du rendement, nous avons pesé les tubercules de chaque plant de trois plants étiquetés pour les deux types de fertilisations et par bloc, sur la variété étudiée.

III. 6. 2. 3. Calibre de tubercules

Le calibre des tubercules joue un rôle très important dans la détermination du poids et la qualité du produit. Nous avons mesuré le calibre des tubercules un à un sur les trois plants fixés pour la variété étudiée.

III. 6. 2. 4. Rendement en Pomme de terre

Le rendement c'est un paramètre très important, il permet de déterminer la quantité d'un produit récoltée sur une surface cultivée donnée. Le rendement permet d'apprécier l'effet réel de deux types de fertilisation. Le rendement réel est le poids total des tubercules récoltés par chaque parcelle élémentaire.

Résultats et discussion

IV. Résultats et discussion

Notre essai est réalisé sur un sol limono argileux basique, moyennement riche en phosphore, pauvre en azote et bien pourvu en potassium, les tableaux ci-dessous résume les résultats d'analyse du sol ayant fait objet de notre essai.

Tableau 12 : Résultat des analyses de caractéristique physico-chimique du sol.

Caractéristiques physico-chimiques	Résultats	Interprétation des résultats
Argile %	29,55	Le sol est limono-argileux (sol lourd)
Limon Fin %	29,75	
Limon Grossier %	28,40	
Sable Fin %	15,35	
Sable Grossier %	3,05	
PH eau	8,14	Basique
Conductivité électrique C.E (ds/m)	0,345	Non salé
CaCO ₃ Calcaire (%)	7,95	Moyennement calcaire
Matière Organique M.O (%)	1,73	Faible
N (%)	0.003	Très faible
Capacité d'échange cationique meq/100g	20,50	Moyenne
Phosphore P ₂ O ₅ (ppm)	48,44	Moyennement riche
Potassium K ₂ O (meq/100g)	591,93	Bien pourvu

(Source : Original, 2018)

Tableau 13 : Résultat d'analyse du sol d'essai

Echantillons	Terre végétale
pH	8,14
Phosphore assimilable (ppm)	48,44
Potassium assimilable (ppm)	591,93

(Source : INSID, 2023)

Tableau 14 : Résultat des analyses de l'échantillon de grignon d'olive.

Echantillons	Grignon d'olive
pH	5,28
Phosphore Total% MS	1,29
Potassium Total % MS	0,60

(Source : INSID, 2023)

Les analyses du Grignon d'olive montrent sa richesse en phosphore total (1,29), et une faible teneur en potassium total(0,60), avec un pH légèrement acide.

IV.1. Les paramètres de croissances

IV. 1. 1. Nombre moyen de tiges par plant

Au cours de l'essai, la valeur maximale du nombre moyen de tiges pour la variété « Cimega » est obtenue avec la fertilisation minérale (l'urée d'azote) est (3,37), Et la valeur minimale (3,33) est obtenue avec le grignon d'olive, le tableau 15 montre ces résultats et la figure illustre.

Tableau 15 :Nombre moyen des tiges par plant.

1 (FERTILI)	2 (GRIGNON)
3,773±0,672	3,33±0,672

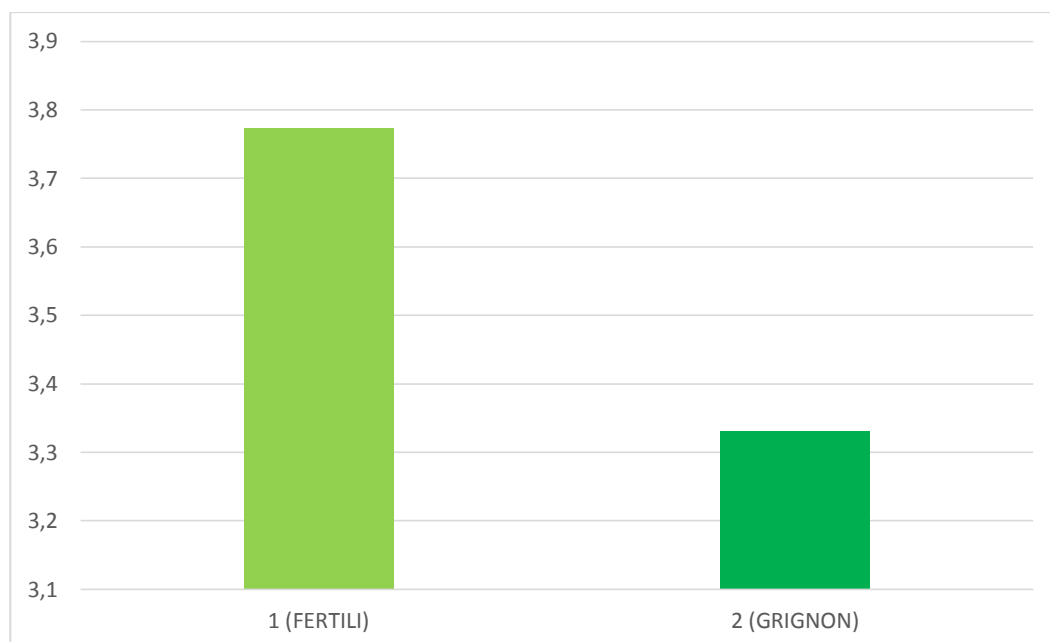


Figure 28. Effet du type de fertilisation sur le nombre moyen de tiges par plant

Les résultats de l'analyse de la variance (tableau 16) ne montrent aucune différence significative pour le facteur fertilisation. L'absence de différence est probablement due au nombre des germes ou au calibre hétérogène des tubercules mère plantés.

Tableau16 : Résultat d'analyses de la variance du nombre moyen des tiges par plant.

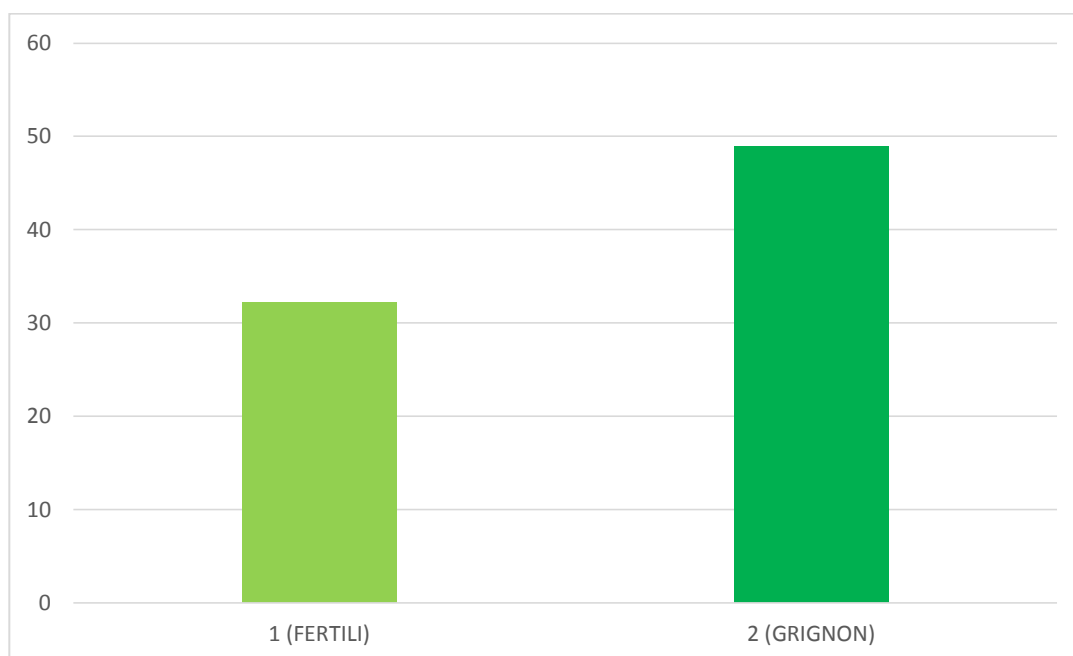
	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	3,692	5	0,738				
VAR.FACTEUR 1	0,295	1	0,295	0,326	0,62424		
VAR.BLOCS	1,59	2	0,795	0,879	0,53215		
VAR.RESIDUELLE 1	1,807	2	0,904			0,951	26,77%

IV. 1. 2. Longueur moyenne des tiges

La valeur maximale de la longueur moyenne de tiges par plant est obtenue avec le grignon d'olive (48,887), et la valeur minimale est obtenue avec la fertilisation minérale (32,22), les résultats sont présentés dans le tableau 17. La figure 30 illustre ces résultats.

Tableau 17 : Longueur moyenne des tiges par plant.

1(FERTILI)	2(GRIGNON)
32,22±2,887	48,887±2,887

**Figure 29.** Effet du type de fertilisation sur la longueur moyenne de tiges.

Les résultats d'analyses de la variance (tableau 18) montrent une différence significative pour le facteur type de fertilisation. A cet effet, le grignon d'olive enregistre de meilleurs résultats, cela prouve que ce sous-produit agricole est bénéfique pour la production

Tableau 18 : Résultat d'étude de la variance sur la longueur moyenne de la tige.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	475,919	5	95,184				
VAR.FACTEUR 1	416,667	1	416,667	25	0,03461		
VAR.BLOCS	25,919	2	12,959	0,778	0,56274		
VAR.RESIDUELLE 1	33,333	2	16,667			4,082	10,07%

Le test NEWMAN-KEUL fait apparaître deux groupes homogène pour le facteur fertilisation, avec un groupe A pour le grignon d’olive (48,887), et avec en groupe B la fertilisation minérale (l’urée 32,22).

Tableau 19 : Test NEWMAN –KEUL de la longueur moyenne des tiges par plant.

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	GRIGNON	48,887	A	
1.0	FERTILI	32,22		B

IV. 2. Les paramètres de production

IV.2. 1. Poids moyen des tubercules (g)

Au cours de notre essai, La valeur maximale du poids moyen d’un tubercule par plant est obtenue avec le grignon d’olive (330,44), et la valeur minimale est obtenue avec la fertilisation minérale (298,997).

Tableau 20: Poids moyen des tubercules par plant.

1 (FERTILI)	2 (GRIGNON)
298,997±37,442	330,44±37,442

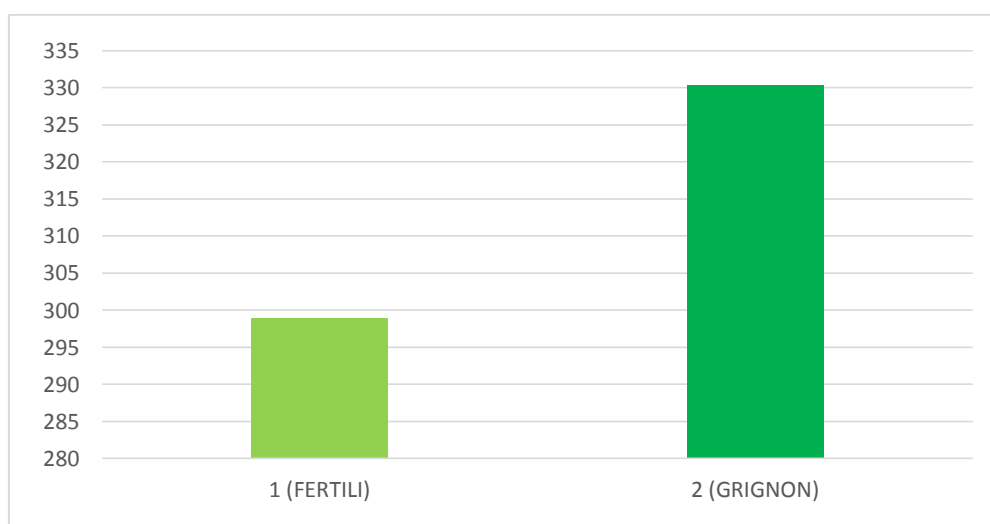


Figure 30. Effet de la fertilisation sur le poids moyen de tubercules.

Les résultats de la variance (tableau 21) ne montrent aucune différence significative pour le facteur fertilisation et cela est probablement dû aux pertes sur terrain à cause des maladies (fongiques et ravageuses) suite aux intempéries qui coïncidaient avec la fin de tubérisation.

Tableau 21.Résultats d’analyses de la variance du poids moyen d’un tubercule par plant.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	21131,28	5	4226,256				
VAR.FACTEUR 1	1483,023	1	1483,023	0,529	0,5432		
VAR.BLOCS	14040,7	2	7020,352	2,504	0,28551		
VAR.RESIDUELLE 1	5607,554	2	2803,777			52,951	16,82%

IV. 2. 2. Nombre moyenne de tubercules

Au cours de notre essai, la valeur maximale du nombre moyen des tubercules par plant est obtenue avec la fertilisation minérale (5,883), et la valeur minimale est obtenue avec le grignon d’olive (4,217).

Tableau 22 : Nombre moyen des tubercules par plant.

1 (FERTILI)	2 (GRIGNON)
5,883±0,333	4,217±0,333

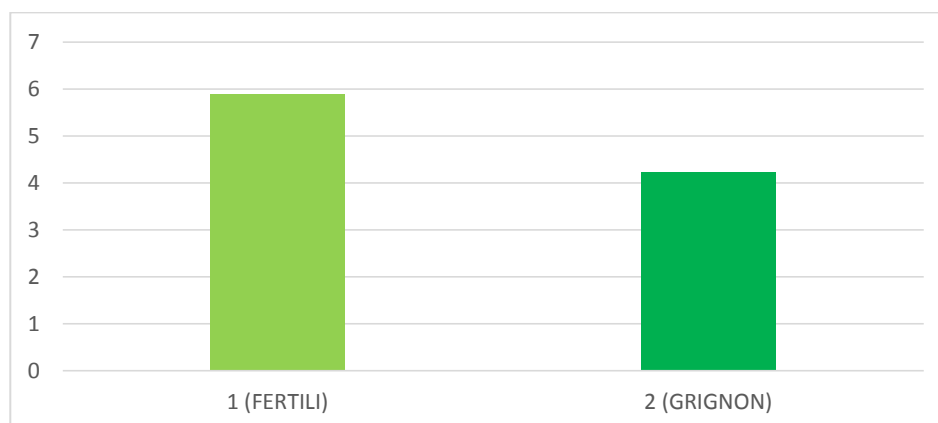


Figure 31.Effet de la fertilisation sur le nombre moyen de tubercules par plant.

Les résultats de l'analyse de la variance (tableau 23) du nombre moyen de tubercule par plant montrent une différence significative pour le facteur fertilisation. On note que la fertilisation minérale a eu un meilleur effet que le grignon d'olive, pour le fait que les éléments minéraux sont directement disponibles aux plants contrairement, au grignon d'olive ou l'azote est présent dans le sous produit. L'assimilation rapide de l'azote est plus efficace sur ce paramètre de rendement. On note à cet effet son rôle important dans sa contribution par rapport à l'économie dans l'achat des produits chimiques de synthèse.

Tableau 23 : Résultat d'analyse de la variance du nombre moyen de tubercule par plant.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	5,645	5	1,129				
VAR.FACTEUR 1	4,167	1	4,167	18,844	0,04656		
VAR.BLOCS	1,036	2	0,518	2,343	0,29914		
VAR.RESIDUELLE							
1	0,442	2	0,221			0,47	9,31%

Le test NEWMAN-KEUL fait apparaître deux groupes homogène pour le facteur fertilisation, avec en groupe A la fertilisation minérale (5,883), et en groupe B la fertilisation organique (4,217).

Tableau 24: Test NEWMAN-KEUL du nombre moyen de tubercules par plant.

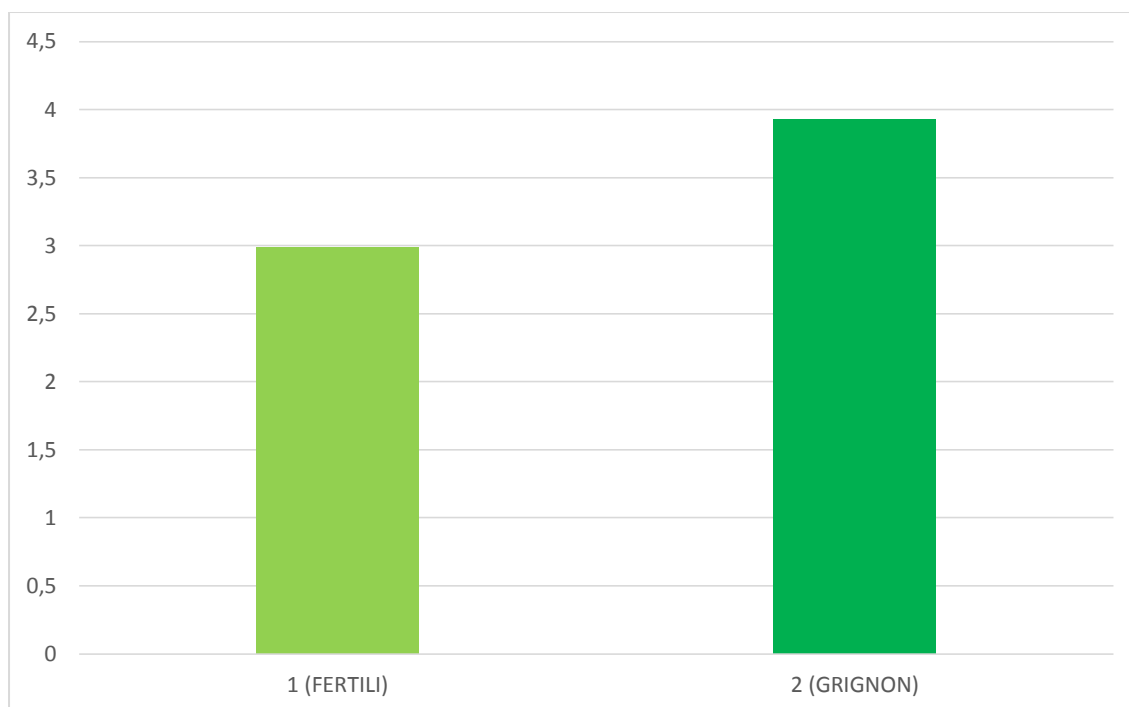
F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	FERTILI	5,883	A	
2.0	GRIGNON	4,217		B

IV. 2. 3. Calibre moyen

Le calibre de tubercule est un paramètre qui détermine le poids, la production et le rendement. Au cours de l'essai, la valeur maximale du calibre d'un tubercule est obtenue avec le grignon d'olive (3,927), et la valeur minimale est obtenue avec l'utilisation de la fertilisation minérale(2,987).

Tableau 25 : calibre moyen des tubercules par plant.

1 (FERTILI)	2 (GRIGNON)
2,987±0,338	3,927±0,338

**Figure 32.** Effet de deux types de fertilisation sur le calibre moyen des tubercules par plant.

Les résultats de l'analyse de la variance (tableau 26) du calibre moyenne ne montrent aucune différence significative du facteur fertilisation. L'absence de différence est probablement due au manque de précipitations lors de la plantation et la texture lourde du sol qui a empêché le grossissement des tubercules fils.

Tableau 26 : Résultat d’analyses de la variance du calibre moyenne d’un tubercule.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	2,268	5	0,454				
VAR.FACTEUR 1	1,325	1	1,325	5,81	0,13781		
VAR.BLOCS	0,486	2	0,243	1,065	0,48411		
VAR.RESIDUELLE							
1	0,456	2	0,228			0,478	13,82%

IV. 2. 4. Le rendement réel (Qtx/ha)

Le rendement de la pomme de terre est l’objectif principal de notre étude. Les résultats obtenus sont faible, à cet effet le tableau 27 montre que la valeur maximale du rendement réel est à la faveur de la fertilisation minérale avec l’urée (75,07Qtx/ha), et la plus faible valeur est obtenue avec le grignon d’olive (63,843Qtx). Ces résultats sont illustrés par la figure34.

Tableau 27 : Rendement réel (Qtx/ha).

1 (MINERAL)	2 (GRIGNON)
75,01±2,553	63,843±2,553

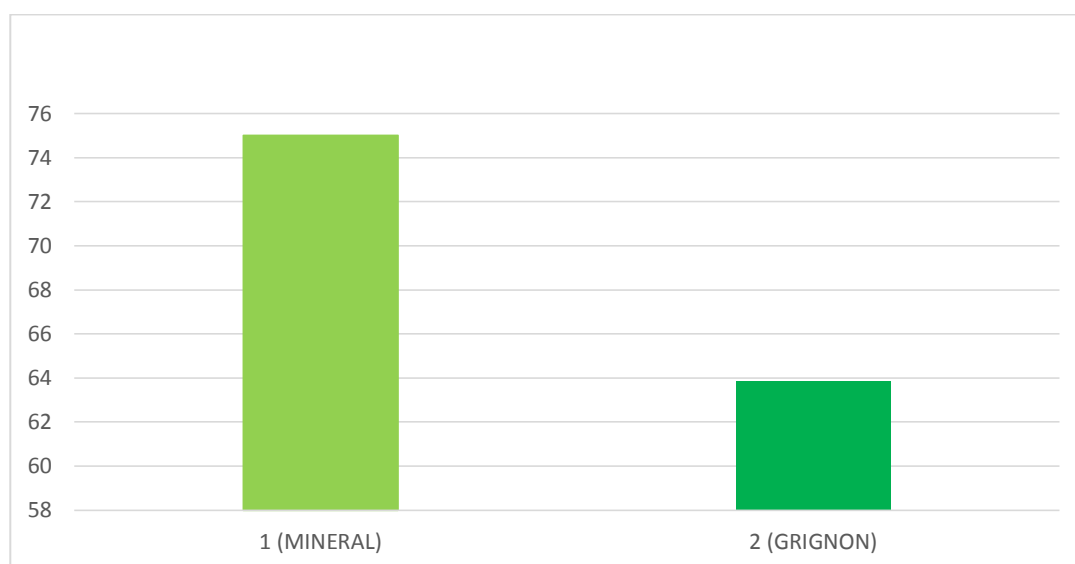


Figure 33. Effet du type de la fertilisation sur le rendement réel de la pomme de terre.

Les résultats de l'analyse de la variance (tableau 28) du rendement réel ne montrent aucune différence significative du facteur étudié, et cela est probablement due à la diminution des températures, et les gelées de printemps ayant inhibé la croissance normale des tubercules. Aussi, nous signalons les averses et les intempéries tardives ayant causé des pourritures de nombreux tubercules au stade de tubérisation.

Tableau 28: Résultats de l'analyse de la variance du rendement réel.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	3848,057	5	769,611				
VAR.FACTEUR 1	187,041	1	187,041	14,344	0,06124		
VAR.BLOCS	3634,936	2	1817,468	139,377	0,00562		
VAR.RESIDUELLE							
1	26,08	2	13,04			3,611	5,20%

IV. 2. 5. Le rendement potentiel (Qtx /ha)

Le rendement de la pomme de terre dépend de sa résistance aux maladies, notamment au mildiou, aux maladies virales et aux ravageurs. Les résultats du rendement potentiel montrent que la valeur maximale est obtenue avec le Grignon d'olive (545,443) et la valeur minimale est obtenue avec la fertilisation minérale (309,3).

Tableau 29 : Le rendement potentiel.

1 (MINERAL)	2 (GRIGNON)
309,3±246,275	545,443±246,275

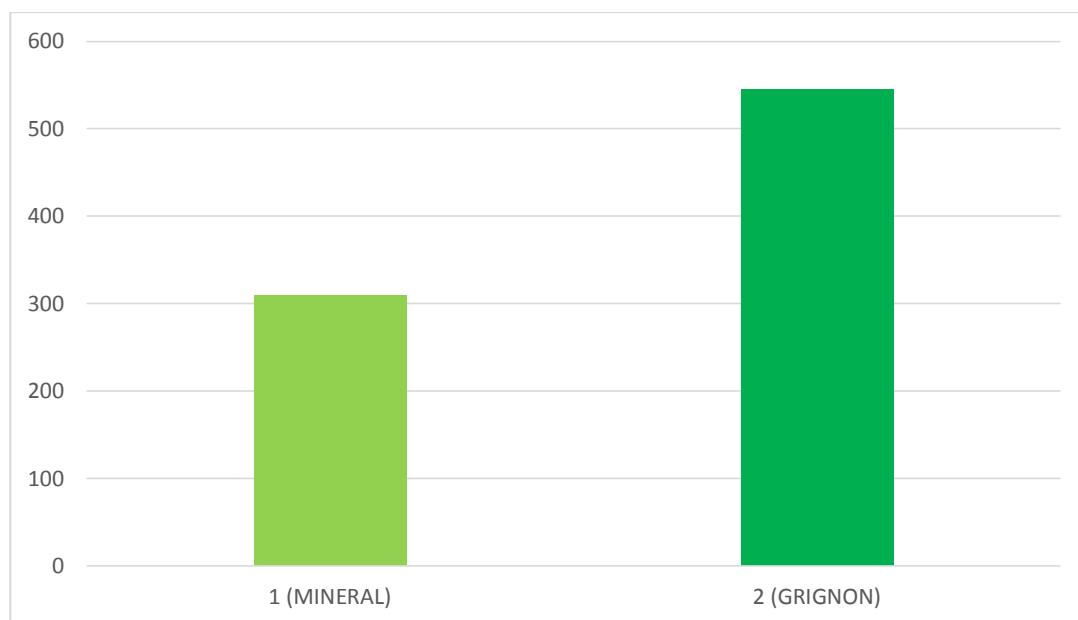


Figure 34. Effet du type de la fertilisation sur le rendement potentiel de la pomme de terre.

Les résultats de l'analyse de la variance (tableau 30) du rendement potentiel ne montrent aucune différence significative pour le facteur fertilisation.

L'absence de différence significative est probablement due à la texture lourde du sol dans les blocs et l'accumulation d'eau par endroit dans le troisième ayant empêché la circulation de l'oxygène vers les parties souterraines de la plante, induisant l'asphyxie de la plante et le pourrissement des tubercules, ainsi que le développement des maladies cryptogamiques telle que le mildiou compromettant le rendement de la plante.

Tableau 30 : Résultat de l'analyse de la variance du rendement potentiel.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	356495,3	5	71299,07				
VAR.FACTEUR 1	83645,53	1	83645,53	0,69	0,4946		
VAR.BLOCS	30243,88	2	15121,94	0,125	0,88841		
VAR.RESIDUELLE							
1	242605,9	2	121303			348,286	81,49%

Conclusion

Au cours de l'essai, notre étude est porte sur l'effet de deux types fertilisation, minérale et organique (grignon d'Olive) sur la variété de pomme de terre variété « Cimega » cultivée en plein champs.

De nombreuses variables ont été mesurées: longueur des tiges, nombre moyen des tiges, nombre moyen des tubercules, poids moyen des tubercules, calibre moyen d'un tubercule et le rendement réel et potentiel.

Les observations suivantes ont été réalisées sur la base d'analyse de la variance sur un seul facteur qui étudie le type de fertilisation (minérale et organique).

Les principaux résultats obtenus: Sur les deux paramètres de croissance mesurés, seule la longueur des tiges qui est affectée par le type de fertilisation. En effet, la fertilisation organique (grignon d'olive) a donné de meilleurs résultats en ce qui concerne la longueur des tiges. Cependant aucune différence significative n'est enregistrée pour le paramètre nombre moyen de tiges.

Pour les paramètres de production: Une différence significative est enregistrée pour le paramètre nombre moyen des tubercules par plant pour le facteur fertilisation. Pour les autres paramètres de production à savoir le poids moyen des tubercules, le calibre, le rendement réel et potentiel nous n'avons pas enregistré aucune différence significative.

Le peu de résultats obtenu sont dus a plusieurs facteurs, la présence d'un ravageur qu'est la teigne de pomme de terre a causé de nombreux dégâts sur les tubercules, le taux d'humidité élevé dans le sol a causé par l'accumulation de l'eau de pluie, l'apparition des maladies cryptogamiques ayant induit des pourrissements des tubercules, aussi la texture lourde du sol empêche la circulation de l'oxygène vers les parties souterraines de la plante.

Pour conclure, nous signalons l'importance de la bonne maitrise d'un itinéraire technique de la culture, la connaissance des précédents culturaux. La pomme de terre préfère des sols naturellement meuble de texture sableuse bien pourvu en matière organique profonde et fertile ce qu'ils permettent le grossissement des tubercules fils.

En perspective:

Il est important de maîtriser l'itinéraire technique de la pomme de terre pour mieux valoriser l'utilisation des sous-produits agricoles de différente nature.

- Pour les essais futurs, il est important de choisir un sol avec une texture légère pour éviter l'accumulation de l'eau et favoriser le grossissement des tubercules.
- L'utilisation du grignon d'olive ayant subi une décomposition ou un compostage pour faciliter sa dégradation.

Références bibliographiques

- ✚ **Abd el monaim. (1999).** Production de pomme de terre. Maison arabe de l'édition et de la distribution, 446 p.
- ✚ **Abgrall S. (2015).** Arvalis-Institu du végétal, Ecophyto/Réduire et Améliorer l'utilisation des phyto. Modèle Mileos : Mildiou de la pomme de terre.
- ✚ **Agrios, G.N.(2005).**Plantpathology(5thed).ElsevierAcademicPress.
- ✚ **Albouy V. (2007).** Les papillons. Ed. Artemis. Paris. 76P.
- ✚ **Alvarez J.M., Barbour J., Clough G.H., Debano S.J., Dogramaci M., Jensen A., Rondon S.I., Schreiber A etThornton.M. (2007).**Biology and management of the potato tuberworm in the pacific northwest.PNw 594.P3.
- ✚ **Alvarez J.M., Dotseth E et Nottle P. (2005).**la teigne de la pomme de terre : Une menace pour les pommes de terre de l'Idaho. Université de l'Idaho extension, Idaho expérimente station agricole. Ed Mosco. Révisé 31 janvier 2014.
- ✚ **Amic A et Dalmassou C. (2013).** Unité de valorisation complète de déchets oléicoles par lombricompostage : Production de produits à haute valeur ajoutée : lombricompost, savon, collagène et lombrics. Thèse Université Aix-Marseille.Faculté des sciences et techniques Saint-Jérôme. p32.
- ✚ **Andrison, D. 1995.** Biology, ecology and epidemiology of the potato late blight pathogen *Phytophthora infestans* in soil. *Phytopathology*. 85:1053-1056.
- ✚ **Andrison, D. 1996.** The origin of *Phytophthora infestans* populations present in Europe in the 1840s: a critical review of historical and scientific evidence. *Plant Pathology*. 45:1028- 1036.
- ✚ **Anonyme, 1992 :** Agriculture : Des bio insecticides pour protéger la pomme de terre. Economie Ed N°33.
- ✚ **Arshdeep K., Chahil., Gaurav G., Gill., Gillett K., Gurminder., Harismran K. et Jennifer L. (2014).**Potatotuberworm *Phtoremaea operculella* (zeller). (Lepidoptera: Gelechiidae). University of Florida. N ° 587 p2-3.
- ✚ **Balachowsky A .S. (1966).** Traité d'entomologie appliquée à l'agriculture. Tome II, volume I .ED. Masson et Cie, Paris. 1057.

- ✚ **Blancard, D. (2012).** Tomato Diseases : Identification, Biology and Control: A Colour Handbook, Second Edition. CRC Press.
- ✚ **Boufares K. (2012).** Comportement de trois variétés de pommes de terre (Spunta, désirée et Chubak) entre deux milieux de culture substrat et hydroponique, Thèse Magistère en agronomie « Amélioration de la production végétale et biodiversité », Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen. 108p.
- ✚ **Boumlik M., 1995-** Systématique des spermaphytes. Edition Office des Publications Universitaires. Ben Aknoun (Alger). 80p.
- ✚ **Chibane, A. (1999).** Techniques de la production de la pomme de terre au Maroc. Bulletin de Transfert de Technologie en Agriculture, N°52, 4 p.
- ✚ **Ciqual A. (2013).** La pomme de terre. Un trésor nutritionnel. Cnipt pomme de terre de France.
- ✚ **Clement J. M., 1989-** Larousse agricole. Librairie, Paris, 874879 p.
- ✚ **Cohic F. (1952).** La teigne de la pomme de terre. Revue agricole de la nouvelle Calédonie. Organe de chambre d'agriculture de la nouvelle Calédonie, N° 12.7P.
- ✚ **Crosier, W. 1934.** Studies in the biology of Phytophthora infestans (Mont) De Bary. Cornell University Agricultural Experiment Station. 37 pp.
- ✚ **Cucci G., Lacollag., Caranfa L. (2008).** Improvement of soil properties by application of olive oil waste. Agronomy for Sustainable Development. 28, 521-526.
- ✚ **Darpoux R et Dubelley M., 1967.** Les plantes sarclées. Edition. J.B. Baillière et fils France. Collection d'Enseignement Agricole. 307p.
- ✚ **Darpoux R. (1967).** Les plantes sarclées Paris : maison rustiques, 399 p.
- ✚ **Davet P., 1983.** Introduction et conservation des Trichoderma dans le sol. In les antagonismes microbiens : Mode d'action et application à la lutte biologique contre les maladies des plantes. 24^{ième} Colloque de la société Française de Phytopathologie, Bordeaux, 26 mai 1983, Versailles : INRA, 159-168 pp.
- ✚ **De Jong, H. (2016).** Impact of the Potato on Society. *American Journal of Potato*

- Research*, 93(5), 415–429pp.
- ✚ **Drenth, A., Janssen, E. M., and Govers, F. 1995.** Formation and survival of oospores of Phytophthora infestans under natural conditions. *Plant Pathology*. 44:86-94.
 - ✚ **Ducreux G .et Rossignol M. (1986).** La pomme de terre. N°17. PP 193-203.
 - ✚ **Espinel-Correal C. (2010).** Analyse de l'évolution des populations de granulovirus phop GV en contact avec des hôtes alternatifs. *Phthoremaea Operculella* et *Tecia Solanivora* (lépidoptera = gelechidae). Thèse doctorat. Ecole Nationale supérieure des mines. Saint, Etienne. 192P.
 - ✚ **Feitelson J., Payne, J. et Kim, L. (1992).** *Bacillus thuringiensis*: Insects and Beyond. *Nat Biotechnol*. 10 : 271–275.
 - ✚ **Fry, W.E., Goodwin, S.B., Dyer, A.T., Matuszak, J.M., Drenth, A., Tooley, P.W., Sujkowski, L. S., Koh, Y. J., Cohen, B. A., Spielman, L. J., Deahl, K. L., Inglis, D. A. and Sandlan, K. P. (1993).** Historical and recent migrations of Phytophthora infestans: Chronology, pathways and implications. *Plant Disease*, 77, 653-661.
 - ✚ **Gaucher, D., Duvauchelle, S. and Andrivon, D. 1998.** Mildiou de la pomme de terre – le champignon évolue, la lutte aussi! *Perspectives agricoles*. 236:1-20.
 - ✚ **Gauthier. (1991). Saighi et Ben Hamdi (2020).** Identification et caractérisation des maladies fongiques de pomme de terre et essai de lutte biologique par les extraits végétaux dans la région d'El-Oued.
 - ✚ **Gómez-Alpizar, L., Carbone, I. and Ristaino, J. B. 2007.** An Andean origin of Phytophthora infestans inferred from mitochondrial and nuclear gene genealogies. *PNAS*. 104(9):3306-3311.
 - ✚ **Grison G., 1991 :** La germination et les relations nombre de germes, nombre de tiges. *Rev. Pomme de terre Francise*. n° 463 : 57-66.
 - ✚ **Grison. (1983).** Conservation .In la pomme de terre, caractéristiques et qualités alimentaires doit être mieux apria. 292p.
 - ✚ **Grünwald, N. and Flier, W. G. 2005.** The biology of Phytophthora infestans at its center of origin. *Annual Review of Phytopathology*. 43:10.1-10.20.

- ✚ **Harrison, J. G. 1992.** Effects of the aerial environment on late blight of potato foliage. *Plant Pathology*. 41:384-416.
- ✚ **Haverkorte L. et Moussaoui R., 1994-**L'irrigation de la culture de la pomme de terre. Ed. Centre de Recherche Agrobiologique, Pays Bas, 18p.
- ✚ **Herert et Crosnier J.C. (1975).**Techniques agricoles encyclopédiques.
- ✚ **Hijmans, R.J. & D.M. SPOONER. 2001.** Geographic distribution of wild potato species. *American Journal of Botany* 88: 2101-2112
- ✚ **Hirst, J. M. 1953.** Change in atmospheric spore content: diurnal periodicity and the effects of weather. *Transactions of the British Mycological Society*. 36:375-393.
- ✚ **Kechid M. (2005).** Physiologies et biotechnologies de la micro tubérisation de la pomme de terre, *solanumtuberosum*. L. mémoire de magister. Université Mentouri de Constantine. 154p.
- ✚ **Kessel, G. J. T. et Förch, M. G. 2006.**Effect of UV-esposure on germination of sporangia of *P. infestans*. *Plant Research Internatinal B.V.* Wageningen. Note 395 :12p.
- ✚ **Kolech, S. A., Halseth, D., Perry, K., Jong, W. De, Tiruneh, F. M., Wolfe, D., Wolfe, D.(2015).** Identification of Farmer Priorities in Potato Production Through Participatory Variety Selection. *American Journal of Potato Research*, 92(6), 648–661.
- ✚ **Laumonier R., 1979-**Les cultures légumières et maraîchères. Tome 2.Ed. J.B., Paris, 209-230 p.
- ✚ **Laure Boulet. 2015.** Réseau d'avertissements phytosanitaires – Bulletin d'information N°6 – Pomme de terre – 26 mai 2015.
- ✚ **Laure Boulet. 2016.** Réseau d'avertissements phytosanitaires – Bulletin d'information N°5 – Pomme de terre –5 Juin 2016.
- ✚ **Lualadio,Nb et Prakash, L, (2010).** La pomme de terre. Bulletins d'information technique centre international de la pomme de terre (cip) p137.
- ✚ **Malakar R. et Tingey W.M. (2006).** Aspect de la résistance des tubercules dans les

- pommes de terre hybrides à la teigne de pomme de terre. *Entomologia experimentalis et applicata* 120:131-137P.
- ✚ **Martin C., Vernog R et Paynot M., 1982:** Photopériodisme, tubérisation, floraison et phénalanides. .C.R. Ac.
 - ✚ **Medina, M. V. and Platt, H. W. 1999.** Viability of oospores of *Phytophthora infestans* under field conditions in northeastern North America. *Canadian Journal of Plant Pathology*. 21:137-143.
 - ✚ **MessgoS., 2015 :** Essai de lutte biologique contre le mildiou de la pomme de terre en Algérie : Effets antifongiques des extraits de plantes et effets antagonistes de quelques isolats du genre *Trichoderma* sur *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary. Thèse de Doctorat en science Agronomique, École Nationale Supérieure Agronomique d'El Harrach-Alger.p 40-41.
 - ✚ **Montarry, J. 2007.** Réponse adaptative des populations de *Phytophthora infestans*, agent du mildiou de la pomme de terre, au déploiement en culture de son hôte *Solanum tuberosum*. Thèse ENSA de Rennes, France, 125 pp.
 - ✚ **Moule C. (1972).**Plantes sarclées et déverses. J-B. Ballière et Fils, Editeur, Paris. 246 p.
 - ✚ **Navarre R, ET Pacek M.J., (2014)**-the potato, botany, production and uses. Ed.CPI Group.
 - ✚ **Nedjar H., 2000**-Contribution à l'estimation des besoins en eau de la culture de la pomme de terre dans le périmètre de haut Chélif. Mém. Ing., Centre Universtaire de Khemis Miliana. 83 p. Vanderzaag.
 - ✚ **Ngamo L.S.T. et T.H.Hance, 2007.** Diversité des ravageurs des denrées et méthodes alternatives de lutte en milieu tropical.*Tropicultura*, 25(4) ,215-220.
 - ✚ **Pawelzik, E., & Möller, K. (2015).** Sustainable Potato Production Worldwide: the Challenge to Assess Conventional and Organic Production Systems. *Potato Research*, 57(3-4), 273-290pp.
 - ✚ **Peron J.Y., 2006 :** Production légumière. Ed.Lavoisier. 2eme édition. France., 316 p.
 - ✚ **Polese J.M., (2006)** -La culture des pommes de terre. Ed. Artémis, Paris.95p.

- ✚ **Raj B.T. (1991).** Potato Tuber Moth with Special Reference to India. Ed. Central Potato Research Institute: Shimla. 16P.
- ✚ **Rajagopale D. et Trivedi .T.D. (1992).** Distribution, la biologie, l'écologie et la gestion de la teigne de pomme de terre (zeller 1873) Lépidoptera : gélechiidae : un examen tropical lutte antiparasitaire 38 : 278-285P.
- ✚ **Reguieg L. (2008)** -Itinéraire technique de la pomme de terre en Algérie. Journée d'étude sur la filière pomme de terre. INA, El Harrach.
- ✚ **Rivera M. (2011).** The potato tuberworm, *Phthorimaea operculella* (Zellzer), in the tobacco, *Nicotiana glauca* L. Agroecosystem. seasonal biology and larval behavior. Mémoire master, Relieth, North Carolina. 84.
- ✚ **Rondon S.I. (2010).** La teigne de pomme de terre ; une revue de la littérature de sa biologie, écologie et le contrôle. American Journal of potato Research 87. 149-166P.
- ✚ **Rousselle et al. (1996). Mattila ET Hellstrom. (2007).** Phenolic acids in potatoes vegetables, and some of their products .Journal of food composition and analysis. Vol.20, 152-160. Mensuel d'information et de liaison du PNTTA, N°58, PPI-15.
- ✚ **Rousselle P, Robert Y et Crosnier G., 1996 :** La pomme de terre. ED. ITPT. ITCF. INRA. Paris. 603 p.
- ✚ **Rousselle P, Robert Y, Crosnier J.C.(1996).** La pomme de terre, INRA Paris.
- ✚ **Rousselle P. (1992)** -Effet of physiological on grows vigor of seed potatoes of two cultivars. 5. Review of literature and integration of some experimental results. Potato, Res., 30(3); 451472.
- ✚ **Rousselle,P.,Robert,Y.,etGrosnier,J.C.1996.** La pomme de terre production, amélioration, ennemis, maladie et utilisation. I.N.R.A. Paris, 607p.
- ✚ **Rousselle, P., Robert, Y., Grossuer, J.C, (1996).** La pomme de terre, production, Amélioration, Ennemis et Maladies. Utilisation. Edition R Doun, 278 p.
- ✚ **Sarah D., 2009 :** Diversité structurale des locus de résistance à *Phytophthora infestans* chez la pomme de terre et synténie chez les solanacées. Thèse de Doctora en Biologie Intégrative des Plantes, Ecole doctorale à SupAgro Montpellier.

- ✚ **Sebti.,Boudefa., 2020** : la lutte biologique contre le mildiou de la pomme de terre .
Mémoire de master 2, Université Mentouri de Constantine, 38-39pp.
- ✚ **SolanoSolis J. (2011).** Etude d'une collection de pommes de terre (Solanumtuberosum spp L.) native de Chiloé (Chili): Conservation in situ, Diversité morphologique et génétique, Comportement vis-à-vis de Phytophthora infestans.
- ✚ **Soltner, 1986**Les bases de la production végétale.
- ✚ **Soltner., 1988**-les grandes productions végétales .les collections sciences et techniques agricoles, Ed .16ème éditions 464-494pp.
- ✚ **Spijkerboer, H. P., Beniers, J. E., Jaspers, D., Schouten, H. J., Goudriaan, J., Rabbinge, R. and van der Werf, W. 2002.** Ability of the Gaussian plume model to predict and describe spore dispersal over a potato crop. Ecological Modelling. 155(1):1-18.
- ✚ **Talbot,N.J.(2004).***Plant-pathogenInteractions*(Vol.11).CRCPress.
- ✚ **Thurston,H.D.,&Schulz,O.(1981).**Lateblight.In:Hooker,W.J.(ed.),Compendium ofpotatodiseases,APS,StPaul,Minnesota,40-42.
- ✚ **Tropiculture (2013).** Mieux Réussir: le contrôle da la teigne de la pomme de terre (Phthorimaeaoperculella).Mensuel technique.Tropiculture. Ed tropicasem BP999 Dakar .N° 196.3P.
- ✚ **Van Loon C.D., 1987** : Stage sur la production de la pomme de terre. La hauya. NIVAA. Staouali : 12-23.
- ✚ **Vaneva-Gancheva T., et Dimitrov Y. (2013).**Chemical control of the potato tuber moth Phthorimaeaoperculella (Zeller) on tobacco. Bulg. J. Agric. Sci. 19 : 1003–1008.
- ✚ **Vannetzel E., 2011**- Cultiver la pomme de terre de plein champ en agriculture biologique : Repères technico-économiques. ARVALIS – Institut du végétal. CAS DAR N°9016. 6P.
- ✚ **Von Arx R .,BenTémime A., Cheikh M ., et Goueder J (1987).** Integrated control of potato tuber moth phthorimaeaoperculella (zeller) in tunisia insect science and its application (in prep). 62P.

Résumé :

L'effet de différents types de fertilisations (organique et minérale) est étudié sur les paramètres de croissances, de production et de rendement chez une variété de pomme de terre « Cimega ». Notre essai est réalisé en plein champs à l'ITMAS de BOUKHALFA de TIZI-OUZOU (Institut technologique moyen agricole spécialisé en agriculture de montagne).

Les résultats montrent que le fertilisant organique (grignon d'olive) a enregistré de meilleures résultats pour les paramètres : nombre moyen des tiges, poids moyen des tubercules, calibre moyen, le rendement réel et potentiel.

Mots clés : Pomme de terre (*solanumtuberosum*), fertilisation organique, fertilisation minérale

Abstract :

The effect of different types of fertilization (organic and mineral) is study on production and yield growth parameters in one variety of potato « Cimega ». Our trial is carried in open field at ITMAS BOUKHLFA TIZI-OUZOU (Institute of agricultural technology specialized middle agriculture mountain).

The results show that organic fertilization (olive pomace) recorded better results for the parameters average number of stems, average tuber weight, average size, actual and potential yield.

Key words: potato (*solanumtuberosum*), organic fertilization, mineral fertilization.