



République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة الشهيد حمزة لخضر الوادي
Université Echahid Hamma Lakhdar - El OUED
كلية علوم الطبيعة والحياة
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
قسم البيولوجيا الخلوية والجزيئية
Département de biologie Cellulaire et Moléculaire

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique en Sciences
biologiques

Filière : Sciences Biologiques

spécialité : Toxicologie

THEME

*Effet de rhizoctone brun et les glucoalcaloïdes sur la valeur nutritionnelle
et la teneur des molécules bio-actives de la pomme de terre « *Solanum
tuberosum L* », dans la région du souf*

Présentés Par :

M^{lle}. BENGUEUGGA Sabah

M^{lle}. BOUKHEZZA Madina

Devant le jury composé de :

Président : Mr. BOUALI Nouredine

M.A.A, Université'El-Oued

Promoteur : Mme. TOUMI Ikram

M.C.B, Université'El-Oued

Examineur : Mr. ALIA Zaid

M.C.B, Université'El-Oued

Année universitaire : 2018/2019



Remerciements

*Nous tiens avant tout à remercions **Dieu** pour nous avoir inspiré la volonté et le courage d'acheminer ce travail jusqu'à la fin.*

*Nous tenons à remercier notre encadreur : madame **TOUMI Ikram** qui pour leur expérience ; nous a guidé dans la réalisation de ce travail Leur conseil et recommandation ont été précieux pour l'aboutissement de ce travail.*

Nous remercions très sincèrement les membres du jury :

***Mr. ALIA Zaïd** et **Mr. BOUALI Noureddine**, pour avoir accepté de présider le jury.*

*Nos vifs remerciements vont également aux : **Mr. SAADI hamza**, **Mr. MADJOUR Abdelhak**, **Mr. GURMAM Ammar adjilani** et aussi on remercie tous les personnages de laboratoire de la faculté des sciences de la nature et de la vie d'**UNIVERSITÉ ECHELAHID HAMMA LAKHDAR D'EL-OUED**.*

Nous remercions tous les travailleurs de la direction des affaires agricoles d'EL-OUED qui nous ont fourni conseils et assistance. Nous tiens particulièrement à remercier l'ensemble des agriculteurs qui ont accepté de nous recevoir sur leurs exploitations.

*Nous remercions **notre parents** et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à réaliser ce travail.*

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

L'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour moi voir réussir, que dieu garde dans son vaste paradis, à toi:

monpère.

*À la lumière de mes jours, à la source de mes efforts, à la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur ; **maman** que j'adore.*

*A mes frères : **Ayoub, Souhíl, Yasser, Abdel Barí***

*A mes chères princesses sœurs : **Nour el-houda, belkaïs, meí ettassnám***

*A mes chers petits : **amír ,amadjed, louaí, assínate, bíbares et sesparents***

*À mes plus chers amis de ma vie : **Safia, Baríza,***

Mebaraka, Khadídja, nessrín, sara

A tous les professeurs qui m'ont aidé dans ce travail

*A tous les étudiants de la **promotion master toxicologie 2019.***

A ceux qui m'ont soutenu, m'ont encouragé durant toute ma période d'étude, et pour leurs sacrifices consentis.

Madína



Dédicace

Je dédie cet ouvrage :

*A là l'âme de ma mère dieu la bénisse : **Fatima***

*A mon très chère père que dieu le garde : **Moussa***

*A vous mes chers frères : **Saïd, Bachir, Ali, Ibrahim***

Amer, Hicham, Abdelfattah**, et mes belles sœurs : **Badra, El-

***Atra, Aïcha**, qui m'avez soutenu et encouragé durant ces*

années.

*A nous chers petits : **Islam, Malek, Nour** et ses parents*

A ma grand-mère, mes tantes, mes ancêtres, mes voisines

*(**Suzanne, Fatima Zahra, Djamila, Hadda,**)*

A tous mes amis d'étude chacun de son nom et surtout ma

*copine du travail : **Madina Boukhezza***

Sabah



Résumé :

Notre travail pour objectif d'étudier l'effet du *rhizoctone brun*, et la toxicité des glucoalcaloïdes sur la valeur nutritionnelle de la pomme de terre (*Solanum tuberosum L*) et d'évaluer leur composition Bio-Actives dans la région d'Oued Souf. Pour atteindre notre objectif, la teneur en métabolites I, métabolites II et de la vitamine C a été déterminé à travers des analyses physicochimiques des tubercules ainsi que des tests phytochimiques.

Les résultats obtenus dans cette expérience montrent que la présence du champignon (*Rizoctonia solani*) et la concentration élevée en glucoalcaloïdes des métabolites primaires de (*solanum tuberosum L*) entraînant une modification significative de la concentration en métabolites primaires «**glucides (tubercule sain;14,6 mg / g ,tubercule infecté par le rhizoctone brun; 6,7 mg /g, tubercule vert;24 mg /g), lipides (tubercule sain;3,05 mg /g, ,tubercule infecté par le rhizoctone brun; 2,5 mg /g, tubercule vert; 3 mg / g) et protéines (tubercule sain;1,5 mg /g, tubercule vert;2 mg /g, tubercule infecté par le rhizoctone brun; 1 mg /g)**»due aux l' attaque de facteurs pathogènes dans le tubercule.

Par contre pour les résultats des métabolites II, nous avons observé une diminution significative entre les échantillons malades et sains. Il y avait une réduction significative **des composés phénoliques (tubercule sain; 0.56 mg/g, tubercule infecté par le rhizoctone brun0.23 mg/g et tubercule vert;0.24 mg/g) et des flavonoïdes (tubercule sain0.18 mg/g, tubercule vert; 0.051 mg/g et tubercule infecté par le rhizoctone brun 0.040 mg/g)**. Les tubercules (*Solanum tuberosum L*) infectés utilisent leurs métabolite I dans la défense contre l'agression de du *rhizoctone brun*, on diminuant ainsi ces réserve en substance bioactives

Mots clés : métabolites II, *solanum tuberosum L*, *Rhizoctonia solani*, métabolites primaire, glucoalcaloïdes. Région du souf

Abstract:

The objective of our study is to evaluate the impact of potato diseases (*Solanum tuberosum* L) on their nutritional value and to evaluate their composition of bioactive substances in the region of Oued Souf. To reach our goal, the content of metabolites I, metabolites II and vitamin C was determined through physicochemical analyzes of tubers and phytochemical tests.

The results obtained in this experiment show that the presence of the fungus (*Rhizoctonia solani*) and the high concentration of glucoalcaloïdes of the primary metabolites of (*solanum tuberosum* L) result in a significant change in the concentration of primary metabolites **carbohydrates** (healthy tuber;14.6 mg /g ,green tuber;32.4 mg /g, brown rhizoctone infected tuber;6.7 mg /g), **lipids** (healthy tuber;3.05 mg /g, green tuber;3 mg / g, brown rhizoctone infected tuber2.5 mg / g) and **proteins** (healthy tuber;1.5 mg /g, green tuber; 2 mg /g, brown rhizoctone infected tuber ;1 mg / g);due to the attack of pathogenic factors in the tuber.

On the other hand, through the results of the II metabolites we observed a significant decrease between the sick and healthy samples. It is a significant reduction of **phenolic compounds** ;(healthy tuber; 0.56 mg/g ,brown rhizoctone infected tuber; 0.23 mg/g and green tuber; 0.24 mg/g) and **flavonoids**(healthy tuber;0.18 mg/g, green tuber; 0.051 mg/g and brown rhizoctone infected tuber0.040 mg/g) due to the effect of *Rhizoctonia solani* mushroom and the concentration glucoalcaloïdes in the removal of these compounds .

Key words: metabolites II, *Solanum tuberosum* L, *Rhizoctonia solani*, primary metabolites, glucoalcaloïdes, souf region.

LISTE DES ABRIVIÈTIONS

PdT : pomme de terre

Pf : poids frais

PS ; poids sec

AJR : apports journaliers recommandés

ADN : Acide désoxyribonucléique

AA : acide ascorbique

M₀ : tubercules sains

M₁ : tubercules malade par le rhizoctone brun

M₂ : tubercules verts

g : Gramme

mg : milligramme

h : Heure

L: Liter

FAO: Food and Agriculture Organization

C° : degré Celsius

ml : Millilitre

µg : microgramme

MS : matière sèche

Liste de figures

Figure	Titre	Page
01	L'origine génétique des espèces cultivées de pomme de terre	05
02	les feuilles composées de la pomme de terre	07
03	Caractéristiques morphologiques de la pomme de terre	08
04	Coupe longitudinale d'un tubercule de pomme de terre	10
05	Principaux organes extérieurs du tubercule de pomme de terre	10
06	Les différentes formes des tubercules de pomme de terre	11
07	Composition chimique du tubercule de pomme de terre	12
08	Cycle de vie de pomme de terre	14
09	les symptômes de rhizoctone brun sur le tubercule et les racines	21
10	cycle de développement de maladie Rhizoctone Brun	22
11	le verdissement de tubercule de PdT	24
12	Structures chimiques de l' α -solanine	24
13	Structures chimiques de l' α -chaconine	25
14	la structure chimique de flavonoïde	28
15	la variété 'Spunta' de pomme de terre	35
16	Représentation géographique du site expérimental (El Zegoum) dans la Commune de « HASSANI ABD EL KARIM »	36
17	les variétés de PdT étudiées	37
18	diagramme de plan de travail au laboratoire	37
19	le séchage de l'échantillon de pomme de terre	38
20	Diagramme des tests phytochimiques	40
21	diagramme d'extraction des glucides, lipides et protéines totaux	20
22	les étapes d'extraction de métabolite secondaire	45
23	Taux de cendres des tubercules de <i>Solanum tuberosum</i> L	50
24	le taux des glucides sur les échantillons étudiés	51
25	taux des protéines dans les échantillons étudiés	52
26	teneur en lipides dans les échantillons étudiés	53
27	taux des composés phénoliques des échantillons étudiés	55
27	le taux des flavonoïdes sur les échantillons étudiés	56

Liste de tableau

Tableau	Titre	Page
Tableau 01	les maladies de pomme de terre	19
Tableau 02	la valeur nutritionnelle de la pomme de terre	29
Tableau 03	description de caractéristique de variété «Spunta »	35
Tableau 04	dilution de l'acide gallique.	46
Tableau 05	Taux d'humidité des pommes de terre.	49
Tableau 06	Résultats des tests phytochimiques les tubercules de <i>Solanum tuberosum</i> L .	54
Tableau 07	Teneur en vitamine C dans la pomme de terre étudiée.	57

SOMMAIRE

Remerciements

Dédicaces

Résumé

Listes d'abréviation

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction	1
Partie 01 : Recueil bibliographique	
Chapitre 01 : Généralité sur la pomme de terre	
I.Origine de la pomme de terre :.....	5
II.Classification :.....	6
III.Description botanique et morphologique :.....	6
3.1.La partie aérienne :.....	6
3.1.1.Les tiges :.....	6
3.1.2.Les feuilles :.....	7
3.1.3.Les fleurs :.....	7
3.2.Partie souterraine :.....	7
3.2.1.Les tiges rhizomateuses :.....	8
3.3.Structure du tubercule :.....	9
3.3.1.Structure externe :.....	9
3.3.2.Structure interne :	9
3.4.Caractéristiques du tubercule :	11
3.4.1.La forme :.....	11
3.4.2. La couleur :.....	11
3.5. Composition chimique du tubercule :	11
IV.Cycle de reproduction et physiologique :.....	12
4.1.Cycle sexué :	12
4.2.Cycle végétatif :.....	13
4.2.1.Le repos végétatif :	13
4.2.2.La germination :.....	13
4.2.3.La croissance :.....	13
4.2.4.La tubérisation :	13

4.2.5.La maturation :	14
V.L'exigence écologique de la production de la pomme de terre :.....	15
5.1.Exigences climatiques :.....	15
5.1.1.Température :.....	15
5.1.2.Lumière :	15
5.2.Exigences édaphiques :.....	15
5.2.1.Structure et texture du sol :	15
5.2.2.pH :.....	16
5.2.3.Salinité :	16
VI.Les variétés de la pomme de terre :.....	16
6.1.Différentes variétés cultivées en Algérie :.....	16
6.2. La culture saisonnière de la pomme de terre en Algérie par wilaya :	17
VII.Utilisation de la pomme de terre :.....	17
7.1.Au couté alimentaire :	17
7.2.Sur le plan médicinal :.....	17
Chapitre 02 : les maladies de la pomme de terre	
I.Généralité :.....	19
II. Rhizoctone Brun :.....	21
2.1.Définition :.....	21
2.2.Symptômes :	21
2.3.La lutte de maladie :.....	23
III.Le verdissement de pomme de terre :.....	23
3.1.Les causes de verdissement :.....	25
3.1.1.La variété de <i>S. tuberosum</i> L :.....	25
3.1.2.Le climat :	25
3.1.3.Conditions de stockage et exposition à la lumière :.....	25
3.1.4.Maturité et taille des tubercules :.....	25
3.1.5.Techniques de culture :.....	26
3.2.La toxicité des glucoalcaloïdes :.....	26
3.3.Les symptômes de l'intoxication :.....	26
Chapitre 03 : la qualité nutritionnelle	
Généralité :.....	28
II. Macronutriments :.....	30
2.1. Amidon :.....	30

2.2. Les Glucides :.....	30
2.3. Les protéines :.....	30
2.4. Les lipides :.....	30
III. Micronutriments :.....	31
3.1. Minéraux :.....	31
3.2. Les Antioxydants :.....	31
3.2.1. Caroténoïdes :.....	31
3.2.2. Les flavonoïdes :.....	31
3.2.3. Les polyphénols :.....	32
3.2.4. Vitamine C :.....	32
Partie 02 : partie expérimental	
Chapitre 01 : Matériels et Méthodes	
I. Préambule :.....	35
II.matériel végétal :.....	35
III.Caractères généraux de la variété Spunta :.....	35
IV.Méthode de mesure des paramètres physico-chimique de la pomme de terre :.....	38
4.1.Teneur en eau (humidité) :.....	38
4.2.teneur de cendres :.....	39
V.Tests phytochimiques :.....	39
5.1.Test des alcaloïdes :.....	39
5.2.Test des saponines :.....	39
5.3.Test des Tanins :.....	40
VI.Dosage de macromolécule :.....	41
6.1.Dosage de glucide :.....	43
6.2.Dosage de protéine :.....	43
6.3.Dosage de lipide :.....	44
VII.Dosage de molécule Bio-Actives :.....	45
7.1.Dosage des polyphénols :.....	46
7.2.Dosage des flavonoïdes :.....	46
7.3.Dosage de la vitamine C :.....	47
Chapitre 02 : Résultats et discussion	
I. Propriétés physico-chimiques :	49
1.1. Teneur en eau (humidité) :	49
1.2. Teneur en cendres :.....	50

II. Teneur en macronutriments :.....	51
2.1. Teneur en Glucides :	51
2.2. Dosage des protéines :	52..
2.3. Teneur en lipides :.....	53
III. Les résultats des tests phytochimiques :.....	54
IV. Teneur en micronutriments :	54
4.1. Composés phénoliques :	54
4.2. Teneur en Flavonoïdes :.....	55
4.3. Teneur en vitamine C :.....	57
Conclusion et perspectives	
Références bibliographiques	
Annexes	

Introduction

Introduction générale

La pomme de terre (*Solanum tuberosum L*) est l'un des produits alimentaires de base les plus importants et les plus précieux du monde et produit plus de matière sèche et de protéines (Burton, 1989). Son volume de production se situe au quatrième rang mondial après le riz, le blé et le maïs. En Algérie, la pomme de terre considérée parmi les principales cultures maraîchères. (FAO, 2005)

Le tubercule de (*Solanum tuberosumL*) accumule de grandes quantités d'amidon, mais aussi de lipides et des fibres et de vitamine C. L'amidon est le principal glucide d'importance nutritionnelle et constitue par conséquent la caractéristique la plus importante à évaluer. Les pommes de terre constituent également une source importante de protéines, même si elles ne sont généralement pas considérées comme une bonne source de protéines en raison de leur faible teneur globale par rapport aux autres sources de légumes crus (Storey & Davies, 1992). Elle aussi constitué une bonne source de minéraux et oligo-éléments présents dans une quantité très moindre qui est nécessaire au métabolisme et à la croissance de l'organisme (Desborough, 1985 ; Horton & Sawyer, 1985), Outre leur effet positif sur la prévention de certaines maladies cancéreuses, en raison de leur fort teneur en antioxydants, de polyphénols et des flavonoïdes. Compte tenu de ses caractéristiques nutritionnelles, la pomme de terre peut être considérée comme un substitut partiel des cultures céréalières.

D'après les données du **Ministère de l'Agriculture (2018)** la surface cultivée en pomme de terre en Algérie occupe environ 38 % de la superficie cultivée en culture maraîchère et 30%de la production totale. Dans la wilaya d'El Oued, les premiers essais de la culture de pomme de terreété lancé durant les années 1995-1997 dans la zone du Souf par l'assistance technique de la DSA.D'après les données de la (D.S.A.2018), la superficie cultivée en pomme de terre dans la wilaya est d'environ **26.200 ha**, assurant une production de **7.860.000 QTX**.

La région d'Oued Souf est l'une des zones connues pour la culture de la pomme de terre. En effet cette culture est affectée par de nombreuses maladies, aussi bien virales, bactériennes, que fongiques ou maladies causé par des insectes. C'est sur cette base que nous sommes revenus dans notre étude sur les maladies les plus courantes. Y compris la maladie cryptogamique (la *Rhizoctone brun*) la plus fréquente dans cette région en particulier en cette année.

Introduction générale

Le *Rhizoctonia solani* est le principal agent pathogène de la *Rhizoctone brun* et qui infecte les tubercules, les tiges et les stolons, causant des lésions brunâtres ou noires qui cernent souvent la partie infectée et entraînent des pertes de rendements. Les sclérotés noirs qui se forment sur la peau des tubercules peuvent également réduire la qualité de la récolte. Le rhizoctone brun peut aussi provoquer la malformation et la fissuration des tubercules. **(Hide G, et al. 1985)**

Les tubercules de la *Solanum tuberosum L* peuvent également être sujets à des maladies physiologiques, qui les rendent propres à la commercialisation. Ces maladies sont induites par des troubles de croissance, liés notamment aux variations climatiques, ou à des conditions de stockage inadaptées **(OCDE, 2002)**. L'un de ces maladies est le taux élevé des glucoalcaloïdes toxiques (α -solanine et α -chaconine) qui constituent une défense naturelle chez les plantes de la famille des solanacées contre les insectes prédateurs. Cependant, à des concentrations élevées, ces composés peuvent avoir des effets nuisibles sur la santé humaine et beaucoup de cas d'empoisonnements dus à la consommation de pommes de terre ont été signalés **(Abreu et al, 2007)**. Le taux des glucoalcaloïdes augmente avec la durée d'exposition et l'intensité de la lumière et causer le verdissement des tubercules de pomme de terre et donner un goût amer lors de leur ingestion, c'est pour cela que la pomme de terre doit toujours être conservée à l'obscurité. **(Bruneton, 2001 ; Wang et al, 2005)**.

L'objectif de notre étude est de mettre en évidence l'impact des maladies de la pomme de terre sur leur valeur nutritionnelle et d'évaluer leur composition bioactives. Pour atteindre ces objectifs, nous avons jugé utile de structurer notre travail comme suite :

La première partie consacrée à l'étude bibliographique évoquant des généralités sur la culture de la pomme de terre, des différentes maladies de la pomme de terre, et la composition physico-chimique des tubercules.

La deuxième partie décrit l'échantillonnage, le matériel et les méthodes utilisés pour l'extraction et l'évaluation de la teneur en différents composants (macro et micronutriments) de la pomme de terre. Les résultats obtenus sont discutés également dans cette partie, suivis d'une conclusion générale et des perspectives.

Partie 01 : Recueil bibliographique

Chapitre 01 : Généralité sur la pomme de terre

I. Origine de la pomme de terre :

Le nom botanique de la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) Il a été donné par Gaspar Bauhier (1560-1624), naturaliste suisse en 1595 (Oswaldo, 2010). Elle appartient à la famille des Solanacées. Cette famille réunit en plus de la pomme de terre plusieurs plantes cultivées ou spontanées, entre autres : la tomate, le tabac, l'aubergine, le datura. Le genre *Solanum* comprend 2000 espèces dont plus de 200 sont tubéreuses (Hawkes, 1990 ; Doré et al., 2006). On pensait autrefois que la pomme de terre était issue d'une plante sauvage unique, l'espèce *S. tuberosum* L. . Dès 1929, les botanistes AVAIENT montré que cette origine était plus complexe et que l'on retrouvait parmi les ancêtres des espèces de pomme de terre cultivées, des plantes sauvages différentes (Rousselle et al. 1992 ; Doré et al, 2006).

La figure 1 représente l'origine génétique des espèces cultivées de pomme de terre. (Hawkes, 1990) propose une hypothèse qui donne à *S. tuberosum* une nature allo-tétraploïde issue d'un amphidiploïde entre *S. sparsipilum* et *S. stenotomum*. Mais d'autres auteurs pensent qu'il s'agit d'un autotétraploïde compte tenu de son comportement cytogénétique. Iwanga et Peloquin (1982) expliquent que l'espèce serait apparue grâce à la présence de diplogamètes chez les ancêtres.

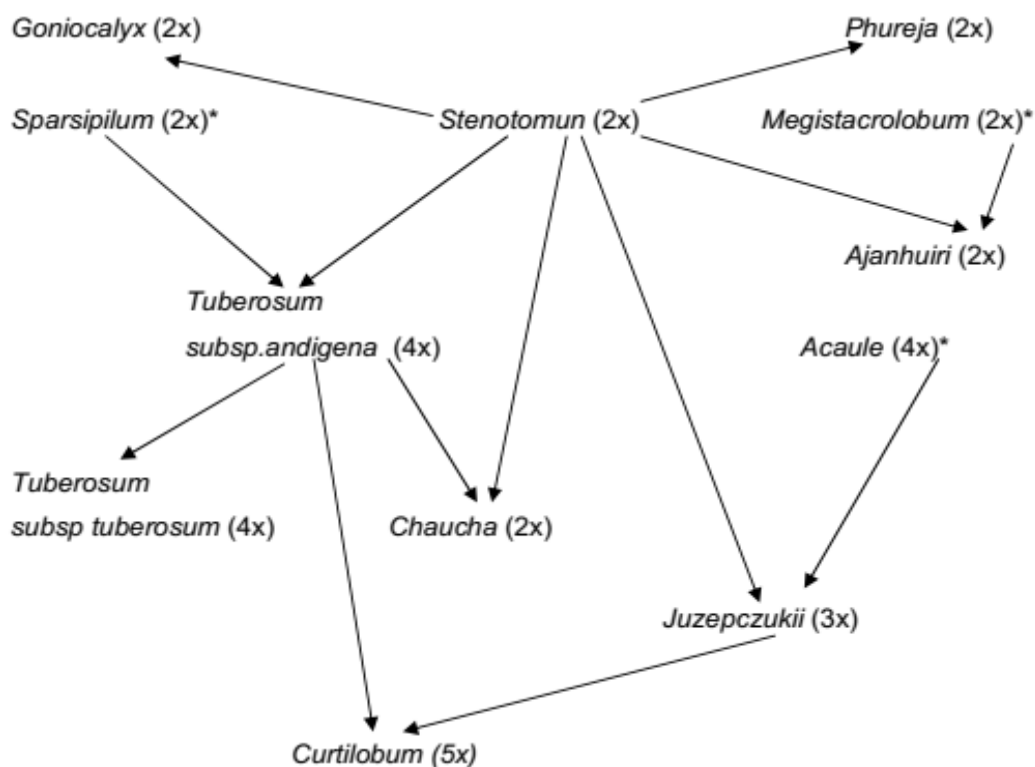


Figure 01 : L'origine génétique des espèces cultivées de pomme de terre d'après (Hawkes, 1990) in Rousselle et al. (1996).

II. Classification :

Selon la classification de **Cronquist (1981)**, la pomme de terre appartient au :

Règne : Plantae

Sous-règne : Tracheobionta

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Sous-classe : Asteridae

Ordre : Solanales

Famille : Solanaceae

Sous-famille : Solanoideae

Genre : *Solanum*

Espèce : *Solanum tuberosum* L.

III. Description botanique et morphologique :

La pomme de terre est une plante vivace, herbacée, dicotylédone et tubéreuse de la famille (*Solanum tuberosum* L.), (elle perd ses feuilles et ses tiges aériennes dans la saison froide), à port dressé, qui peut atteindre 1 m de hauteur⁴, plus ou moins étalé avec l'âge. C'est une vivace grâce à ses tubercules, à condition que le climat leur permette de survivre à la saison froide ; mais elle est cultivée comme une plante annuelle. Du point de vue botanique elle n'est pas un légume racine mais un légume tige : les tubercules sont des tiges souterraines transformées (**Dimitri, 1987**)

Elle appartient à la famille des Solanacées, qui sont des plantes à fleurs, leurs tubercules riches en amidon et possédant des qualités nutritives. (**BOUFARES, 2012**).

3.1. La partie aérienne :

3.1.1. Les tiges :

La pomme de terre présente deux types de tiges (tiges principales et latérales) herbacées : des tiges aériennes, à section circulaire ou angulaire, sur lesquelles sont disposées les feuilles, et des tiges souterraines, les rhizomes, sur lesquelles apparaissent les tubercules (**SOLTNER, 1979**).

(Les tiges aériennes) : naissent à partir de bourgeons présents sur le tubercule utilisé comme semence. Elles sont herbacées au nombre de 2 à 10, parfois plus, et ont un port plus au moi

dressé et une section irrégulière, succulentes et peuvent atteindre de 0,6 à 1.0 mètre de long. Normalement de couleur verte, elles peuvent exceptionnellement présenter une coloration rouge pourpre. Dans la phase finale de leur développement, les tiges aériennes peuvent devenir relativement ligneuses à la base (**SOLTNER, 1979**).

3.1.2. Les feuilles :

Caduques, alternes, ont de dix à vingt centimètres de long. Elles sont composées imparipennées et comptent 7 à 9 folioles de forme lancéolée et de taille hétérogènes, de toutes petites folioles s'intercalant par paires entre les plus grandes. Les feuilles basales peuvent parfois être entières. Elles présentent des poils ou trichomes à leur surface, en quantité variable selon les cultivars. Les richomes peuvent être unisériés, glandulaires et à tête pluricellulaire plus ou moins sphérique.



Figure02: les feuilles composées
de la pdt (wikipedia.2019)

3.1.3. Les fleurs :

Les inflorescences sont des cymes axillaires, les fleurs sont autogames ne contiennent pas de nectar, elles sont donc peu visitées par les insectes et la fécondation croisée est presque inexistante dans la nature (**ROUSSELLE et al. 1992**). Les fleurs sont généralement de couleur blanche, rose, bleue ou lilas violacé. En général les variétés à peau blanche ont des fleurs blanches, tandis que les variétés à peau colorée ont des fleurs colorées (**Nyabyenda, 2005**).

Elles sont composées de 5 sépales soudés à leur base, 5 pétales soudés également, 5 étamines libres, accolées les unes aux autres et un pistil à un seul style. Chez certaines variétés comme Bintje, les boutons floraux avortent (**Crosnier, 1999**). Ces fleurs donnent des fruits en forme de baie contenant des graines plates et blanchâtres, chaque baie peut contenir plusieurs dizaines de graines. Les graines de la pomme de terre ne sont utilisées qu'en amélioration génétique afin d'obtenir de nouvelles variétés (**ROUSSELLE et al. 1992**).

3.2. Partie souterraine :

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 (Les tiges rhizomateuses) ou stolons (**BERNHARDS, 1998**).

3.2.1. Les tiges rhizomateuses :

Sont formées par des bourgeons latéraux plus ou moins longs qui naissent à la base des tiges aériennes. Elles naissent alternativement des sous-nœuds situés sur les tiges aériennes et croissent à l'horizontale sous la surface du sol. Chaque rhizome engendre un tubercule par le grossissement de son extrémité distale.

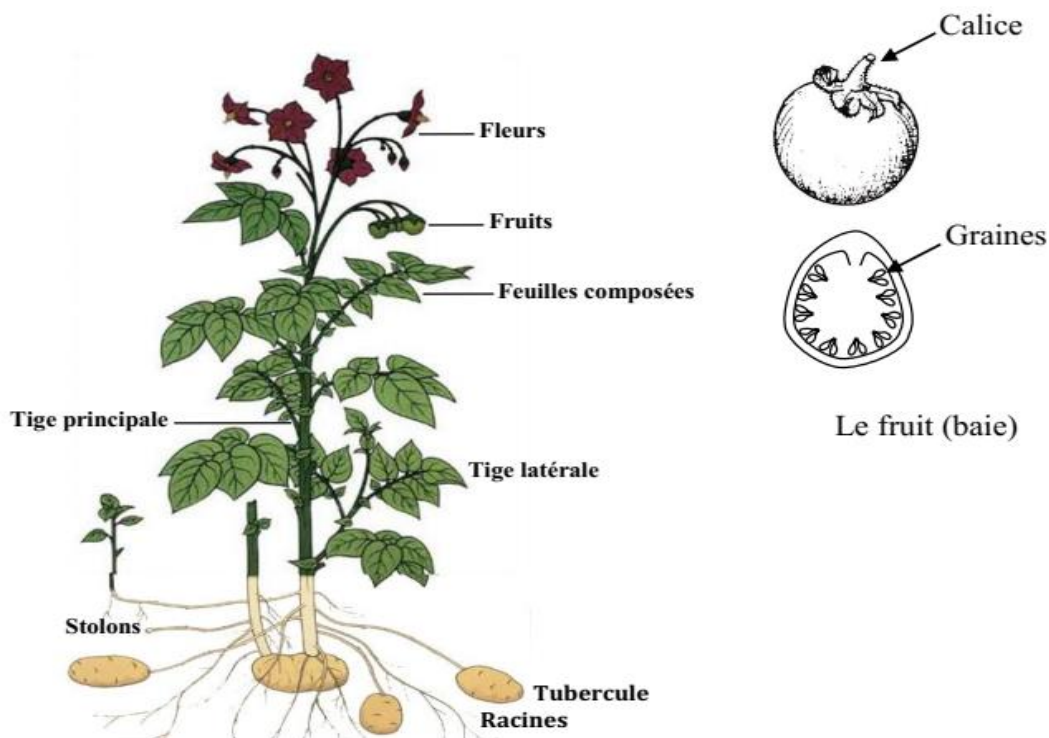
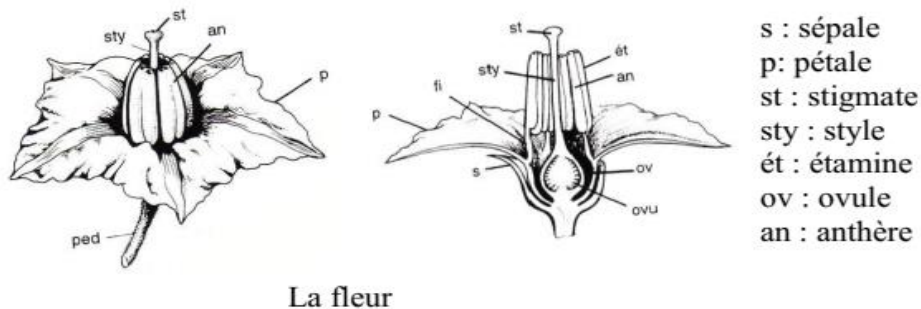


Figure 03 : Caractéristiques morphologiques de la pomme de terre

3.3. Structure du tubercule :

Les tubercules qui résultent d'une modification des tiges souterraines fonctionnent comme organe de réserve de nutriments.

3.3.1. Structure externe :

Le tubercule de pomme de terre est une tige souterraine avec des entre-nœuds courts et épais. Il a deux extrémités :

- Le talon (ou hile) rattaché à la plante- mère par le stolon.
- La couronne (extrémité apicale opposée au talon) où, la plupart des yeux sont concentrés.

Les yeux sont disposés en spirale et leur nombre est fonction de la surface (ou calibre) du tubercule. Chaque œil présente plusieurs bourgeons qui donnent des germes. Ces derniers produisent, après plantation, des tiges (principales et latérales), des stolons et des racines. Dans une coupe transversale, on distingue le cortex, le parenchyme vasculaire de réserve, l'anneau vasculaire plus ou moins marqué et le tissu médullaire. **(BERNHARDS, 1998).**

3.3.2. Structure interne :

Sur la coupe longitudinale d'un tubercule arrivé à maturité, on observe de l'extérieur vers l'intérieur tout d'abord :

Le péri derme, connu plus communément sous le nom de la peau. La peau du tubercule mûr devient ferme et à peu près imperméable aux produits chimiques, gazeux et liquides. Elle est aussi une bonne protection contre les micro-organismes et la perte d'eau.

Les lenticelles assurent la communication entre l'extérieur et l'intérieur du tubercule et jouent un rôle essentiel dans la respiration de cet organe. L'examen au microscope optique montre que les cellules des parenchymes péri vasculaires sont petites et contiennent de très petits grains d'amidon.

Les cellules du parenchyme cortical sont plus grandes et renferment beaucoup plus de grains d'amidon, de moindre taille que dans la moelle. Le tissu de revêtement (le périderme) est la région du tubercule la plus pauvre en grains d'amidon. La zone péri-médullaire présente les plus gros grains d'amidon **(BERNHARDS, 1998).**

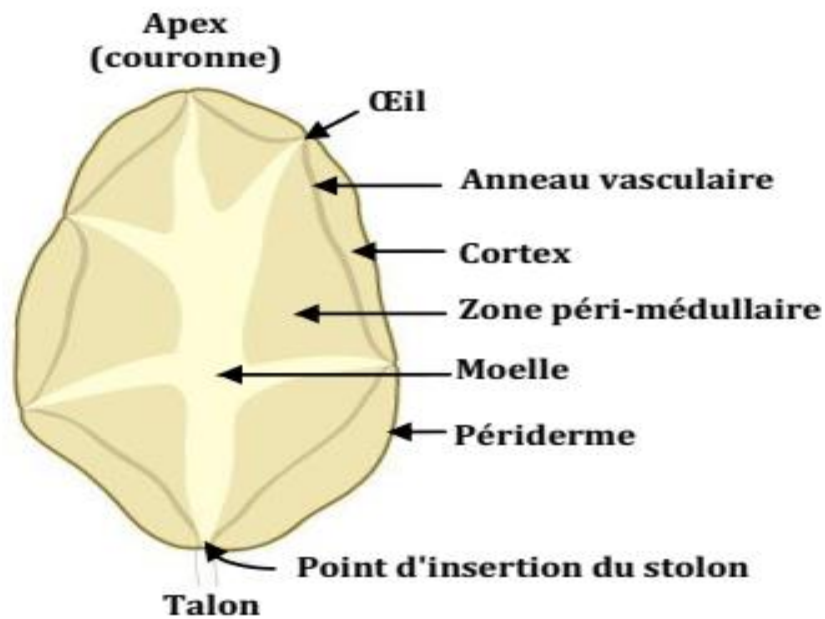


Figure 04 : Coupe longitudinale d'un tubercule de pomme de terre (ROUSSELLE et al.,1996)

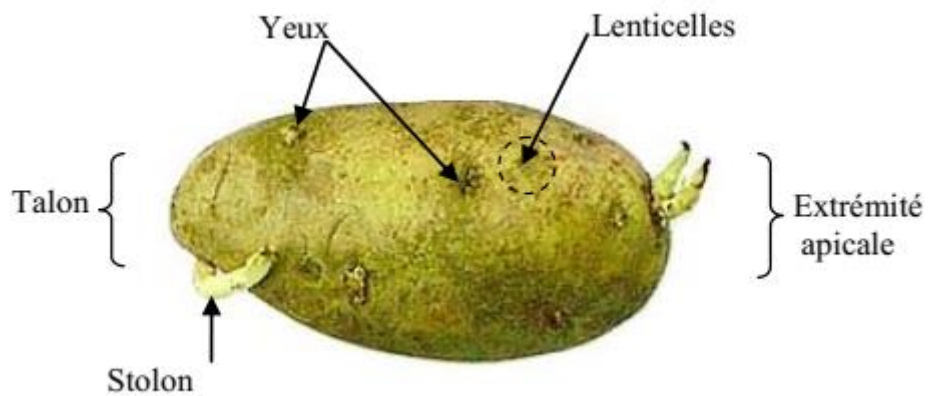


Figure 05 : Principaux organes extérieurs du tubercule de pomme de terre (BUFARES, 2012)

3.4.Caractéristiques du tubercule :

La couleur de la chair est blanche, jaune plus ou moins foncé, rose ou violette selon les variétés.

3.4.1. La forme : Les tubercules sont classés en trois grands types :

- **Les claviformes** : qui sont plus ou moins en forme de rein, comme (la Ratte).
- **Les oblongs** : de forme plus ou moins allongée (un peu comme un kiwi), comme (*Ostara Bintje Spunta* ou *Béa*).
- **Les arrondis** : qui sont souvent bosselés ; ce sont des variétés surtout destinées à produire de la fécule. (BUFARES, 2012)

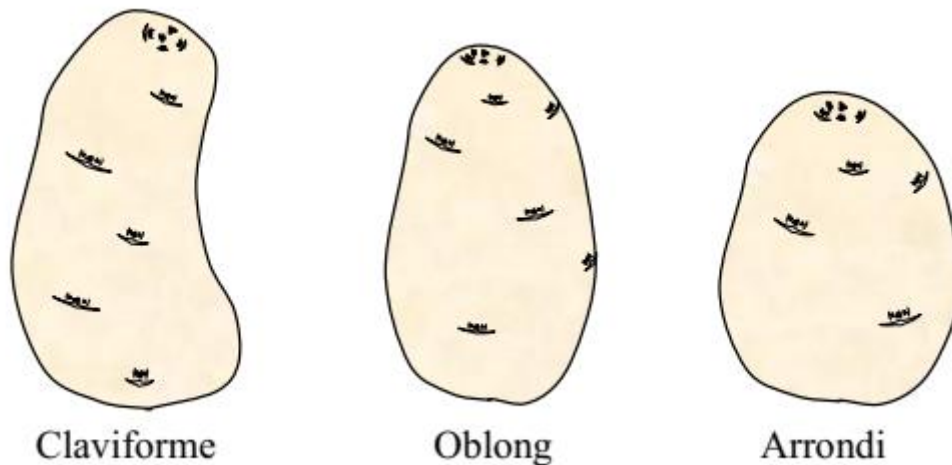


Figure 06 : Les différentes formes des tubercules de pomme de terre (BUFARES, 2012)

3.4.2. La couleur :

Il faut distinguer deux couleurs ; de la peau et de la chair

- **La couleur de la peau** : est généralement jaune, mais peut être rouge, noire, brune ou rosée.
- **La couleur de la chair** : elle est blanche, jaune plus ou moins foncée, rose ou violette selon les variétés (ROUSSELLE *et al.*, 1992).

3.5.Composition chimique du tubercule :

Le tubercule est constitué, principalement, **d'eau** (environ 75% du poids). Le reste est formé par la matière sèche : acides aminés, protéines, amidon, sucres (saccharose, glucose, fructose), vitamines (C, B1), sels minéraux (K, P, Ca, Mg), acides gras et organiques (citrique, ascorbique). (ROUSSELLE *et al.*, 1992)

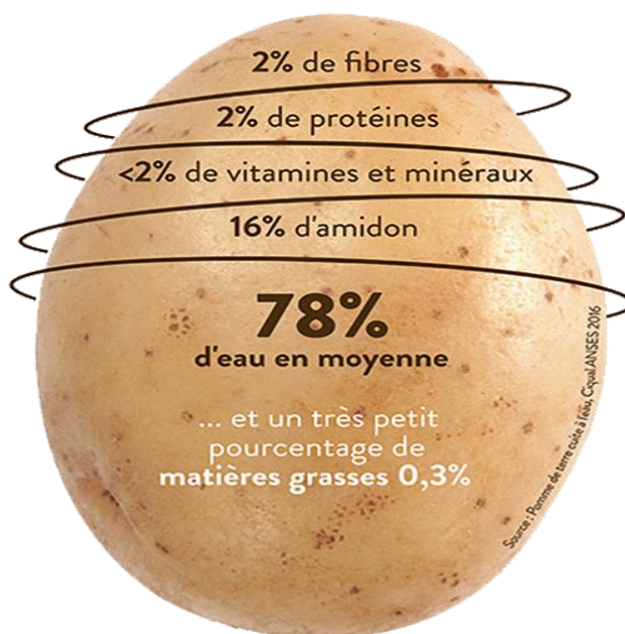


Figure 07 : Composition chimique du tubercule de pomme de terre

(U.S. National Nutrient Database.2018)

IV. Cycle de reproduction et physiologique :

4.1.Cycle sexué :

Le fruit est une baie sphérique ou ovoïde de 1 à 3 centimètres de diamètre, il contient généralement plusieurs dizaines de graines (BERNHARDS, 1998), et peut contenir jusqu'à 200 graines (ROUSSELLE et al.1992).

La pomme de terre est très peu reproduite par graines dans la pratique agricole, cependant la graine est l'outil de création variétale (SOLTNER, 2005).

La germination est épigée et les cotylédons sont portés au-dessus du sol par le développement de l'hypocotyle. En conditions favorables, quand la jeune plante a seulement quelques centimètres de hauteur, les stolons commencent à se développer d'abord au niveau des cotylédons puis aux aisselles situées au-dessus, et s'enfoncent dans le sol pour donner des tubercules (BERNHARDS, 1998).

4.2.Cycle végétatif :

Le tubercule n'est pas seulement un organe de réserve, c'est aussi un organe qui sert à la multiplication végétative de court durée (3 à 4 mois), cette dernière se déroule en cinq étapes :

4.2.1. Le repos végétatif :

A la récolte, le tubercule de pomme de terre ne peut germer même si les conditions de croissance sont favorables (température de 18 à 25° C) et hygrométrie 90%. Sa durée constitue un caractère variétal mais peut être abrégé ou maintenu par différents constituants physiques ou chimiques. Sous l'action de hautes températures durant la végétation, il peut être abrégé (**MADEC et PERENNEC, 1962**). Peut être rompu à une température de 23- 24° C ou par substance chimique (la rindite) par contre il est maintenu à température inférieure à 3° C par des substances antigermes ou bien par des radiations gamma à faibles doses.

4.2.2. La germination :

A la fin du repos végétatif, le germe entre en croissance s'il n'y a pas dormance induite par les conditions du milieu (**MADEC, 1966**).

MADEC et PERENNEC (1962) ont dénommé stade d'incubation, le stade de tubérisation des germes, et période (phase) d'incubation, le temps s'écoulant entre le départ de la germination et la formation des nouvelles ébauches du tubercule par les germes.

4.2.3. La croissance :

A partir des germes produits par le tubercule, se forment des tiges feuillées puis des stolons et des rameaux. (**BISSATI, 1996**)

4.2.4. La tubérisation :

Au bout d'un certain temps, variable selon la variété et le milieu, les extrémités des stolons cessent de croître et se renflent pour former, en une ou deux semaines, les ébauches des tubercules : c'est la tubérisation. Elle se prolonge. Jusqu'au fanage de la plante, par la phase de grossissement. Aucun indice ne permet de déceler, sur les organes aériens, le moment de cette ébauche des tubercules. (**SOLTNER, 1979**)

La croissance des tubercules est très lente pendant la première phase, s'accélère à partir des 55 et 65^{ème} jours et atteint une vitesse plus importante que celle de la partie verte (**HAMADI, 1971**). La tubérisation est provoquée par une dose de substance de tubérisation synthétisée par ce feuillage, plus une quantité pour entraîner la tubérisation définitive accompagnée de l'arrêt de la croissance végétative (**ABDESSALLAM, 1990**).

4.2.5. La maturation :

Elle se caractérise par la sénescence de la plante, par la chute des feuilles ainsi que l'affaiblissement du système racinaire et les tubercules atteignent leur maximum de développement (PERENNEC et MADEC, 1980).

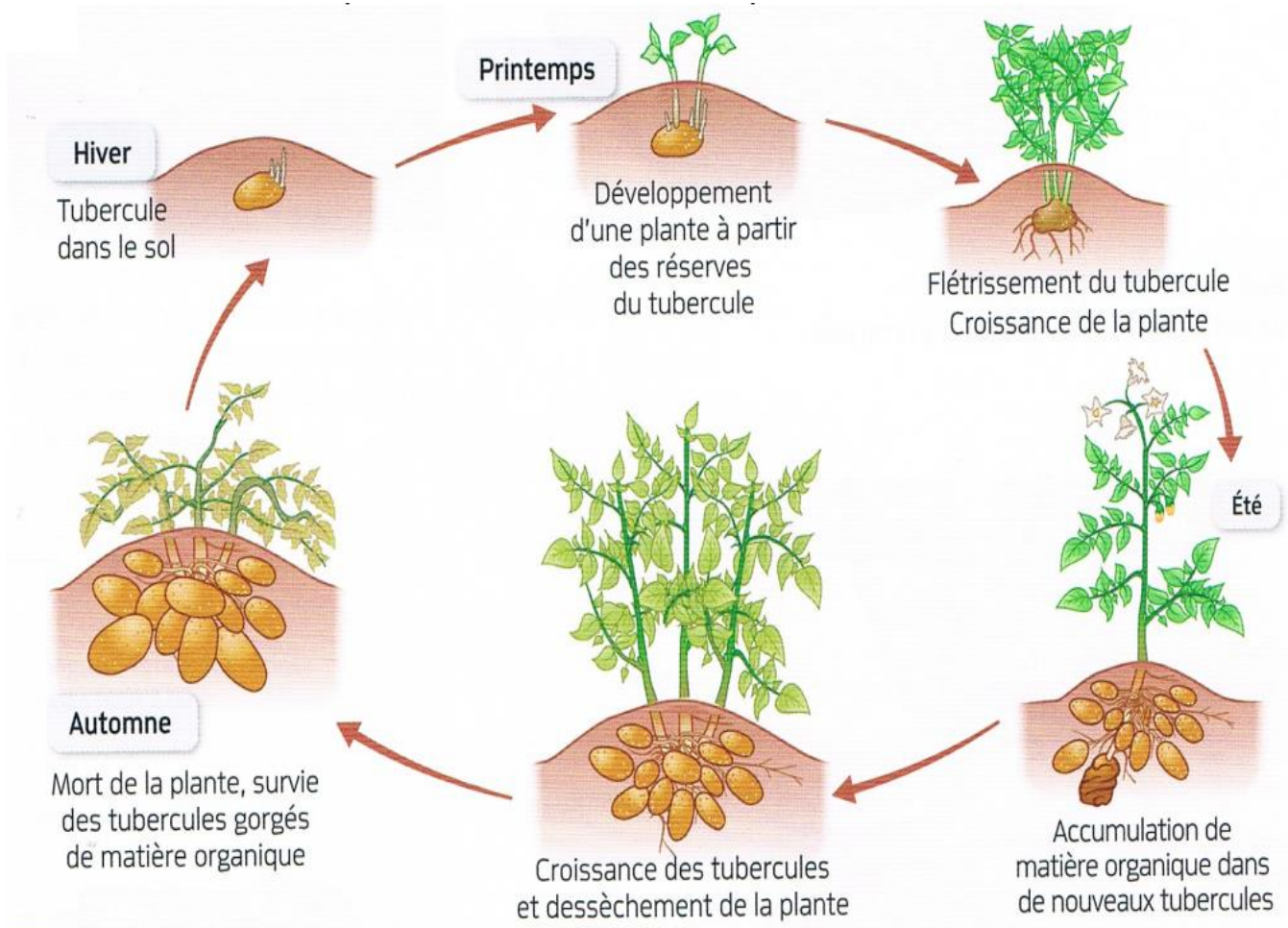


Figure 08 : Cycle de vie de pomme de terre

(SVTICE.2019)

V. L'exigence écologique de la production de la pomme de terre :**5.1.Exigences climatiques :****5.1.1. Température :**

La croissance et la production des tubercules sont étroitement liées à la température et au photopériodisme (**Bekkari, 1991**). Les hautes températures stimulent la croissance des tiges, par contre les basses températures favorisent davantage la croissance des tubercules (**Chibane, 1995**).

La pomme de terre est très sensible au gel. Le zéro de végétation est compris entre **6 et 8°C**. Les températures optimales de croissance des tubercules se situent aux alentours de **18°C** le jour et **12°C** la nuit et le feuillage est tué à **3°C et 4°C**. Une température du sol supérieure à **25°C** est défavorable à la tubérisation. (**ROUSSELLE et al., 1996**)

Une élévation importante de la température (**9°C**) diminue la production des tubercules et cela à cause d'une augmentation du taux de respiration des parties aériennes pendant la nuit au détriment de l'accumulation des carbohydrates dans les tubercules (**Laumonnier, 1979**).

5.1.2. Lumière :

La lumière intervient par son effet photopériodique dans l'induction de la tubérisation et par son intensité dans l'activité photosynthétique (**Bamouh, 1999**).

La pomme de terre est une plante héliophile. Ses besoins en lumière sont importants surtout pendant la phase de croissance. Ce facteur est déterminant pour la photosynthèse et la richesse en fécule des tubercules (**MOULE, 1972**). Chaque variété possède une réaction à la photopériode qui lui propre, ce qui permet de distinguer des variétés à longueur de jour basse est plutôt favorisée par des jours inférieure à **12 h** favorise la tubérisation (variété tardive) qui demandent à être plantées tôt. Les variétés à longueur de jour élevée (**14 à 18h**) (variétés hâtives et demi-hâtives) peuvent être plantées plus tard. En plantation précoce, elles tubérisent très rapidement et manifestent une faible vigueur végétative (**MOULE, 1972**)

5.2. Exigences édaphiques :**5.2.1. Structure et texture du sol :**

En général, la pomme de terre se développe mieux dans des sols à texture plus ou moins grossière c'est-à-dire dans les terres sableuses et les terres humifères toujours fraîches sans excès

d'humidité que dans des sols à texture fine et battante (texture argileuse ou argilo-limoneuse) qui empêchent tout grossissement de tubercule (BAMOUEH, 1999).

5.2.2. pH :

Dans les sols légèrement acides (**pH = 5,5 à 6**), la pomme de terre peut donner de bons rendements. Une alcalinité excessive du sol peut causer le développement de la galle commune sur tubercule (BOUFARES, 2012).

5.2.3. Salinité :

La pomme de terre est relativement tolérante à la salinité par rapport aux autres cultures maraîchères. Cependant, un taux de salinité élevé peut bloquer l'absorption de l'eau par le système racinaire. Lorsque la teneur en sel est élevée, le point de flétrissement est atteint rapidement. On peut réduire la salinité d'un sol en le lessivant avec une eau d'irrigation douce (BAMOUEH, 1999).

VI. Les variétés de la pomme de terre :

En effet au-delà de son nom générique, il n'existe pas une ni dix ni cent mais il y'a autour de 10000 variétés de pomme de terre dans le monde.

6.1. Différentes variétés cultivées en Algérie :

Cent vingt variétés sont inscrites au catalogue algérien des espèces et variétés cultivées. Cette inscription est obligatoire pour leur commercialisation. Elle est précédée de deux ans au cours desquels sont évalués les caractères d'utilisation, le rendement, le comportement vis-à-vis des parasites par le service de Contrôle et certification des semences et plants (CNCC, 2014).

Les principales variétés cultivées en Algérie sont :

- **Pour les peaux rouges** : Désirée, Kondor, Bartina, cardinal et Amorosa.
- **Pour les peaux blanches** : Timate, Spunta, Diamant, Lola, Safron Nicolas et Atlas (DSA, 2014).

Qui sont très différents de par leur :

- La forme du tubercule
- La couleur de la peau et de la chair
- La durée de conservation
- La date de mise sur le marché
- La durée de culture

6.2. La culture saisonnière de la pomme de terre en Algérie par wilaya :

- **Primeur** : Boumerdes, Tipaza, Skikda, Alger, Mostaganem, Tlemcen
- **Saison** : Ain-defla, Mascara, Mila, Souk ahras, Boumerdes, Mostaganem, Sétif, Tizi-Ouzou, Tiaret, M'sila, Tlemcen, Batna, Chlef, Bouira, El-oued.
- **Arrière-saison** : Ain-defla, Mascara, Guelma, Chlef, El oued, Tlemcen, Mostaganem, Djelfa...

VII. Utilisation de la pomme de terre :

Une fois récoltée, la pomme de terre peut être utilisée de diverses manières, et pas seulement comme légume. En fait, moins de la moitié des tubercules produits dans le monde sont consommés frais. Le reste est transformé en produits dérivés et en ingrédients alimentaires pour nourrir les vaches et les poulets, en fécule destinée à l'industrie ou bien réutilisé sous forme de plants pour la prochaine saison agricole. C'est la principale denrée alimentaire non céréalière du monde et la production mondiale a atteint le chiffre record de 329 millions de tonnes en 2009 (FAO, 2010).

7.1. Au couté alimentaire :

D'après les chiffres de la FAO, plus des deux tiers des 320 millions de tonnes de pommes de terre produites en 2005 ont été réservés à un usage alimentaire. Qu'ils viennent du jardin potager ou du marché, les **tubercules frais** peuvent être cuits au four, bouillis, frits et accommodés de mille manières : purée, crêpes, boulettes, soupe, salades, au gratin... la liste est longue.

La qualité de la pomme de terre est un ensemble de caractéristiques perçues comme favorable pour l'utilisateur. Elle est très riche en **glucides, vitamines et potassium**. Elle est également riche en fibre et permet un meilleur transit intestinal et en minéraux tels que le potassium qui aide à réguler la tension artérielle, le cuivre qui aide à la formation du sang et des os, le magnésium qui est vital pour la croissance, la niacine qui permet la respiration des tissus et l'élimination des toxines, l'acide folique et le fer essentiel à la formation des globules rouges. (Rousselle (P) et al, 1996).

7.2. Sur le plan médicinal :

La pomme de terre possède plusieurs vertus médicinales. Ainsi, le jus cru de la pomme de terre aurait des propriétés antispasmodiques (destiné à empêcher les spasmes, les convulsions), diurétiques (qui augmentent l'excrétion de l'urine) et antiscorbutiques. Elle est aussi utile contre les ulcères. Crue et tranchée on s'en sert aussi pour soigner les inflammations, les brûlures et les gerçures (encyclopédia.2019)

Chapitre 02 : les maladies de la pomme de terre

I. Généralité :

La pomme de terre peut contracter un ensemble de maladie fongique ou bactériennes ou physiologique qui effectuent la totalité ou une partie de la plante (racine, tige, feuilles, tubercules) pendant la phase de végétation et /ou pendant la phase de conservation des tubercules. Les maladies présentent les aspects les plus divers, allant de la nécrose isolée sur feuille au flétrissement généralisé de système végétatif, de l'altération superficielle à la pourriture destructrice des tubercules. Elles sont provoquées par des agents fongiques et bactériens très différentes à dissémination aérienne ou tellurique. Pour chacun des principales maladies, l'objectif est de faire le point sur la biologie, les symptômes provoqués, la nuisibilité et les méthodes de lutte (YAKHLEF, 2014).

Tableau 01 : les maladies et les ravageurs de la pomme de terre

Maladies		Symptômes	La lutte des maladies	Figure
Les maladies insectes est ravageurs				
Teigne	<i>Phthorimaea operculella</i>	-minage des feuilles et des tubercules, la pourriture et la décomposition des tubercules. (HADDOU et al., 2014)	-Augmentation de profondeur de plantation -Utilisation des insecticides -Nettoyage de sol après récolte	 (FN3PT.2019)
Les doryphores	<i>Decemlineata Leptinotarsa</i>	-les doryphores grignotent les feuilles en laissant uniquement les nervures. (I.B.G.E., 2014).	-Rotation en blocs de la culture, - utilisation des insecticides	 (jardinierparesseux.2019)
Nématodes Gallicoles	<i>Meloidoynes pp</i>	-Les feuilles jaunissent, se flétrissent, les fruits sont plus petits et arrivent moins bien à maturité. Sous la surface du sol les signes sont plus marqués : de petites boules se forment sur les racines et de nombreuses radicules se développent. (binette-et-cornichon, 2006)	- Rotation des cultures - nettoya la culture- Plante nématicides comme engrais. Vert ont également des propriétés nématicides : radis fourrager, crotalaire, rue ou cosmos par exemple.	

Les maladies cryptogamiques				
Le mildiou	<i>Phytophthora infestans</i>	-Des taches foliaires avec bordure jaune et feutrage blanc à la face des feuilles. Des nécroses des feuilles et des tiges Des pourritures sur tubercules.(CHEBBAH,2016).	-protection fongicide bonne buttage - -utilisation des plants sains	 (jardiner-autrement.2019)
Alternariose	<i>Alternaria solani</i> et <i>Alternaria alternata</i>	- Provoqué Sur les feuilles des taches nécrotiques bien délimitées de taille variable situées sur les feuilles pourritures brunes à noires très sèches(I.B.G.E, 2014)...	-éviter les stress accélérant l'affaiblissement des plantes, utiliser les fongicides antis mildiou.	 (FN3PT.2019)
La fusariose	genre <i>fusarium</i>	-Les feuilles de la plante jaunissent et se flétrissent, la plante finit par être complètement desséchée (I.B.G.E, 2014)...	-Eviter les blessures des tubercules lors de manipulations bien sécher les tubercules à la récolte et favoriser la cicatrisation des blessures, utilisation des fongicides.....	 (FN3PT.2019)
Verticilliose	<i>Verticillium dahliae</i> et <i>Verticillium albo-atrum</i>	-provoquent un jaunissement suivi d'un flétrissement total ou unilatéral de la feuille, de la tige ou de la plante avec une coloration brune des vaisseaux.(CHEBBAH,2016).	-Pour la lutte en utilise la rotation minimale de trois ans entre les cultures solanacées, l'utilisation des plants certifiés et traiter par les fongicides avant la plantation.	 (FN3PT.2019)
Les maladies Bactériennes				
Jambe noire	<i>Erwinia carotovora</i>	-Elle apparaît souvent suite à des blessures des tubercules d'origine mécanique ou fléaux, le tissu infecté s'assouplit et prend une couleur marron crème(HAMDANI,2008)	-Il faut éviter les fumures azotées excessives, limiter les blessures de tubercules lors de la manipulation	 FN3PT.2019
Les maladies virales				

PVY	Insecte de Pucerons	taches nécrotiques noires sur les nervures des feuilles, les feuilles deviennent cassantes.	-Résistant aux insectes, facteur important dans la transmission de la maladie et résistance aux méthodes chimiques -Utilisation de semences exemptes de maladies virales (HAMED ,2011)	
PVM	Insecte de pucerons	l'enroulement des feuilles		
PVX	Par contact	apparition de mosaïques limitées par les nervures (CHEBBAH,2016).		

II. Rhizoctone Brun :

2.1.Définition :

Le rhizoctone brun appelé aussi « **rhizoctone noir** », « **variole des tubercules** » ou « **maladie des manchettes** », est une maladie cryptogamique provoqué par un champignon (*Rhizoctonia solani*) se développe à partir des sclérotés noirs fixés sur le tubercule-mère ou présents dans le sol (CHEBBAH, 2016).

2.2.Symptômes :

- jaunissement du feuillage
- la présence de petits tubercules regroupés à la base de la tige.
- Des nécroses brunes sont observées très tôt sur germes, tiges, stolons, enroulement, bord violacé.
- des sclérotés formant des petits amas mycéliens noirs très durs altérations liégeuses, déformations et crevasse physiologique. (Bouchek-Mechiche,2012).



Figure 09 : les symptômes de rhizoctone brun sur le tubercule et les racines (unece.2019)

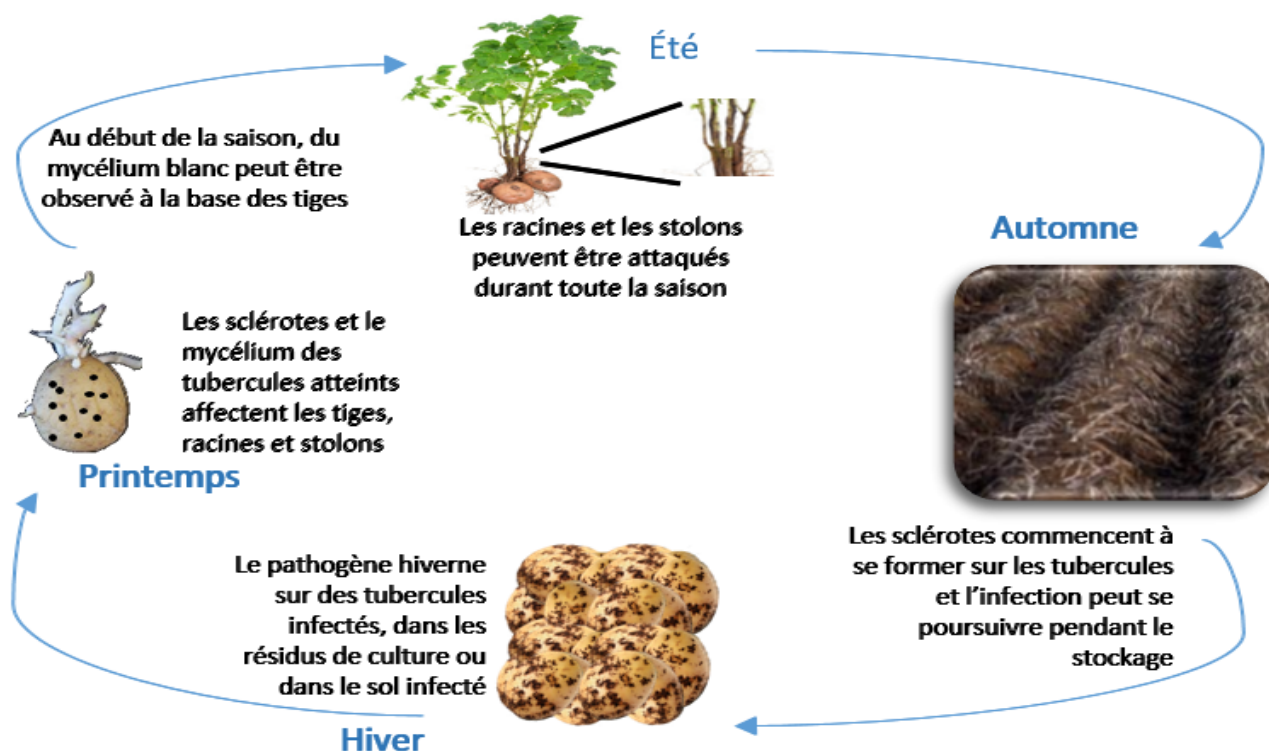


Figure 10 : cycle de développement de maladie Rhizoctone Brun (plantes.2019).

En l'absence de plante hôte, *Rhizoctonia solani* se conserve pendant de nombreuses années dans le sol sous la forme de petites structures de survie de couleur brune à noire appelées « sclérotés ». Dans certains cas, il peut aussi survivre sous la simple forme de mycélium sur des débris de plantes en décomposition. Lorsque la température du sol atteint un certain seuil (environ 15°C), au contact de sécrétions des plantes hôtes, les sclérotés s'activent et se mettent à produire un amas (le « mycélium ») de longs filaments (les « hyphes »). Celui-ci va entrer en contact avec la racine et s'attacher à sa surface. Le mycélium prolifère ensuite sur la racine et produit des structures particulières en forme de T appelées « coussinets d'infection ». A l'aide d'enzymes spécifiques capables de digérer les parois cellulaires, ceux-ci permettent au champignon de pénétrer et de coloniser les espaces inter- et intra- cellulaires du tissu racinaire. En se développant, le champignon détourne les réserves cellulaires de la plante pour sa propre croissance. Progressivement, le mycélium du champignon envahit les cellules qu'il tue, tout en y produisant des structures de survie. La plante commence à dépérir lorsque ses vaisseaux conducteurs sont atteints (Agrios, 2006)

2.3.La lutte de maladie :

Se fait par l'utilisation de plant sain, rotations longues, plantation en sol réchauffé et bien préparé et l'utilisation de fongicides en traitement des plans comme (pencycuron, Dithane, Chlorothalonil, flutolanil, Oscar,...).(CHEBBAH, 2016)

Eviter son Introduction et son maintien, la pomme de terre ne devrait pas être introduite dans la rotation que tous les cinq ans. Les cas de dommages les plus graves s'observent lorsqu'elle est cultivée sur la même parcelle chaque année. (Wharton et al ,2007).

III.Le verdissement de pomme de terre :

Les tubercules peuvent également être sujets à des maladies physiologiques, qui les rendent impropres à la commercialisation. Ces maladies sont induites par des troubles de croissance, liés notamment aux variations climatiques, ou à des conditions de stockage inadaptées (OCDE, 2002).

Les pommes de terre présentant des parties vertes contiennent souvent des concentrations élevées en solanine, celle-ci augmente avec la durée d'exposition et l'intensité de la lumière, c'est pour cela que la pomme de terre doit toujours être conservée à l'obscurité. Ces alcaloïdes sont présents principalement dans la peau lorsque la pomme de terre est laissée à la lumière et dans les bourgeons. En grande quantité, ils donnent un goût amer et peuvent provoquer des malaises et produisent une irritation à l'arrière de la bouche et sur le côté de la langue elle pourrait avoir évolué dans certaines espèces de plantes pour les protéger contre des prédateurs et des pathogènes comme les bactéries, les champignons, les virus, les insectes et les animaux. (TALUKDER, 1983).

Ces alcaloïdes sont aussi appelés glucoalcaloïdes Qui sont groupe de substances toxiques contenant de l'azote ; ils sont naturellement présents dans diverses espèces de plantes cultivées et ornementales de la famille des solanacées. Cette vaste famille de plantes comprend des légumes couramment consommés tels que les pommes de terre, les tomates, les aubergines, les poivrons et les piments. Le tabac, le pétunia et la morelle douce-amère constituent des exemples de solanacées non comestibles. (TALUKDER, 1983).



Figure 11 : le verdissement de tubercule de pomme de terre.

En 1954, **la solanine** était considérée comme l'unique glucoalcaloïdes de la PdT ; puis **KUHN** et **LOW** ont isolé **la chaconine** dans cette plante. Ces deux glucoalcaloïdes ont le même aglycone, **la solanidine** ; ils diffèrent par une molécule de sucre : la solanine possède une chaîne de galactose-glucose-rhamnose et la chaconine une chaîne de glucose-rhamnose-rhamnose liées à l'aglycone. Ces deux glucoalcaloïdes sont présents principalement sous la forme α (fig. 12) qui représente environ 95 % des glucoalcaloïdes totaux présents dans la Pomme de Terre et réparties dans les feuilles, bourgeons, tiges, fleurs, fruits, tubercules, etc. (**TALUKDER, 1983**)

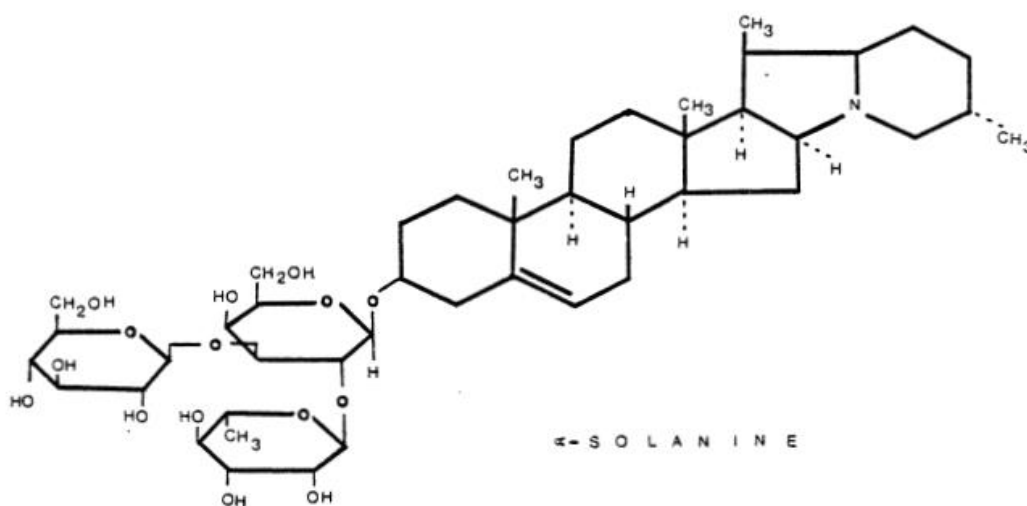


Figure 12 : Structures chimiques de l' α -solanine (**Wang et al., 2013**)

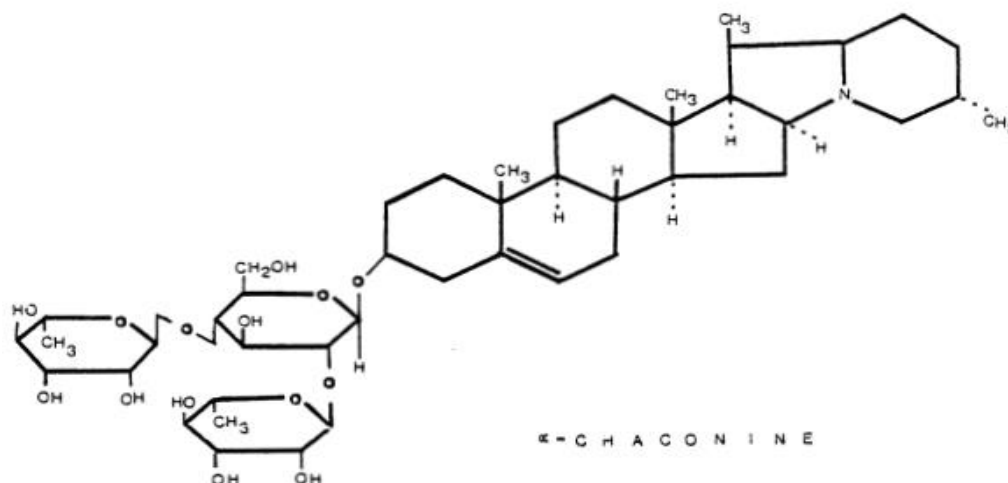


Figure 13 : Structures chimiques de l' α -chaconine (Wang et al., 2013)

3.1. Les causes de verdissement :

La concentration en solanine des différentes parties de la plante dépend de divers facteurs :

3.1.1. La variété de *S. tuberosum* L :

Les différentes variétés, plus de trois milles, ne contiennent pas toutes la même quantité de solanine.

3.1.2. Le climat :

Il apparaît qu'une forte pluviosité, la pollution atmosphérique et des basses températures seraient des facteurs en faveur d'une augmentation de la quantité de solanine dans les tubercules.

3.1.3. Conditions de stockage et exposition à la lumière :

Une température inférieure à huit degrés ne serait pas souhaitable pour la conservation des tubercules. En revanche, une atmosphère riche en dioxyde de carbone et pauvre en oxygène serait favorable afin de stocker des tubercules sains. Le tubercule de pomme de terre exposé à la lumière produit de la chlorophylle (il devient vert) et de la solanine (il devient amer).

3.1.4. Maturité et taille des tubercules :

Les pommes de terre immatures possèdent la teneur la plus élevée en solanine. D'autre part, pour une date de récolte et une variété donnée, la teneur en solanine varie en sens inverse du poids du tubercule (VERBIST et MONNET, 1979).

3.1.5. Techniques de culture :

L'endommagement lors de la récolte, l'exposition au parasitisme et une fertilisation excessive, augmentent la teneur en solanine du tubercule. Les tubercules endommagés étant souvent réservés aux animaux, il est donc logique d'observer un nombre d'intoxications plus élevé chez ceux-ci, plutôt que chez les hommes (JADHAV, 1975).

3.2. La toxicité des glucoalcaloïdes :

On considère que les pommes de terre sont comestibles lorsque leur teneur moyenne en glucoalcaloïdes n'excède pas **20 à 25 mg/100 g**. Il est généralement admis que la cuisson, quelle que soit la technique retenue, à l'eau, à sec ou en friture, qu'il s'agisse de préparation domestique ou industrielle, ne modifie pas sensiblement la teneur en solanine. En effet, cette molécule n'est pas détruite durant la cuisson normale, car elle commence à se décomposer à une température de **243 °C** et son point de fusion est de **285 °C**. Toutefois, le fait de peler les pommes de terre permet de réduire la dose de solanine ingérée, puisque cette dernière est surtout présente dans la peau du tubercule et dans les germes. Ainsi la teneur moyenne de la chair au centre du tubercule est comprise entre **1,2 et 5 mg/100 g**, tandis que dans la peau (2 à 3 % de la masse du tubercule) elle varie de **30 à 60 mg/100 g**. (Jennifer et al, 1987)

3.3. Les symptômes de l'intoxication :

Le début peut se manifester immédiatement après l'ingestion comme il ne peut apparaître qu'après deux jours. Dans la grande majorité des cas, il apparaît environ 8 h après l'ingestion.

La gravité des symptômes peut varier avec la quantité de pomme de terre consommée. Ces symptômes peuvent être suivis de signes d'atteinte neurologique plus graves : vertiges, tremblements, et, le cas échéant, hallucinations, agitations, etc.

Les glucoalcaloïdes sont des inhibiteurs de cholinestérase et causent des accidents hémorragiques dans le tractus gastro-intestinal et dans la rétine. L'empoisonnement par la solanine peut donc s'avérer inquiétant mais n'entraîne que rarement la mort (Jennifer et al, 1987).

Chapitre 03 : la qualité nutritionnelle

I. Généralité :

Peu de plantes ont suscité autant d'intérêt que la pomme de terre, pour ses qualités nutritionnelles et organoleptiques. Elle constitue d'une valeur énergétique environ 80 à 85 kcal/100 g. et qui se rapproche des légumes par sa teneur élevée en eau (environ 80 %) ; contre seulement 12 % pour les autres féculents, céréales et légumes secs. riche en glucides et de lysine (0,32-1,4 mg/g). acide aminé essentiel absent chez plusieurs légumes et céréales et à l'exception de l'acide glutamique presque absent, et des acides aminés soufrés (cystine et méthionine) rencontrés en faible quantité, la pomme de terre contient tous les acides aminés essentiels pour l'homme. **(Yaganza, 2005)**

Le tubercule de pomme de terre est également une source d'amidon très résistant qui représente le principal élément (75 à 80 % de la matière sèche), pouvant être optimisée selon la méthode de cuisson. La teneur en matière sèche peut varier de 13 à 37 %, notamment en fonction des variétés et de la durée du stockage. **(Kumar D, Singh BP, 2004)**

Qu'elle soit une culture vivrière de base ou une culture secondaire, la pomme de terre contribue aux apports alimentaires en macronutriments (glucides, protéines environ (8 % de la matière sèche) et fibres) et en micronutriments (vitamines, minéraux et métabolites secondaires). Elle apporte des vitamines, telles que la vitamine C, et des minéraux, tels que le potassium, le phosphore et le magnésium **(Woolfe JA. 1987)**.

La pomme de terre est également une source d'antioxydants, dont l'acide ascorbique, les caroténoïdes et les composés phénoliques. La composition des pommes de terre varie selon les facteurs de production comme le climat, le type de sol, la disponibilité de l'eau et les pratiques agronomiques. La maturité des tubercules, la cuisson et les conditions de stockage influent également sur leur composition chimique et donc sur leur valeur nutritionnelle.

Ces caractéristiques font de la pomme de terre le produit végétal le plus équilibré sur le plan nutritionnel parmi les produits alimentaires de base à travers le monde **(Yaganza, 2005)**. La valeur nutritionnelle peut cependant être affectée par les modes de préparation culinaires dans la mesure où ils modifient cette composition, par exemple par la concentration de matière sèche, l'apport de matières grasses et la dégradation des vitamines.

Ce chapitre reprend les différents aspects de la composition chimique de la pomme de terre sous l'angle santé et nutrition humaine.

Tableau 02 : la valeur nutritionnelle de la pomme de terre

Pomme de terre cuit à l'eau moyenne de 100 g	
Valeur calorique	85 KAL
L'eau	80 %
Les macromolécules	
Protéines	2 g
Glucides	19 g
Lipides	0.1 g
Les vitamines	
Vitamine B1	0,08 mg
Vitamine B2	0,03 mg
Vitamine B3 ou PP	1,2 mg
Vitamine B6	0,18 mg
Vitamine B9	0,01 mg
Vitamine C	13 mg
Vitamine E	0,1 mg
Sels minéraux	
Cuivre	0,09 mg
Fer	0,4 mg
Potassium	376 mg
Magnésium	18,6 mg
Manganèse	0,14 mg
Zinc	0,28 mg
Acides gras	
Acides aminés essentiels	
Divers	
Fibres	1 g
Cendre	1 %

II. Macronutriments :

2.1.Amidon :

La qualité de l'amidon de pomme de terre a un impact sur la santé. Parmi les caractéristiques les plus importantes, le rapport amylose et l'amylopectine et le degré de phosphorylation sont susceptibles d'affecter les propriétés physico-chimiques, tel que la viscosité, de l'amidon (**Noda T, 2007**). L'amidon des pommes de terre cuites est en grande partie rapidement digéré. Néanmoins, une fraction variable de l'amidon peut résister à la digestion dans l'intestin grêle, et fermenter plus tard dans le côlon. Il est souhaitable d'intégrer l'amidon résistant dans le régime alimentaire humain, en raison de son intérêt pour la santé. En effet, il contribue à la prévention et à la lutte contre certains troubles digestifs et métaboliques (**Nofrarias M, Martinez-Puig D.2009**).

2.2.Les Glucides :

Les pommes de terre contiennent également des sucres, le sucrose étant le principal diholoside, et le glucose et le fructose les deux principaux oses. La friture à haute température provoque une réaction de Maillard entre les sucres réducteurs et les acides aminés libres. La présence de quantités excessives de sucres donne aux produits frits une coloration noire et un

goût amer inacceptables, et peut entraîner la formation d'acrylamide (une substance potentiellement cancérigène). La teneur recommandée en sucres réducteurs permettant d'éviter la formation d'acrylamide est égale ou inférieure à **0,1 %** (**Kumar D, Singh BP, 2004**)

2.3.Les protéines :

La pomme de terre présente une faible concentration en protéines (6,25 – 15 % PS - poids sec, ou 1,56 – 3,75 PF – poids à l'état frais) (**Friedman M. 1996**), comparable à celle des autres racines et tubercules. D'origine végétale, la valeur biologique de ses protéines est inférieure à celle des protéines de la viande, mais supérieure à celle des protéines du blé. L'une des caractéristiques importantes des protéines de la pomme de terre réside dans les niveaux significatifs de lysine qu'elles contiennent, bien qu'elles soient déficientes en méthionine. Elle est donc complémentaire des céréales, qui présentent une faible teneur en lysine, et ces deux aliments combinés constituent une source de protéines de très grande qualité (**Woolfe JA. 1987**).

2.4. Les lipides :

La teneur en lipides des pommes de terre est très faible (**moins de 1 %**). Leurs quantités sont négligeables dans le cadre du régime alimentaire, mais ils contribuent aux qualités gustatives.

III. Micronutriments :

3.1. Minéraux :

Le potassium est le minéral le plus abondant dans la pomme de terre ; des quantités relativement importantes de potassium sont nécessaires à l'homme, car il joue un rôle essentiel dans le fonctionnement du système nerveux. Cent grammes de pommes de terre apportent plus de 10 % des apports journaliers recommandés en potassium pour un adulte. Des niveaux élevés de potassium peuvent contribuer à maîtriser l'hypertension, et peuvent réduire le risque d'AVC (**Bethke et Jansky 2008**). La pomme de terre contient également du phosphore et du magnésium ; Cent grammes de pommes de terre présentant la concentration la plus élevée en phosphore et en magnésium peuvent représenter 10 à 17 % des AJR en phosphore et 10 à 13 % des AJR en magnésium. Le calcium est présent en quantités plus faibles mais il présente un intérêt particulier, car il est capable d'atténuer la réponse des plants de pommes de terre à la chaleur, au froid et à la salinité (**Palta JP. 1996**).

3.2. Les Antioxydants :

Les pommes de terre contiennent un mélange varié d'antioxydants, comprenant la vitamine C, les caroténoïdes et les polyphénols, contribuant grandement à l'activité antioxydant globale in vitro. La consommation de pommes de terre riches en antioxydants doit augmenter les niveaux d'antioxydants in vivo (**Brown CR. 2005**).

3.2.1. Caroténoïdes :

Les caroténoïdes sont des antioxydants naturels contribuant à la prévention des maladies dégénératives, comme l'athérosclérose, le cancer, la cataracte et la dégénérescence maculaire liée à l'âge (**Fraser P et al. 2004**).

La concentration en caroténoïdes des tubercules de pomme de terre est liée à la couleur de la chair. Le maïs et les épinards figurent également parmi les sources courantes de caroténoïdes. Les pommes de terre à la chair jaune possèdent des concentrations élevées en caroténoïdes totaux.

3.2.2. Les flavonoïdes :

Sont des pigments polyphénoliques responsables de la coloration des fleurs et des fruits. Elles comprennent les anthocyanes, un pigment naturel donnant leur couleur oscillant entre le rouge et le bleu à de nombreux fruits et légumes. En raison de leurs propriétés antioxydants, les polyphénols peuvent avoir des effets bénéfiques sur la santé, liés à leurs propriétés antibactériennes, antivirales, anti carcinogènes et anti-inflammatoires, ainsi qu'à leur action vasodilatatrice.

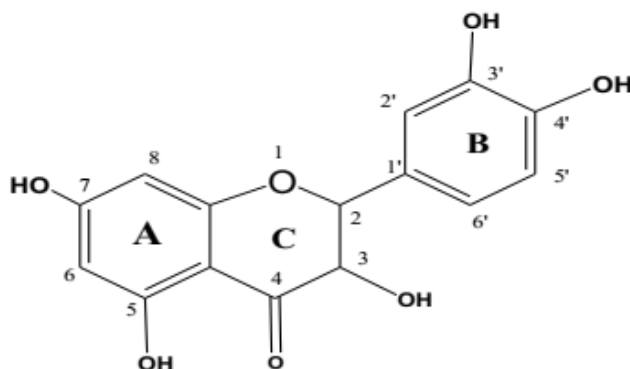


Figure 14 : la structure chimique de flavonoïde

3.2.3. Les polyphénols :

Les polyphénols jouent un grand rôle dans la quantité nutritive et hygiénique des aliments, certains d'entre eux ont des propriétés vitaminiques utilisées par l'industrie pharmaceutique. Ils interviennent également dans la digestibilité des aliments. Elles sont présents dans toutes les parties des végétaux supérieurs : racine, tiges, feuilles, fleurs, fruits.

L'acide phénolique prédominant dans la pomme de terre est l'acide chlorogénique et ses isomères, l'acide caféique, l'acide quinique et présent en concentrations plus faibles (**Andre .2007**). Les tubercules de pomme de terre à chair rouge ou violette sont une source importante d'anthocyanes, avec les glucosides acylés de la pélagonidine présents dans les pommes de terre. (**Brown CR.2005**). Des anthocyanes isolés ont induit une apoptose de lignées de cellules cancéreuses humaines de l'estomac, et ont réprimé la prolifération du cancer de l'estomac murin induit par le benzopyrène (**Hayashi K, Hibasami H, 2006**).

3.2.4. Vitamine C :

Les pommes de terre contiennent des quantités significatives de vitamine C (acide ascorbique et déhydroascorbique), ainsi que d'autres vitamines hydrosolubles, telles que la thiamine et la vitamine B6. Elles contiennent également des traces de vitamines liposolubles, notamment la

vitamine E. La vitamine C, joue un rôle important dans la protection contre le stress oxydatif. Elle aide à capturer les radicaux libres, tels que les dérivés oxydants de l'oxygène, à l'origine des dommages résultant de la peroxydation lipidique, de la rupture de l'ADN ou des effets sur la transcription, contribuant au développement de maladies dégénératives, comme les cardiopathies et les cancers (**Bates CJ. 1997**). La concentration variable en **AA**, pouvant atteindre selon certaines études **50 mg / 100 g PF** lorsqu'elles sont fraîchement récoltées (**Woolfe JA. 1987**).

Partie 02 : partie expérimental

Chapitre 01 : Matériels et Méthodes

I. Préambule :

L'objectif de notre étude est de mettre en évidence l'impact des maladies de la pomme de terre sur leur valeur alimentaire et d'évaluer leur composition Bio-Actives.

II. matériel végétal :

Nous avons choisi la variété « Spunta » qui elle représente la variété néerlandaise la plus cultivée dans les terres sableuses en particulier dans la région d'Oued Souf.

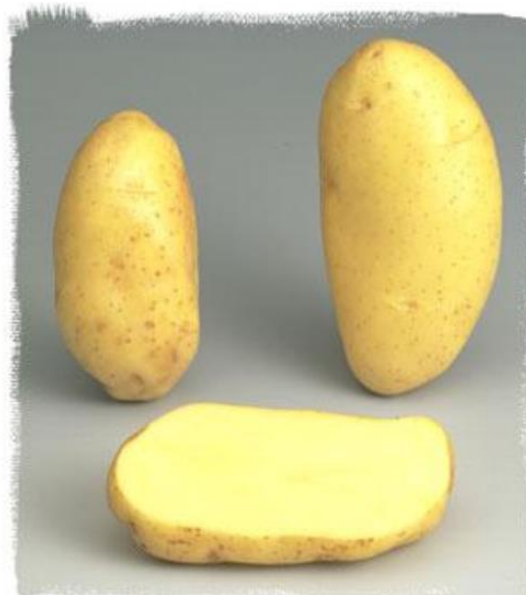


Figure 15 : la variété 'Spunta' *Solanum tuberosum* L

III. Caractères généraux de la variété Spunta :

Tableau 03 : description de caractéristique de variété «Spunta »

Caractéristique	
Tubercule	Oblong allongé, régulier, yeux très superficiels, peau jaune, chair jaune.
Germe	Violet, conique, pilosité moyenne.
Plante	Taille haute, port dressé, type rameux.
Tige	Entrenœuds faiblement pigmentés, nœuds non pigmentés, aux ailes développées, rectilignes et ondulées.
Feuille	Vert franc, peu divisée, mi- ouverte ; foliole moyenne, ovale arrondi (I = 1,61) ; limbe cloqué.
Floraison	Assez abondante.
Fleur	Blanche, bouton floral partiellement pigmenté.
Fructification	Très rare.
Maturité	Demi-précoce
calibrage	Proportion de gros tubercule : très fort

Qualité culinaire	Bonne tenue à la cuisson, groupe culinaire B, très léger noircissement après cuisson, coloration à la friture : moyenne à très foncée
Teneur en matière sèche	Très faible

(FN3PT.2019)

- **Site d'étude :**

Les échantillons de notre expérience ont été prélevés de la ferme située au siège du périmètre de concession agricole dans la zone du « **El Zegoum** » à 3 Km l'Ouest de la Commune de « **HASSANI ABD EL KARIM** ». Wilaya d'El-Oued.



Figure 16: Représentation géographique du site expérimental (El Zegoum) dans la Commune de « **HASSANI ABD EL KARIM** ». (Google earth)

Pour l'échantillonnage nous avons prélevé tous les plants infectés afin de choisir les tubercules qui présentent les maladies les plus fréquentes dans la région. Un autre prélèvement a été fait de façon aléatoire pour les tubercules sains.

Les échantillons ont été divisés en trois lots comme suit :

- **M₀** : tubercules sains
- **M₁** : tubercules atteints par le rhizoctone brun
- **M₂** : tubercules verts

Les échantillons qui ont fait l'objet de cette étude sont illustrés dans la figure suivante :

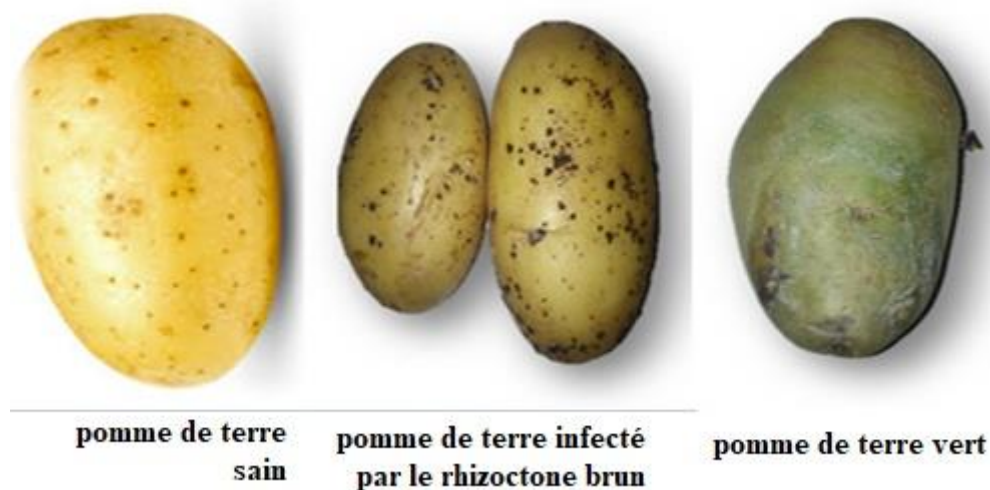


Figure 17 : les variétés de PdT étudiées

Pour atteindre notre objectif nous avons opté pour le plan suivant :

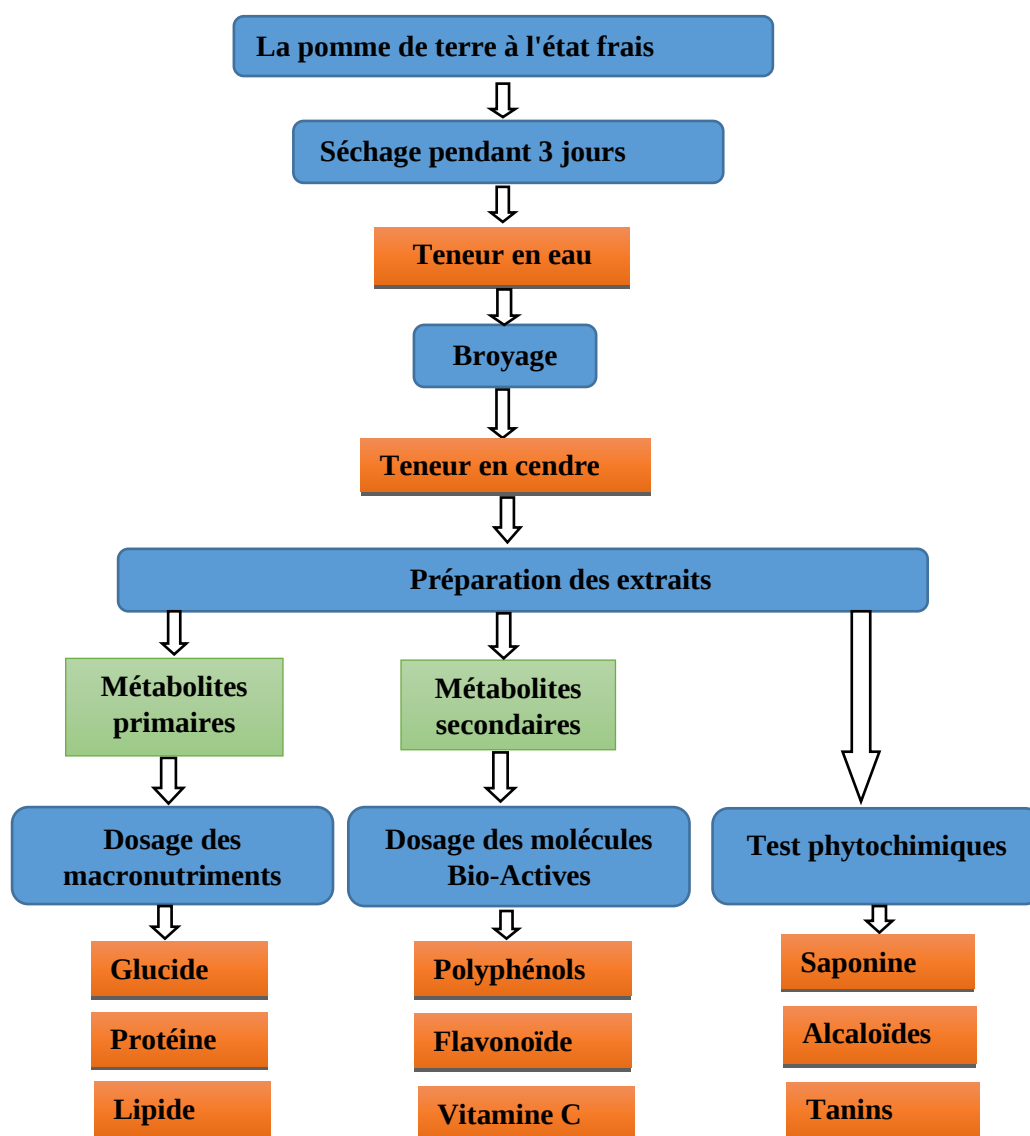


Figure 18 : diagramme de plan de travail au laboratoire

IV. Méthode de mesure des paramètres physico-chimique de la pomme de terre :**4.1. Teneur en eau (humidité) :**

Le taux de l'humidité représente la quantité d'eau contenue dans la matière végétale. Il a été déterminé en mettant un échantillon de matière végétal (10g) à sécher dans une étuve réglée à 45°C pendant 24h jusqu'à la stabilisation du poids. (A. O. A. C, 1980)

L'humidité est exprimée en pourcentage et calculée par la formule suivante :

$$H\% = \frac{M_H - M_S}{M_S} \times 100$$

Avec :

H% : Taux d'humidité exprimé en pourcentage.

M_H : masse de l'échantillon avant séchage (matière fraîche).

M_S : masse de l'échantillon après séchage (matière sèche).

 Méthode de séchage et de conservation des échantillons :

Nous avons pris cinq tubercules de pommes de terre pour chaque lot, puis les avons pelées et coupées en tranches très minces puis sont dispersées sur un chiffon placées dans une pièce sombre pendant trois jours.



Figure 19 : Séchage de la pomme de terre

Une fois les échantillons séchées, elles subissent un broyage à l'aide d'un broyeur électrique. La poudre issue du broyage est récupérée et est stockée dans des bocaux opaques fermés à l'abri de la lumière.

4.2. Teneur en cendres :

La teneur en cendres est évaluée selon la méthode décrite par (A. O. A. C, 1980). Les échantillons sont introduits dans un four à moufle à 500°C pendant 4h, ces creusets sont ensuite pesés. Le calcul du taux de cendres se fait selon la formule suivante :

$$\text{Teneur en cendres}(\%) = \frac{(P2-P0)}{P1} \times 100$$

Où :

P0 : poids des creusets vides avant l'incinération.

P1 : prise d'essai

P2 : poids des creusets avec l'échantillon après l'incinération.

V. Tests phytochimiques :

Ces techniques permettent de détecter, dans la plante, la présence ou l'absence des constituants chimiques physiologiquement actifs essentiellement les composés phénoliques et les composés azotés en particulier les alcaloïdes, existantes dans une partie quelconque de la plante par des réactions de précipitation ou de coloration en utilisant des réactifs spécifiques à chaque famille de composés.

30 g de poudre de chaque plante ont été mouillés dans 100 ml d'eau distillée pendant 24 heures dans un erlenmeyer. Après filtration, le filtrat de chaque échantillon a été reparti dans 3 tubes à essai pour être testé par 2 réactifs.

- le test de réactif de **WAGNER** apparaît un précipité de couleur orange-rouge qui témoigne la présence des alcaloïdes.
- le test de réactif de chlorure ferrique (FeCl₃) apparaît un précipité Vert foncé ou vert verdâtre qui témoigne la présence des tanins.

5.1. Test des alcaloïdes :

Les alcaloïdes ont été détectés selon la méthode adoptée par (Sofowora, A. 1993), dans lesquels le réactif de **WAGNER** passe en gouttes à 1 ml d'extrait aqueux. Une précipitation brun rougeâtre signifie la présence d'alcaloïdes.

5.2. Test des saponines :

On prélève dans un tube à essai 2 ml de l'extrait aqueux qu'on agite vigoureusement pendant 20 secondes, on laisse reposer le tube pendant 10 minutes, la persistance de mousse après 10 minutes indique, la présence de saponines dans l'échantillon. (FOURNET, 1979)

5.3. Test des Tanins :

Prendre 1 ml de l'extrait aqueux et on ajoute 1 ml d'eau distillée et 2 à 3 gouttes de FeCl_3 à 1 %. Un test positif est révélé par l'apparition d'une couleur bleu noir caractéristique des tanins hydrolysables, ou d'une couleur brun verdâtre caractéristique des tanins condensés (BOUHADJERA K., 2005).

La figure 20 résume les étapes de la détection chimique à partir de la solution aqueuse préparée de la pomme de terre :

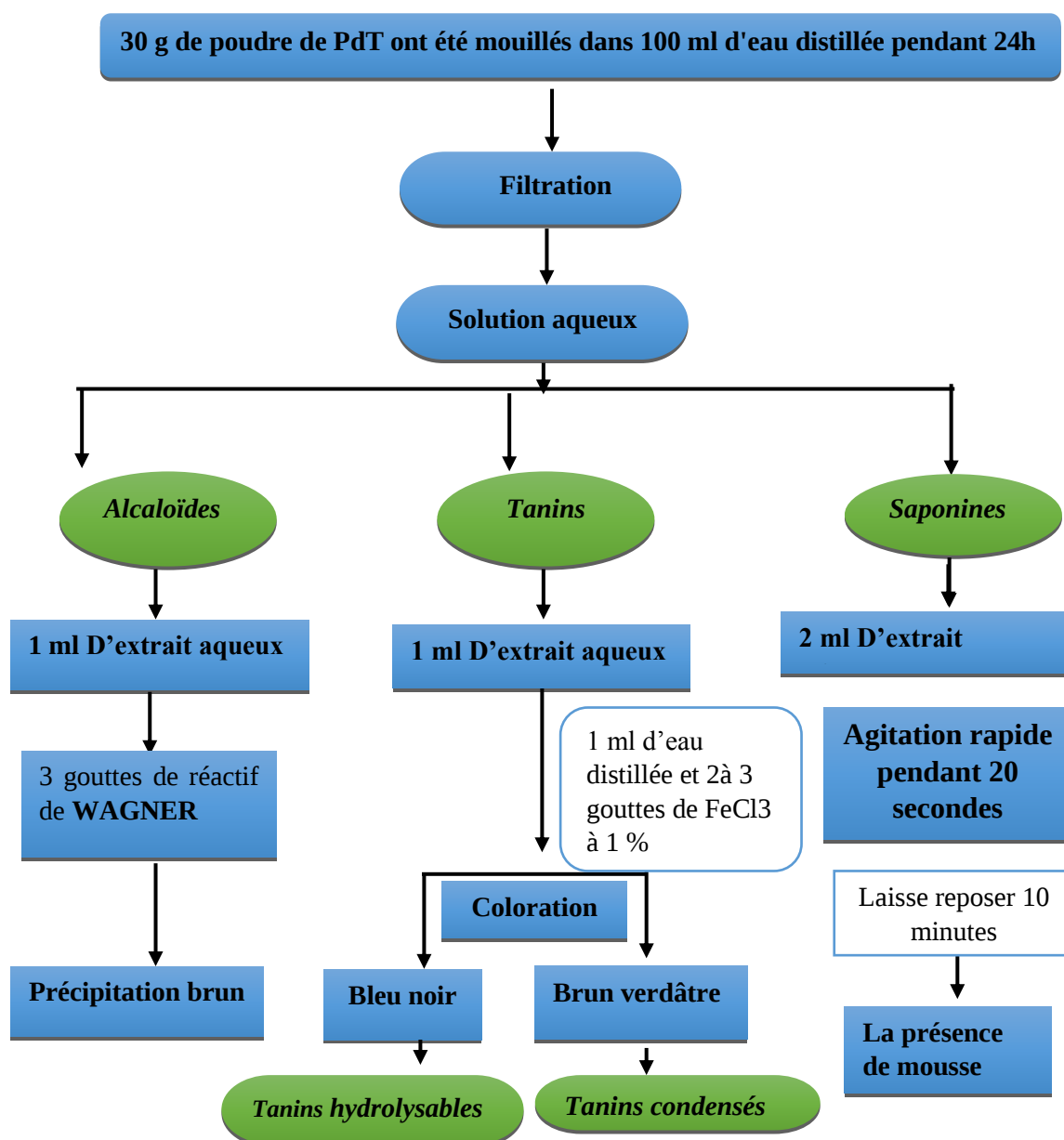


Figure20 : Diagramme des tests phytochimiques

VI. Dosage de macromolécule : **réparation de l'extrait :**

Les extraits de métabolites primaires ont été préparés selon la méthode de **(Shibko et d'autres en 1966)** selon les étapes suivante : **(figure 21)**

- On prendre 0.5 g de poudre de pomme de terre dans une bicher
- Ajout 5 ml de TCA acide trichloracétique (20%) et on mélange par l'agitateur magnétique pendant 5 minute puis mettre dans une tube en verre.
- Sépare le mélange par la centrifugeuse pendant 10 minute et 3000 tr/min.
- Nous obtenons de surnageant 1 pour le **dosage du sucre**.
- Pour le culot 1 on ajout de volume de 2ml éther/chloroforme (1V/1V) puis on sépare
- la mélange par la centrifugeuse 10 minute 3000 tr/min.
- Le deuxième surnageant pour le **dosage de lipide**.
- Pour le **dosage de protéine** on ajout volume de 5ml de NaOH (0.1N) pour le deuxième culot.

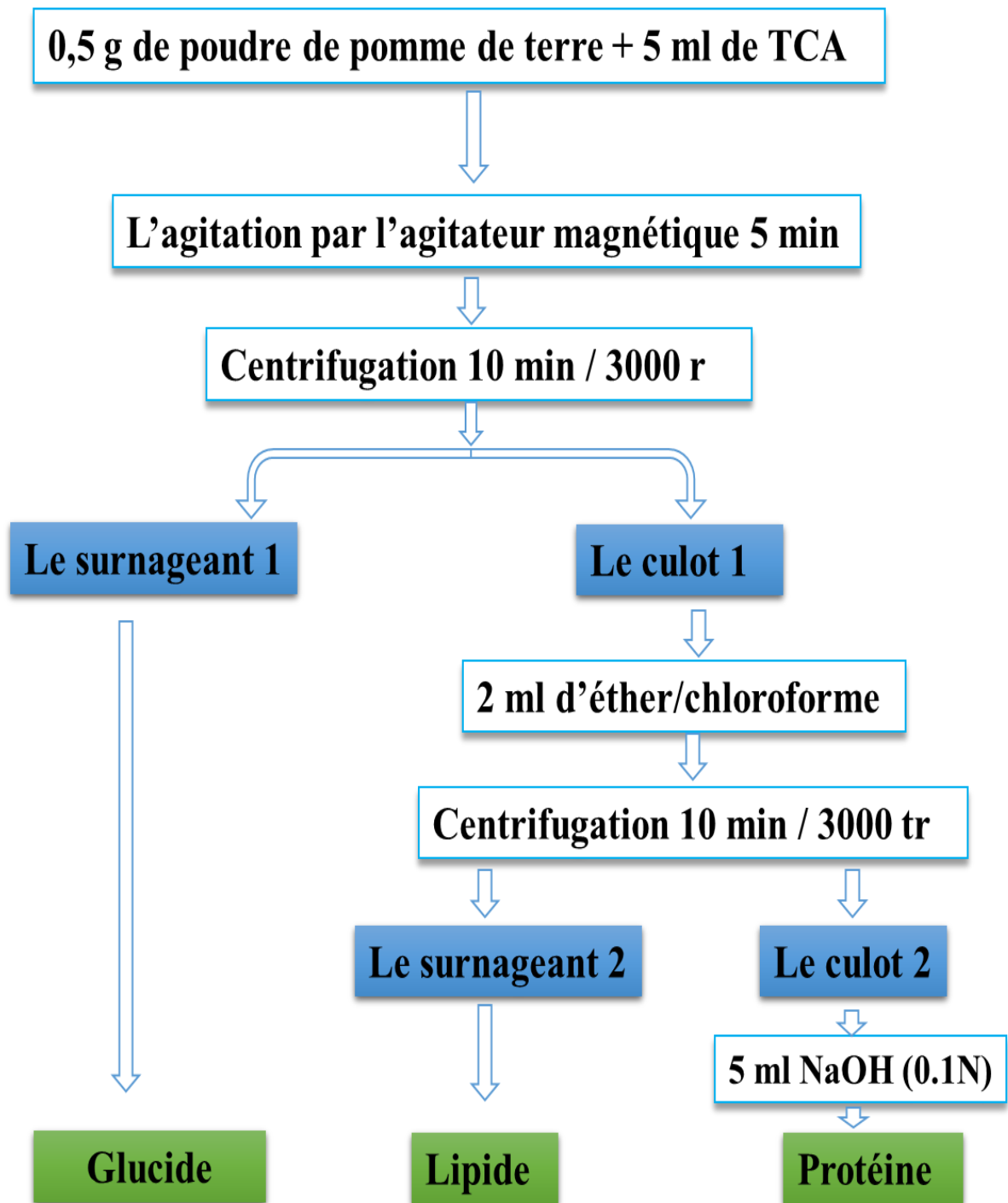


Figure 21:diagramme d'extraction des glucides, lipides et protéines totaux (métabolite primaire) selon Shibko et al, (1966).

6.1.Dosage de glucide :

L'estimation de pourcentage de glucide est effectué, selon le méthode de (DUBOIS et al 1956):

A. Préparation de solution d'étalonnage :

On dissoudre 5 mg de glucose dans une 5 ml d'acide sulfurique (1N) pour obtenir une solution de 1000 µg/ml, puis on prépare une série de différent concentration (0, 25, 50, 100,200) µg/ml.

B. Mode opératoire :

- On dilué l'extrait de l'échantillon 3 fois (1/30).
- 0.2 lm échantillon à doser ou étalon dans une tube en verre.
- On ajout 0.2ml de phénol (5%) et 1 ml d'acide sulfurique concentré.
- Homogénéiser, attendre 15 minutes et lire au spectrophotomètre à 940 nm.
- On Dessine la gamme étalonnage à partir le résultat de la lecture des solutions standards.

6.2.Dosage de protéine :

Les protéines sont dosées par la méthode de Lowry et al. (1951).

A. Préparation des réactifs :

- **Réactif A** : 25 ml Na_2CO_3 (2%) avec 25 ml NaOH (0,1 N).
- **Réactif B** : 10 ml CuSO_4 (0.5 %) avec 10 ml d'asitat sodium potassium(0. 1%).
- **Réactif C** : 2 réactifs de **Folin - Ciocalteu** dilué au 2 ml d'eau.
- **Réactif D** : mélange constitué de 50 ml de **réactif A** avec 1 ml de **réactif C**.
- Solution étalon de l'albumine sérum bovine (BSA).
- Échantillon

B. Préparation de solution d'étalonnage :

Le dosage des protéines et la gamme d'étalonnage est effectué comme suit :

On dispose d'une solution mère de BSA à 3 mg dans une 3 ml de solution d'hydroxyde de sodium (0.5 N) pour obtenir une concentration de 1000 µg/ml.

Différentes concentrations de solution mère : (0, 100, 400, 600, 800, 1000) µg/ml sont utilisées pour déterminer expérimentalement l'équation du courbe étalon et pour calculer la teneur de protéine.

C. Mode opératoire :

- Diluer la solution de l'échantillon est nécessaire, sachant qu'on utilisera cette nouvelle solution pour doser les protéines. On dilue l'extrait de l'échantillon (1/10).
- 0.1 ml d'échantillon ou de solution étalonnage avec 1 ml de **réactif D** et 0.1 ml de **solution C**.
- On laisse la réaction colorée se développe pendant 30 min à l'obscurité. La lecture de l'absorbance est effectuée à **750 nm**.

6.3.Dosage de lipide :

Nous avons suivi la méthode de **GOLDSWORTHY et al. (1972)** pour l'estimation des lipides :

A. Préparation de solution d'étalonnage :

On dissout 2.5 mg d'huile de soja en 1 ml de solution éther/chloroforme (1v/1v), À partir de cette solution mère de 2500 µg/ml on prépare les différentes concentrations suivantes : (0, 500, 1000, 1500, 2000, 2500) µg/ml.

B. Préparation de solution détectrice : (sulfophosphovanillinique)

Pour préparation de la solution sulfophosphovanillinique, on pèse 76 mg de vanilline qui sera diluée dans 11 ml d'eau distillé et on ajoute 39 ml d'acide phosphorique H₃PO (85%) pour obtenir une solution de 50 ml.

C. Mode opératoire :

- On ajoute 0.1 ml d'échantillon à doser (surnageant 2) ou d'étalon dans un tube en verre.
- On ajoute 1 ml d'acide sulfurique concentré.
- Le mélange est homogénéisé et laisse dans un bain-marie à 100 C° pendant 10 minutes.
- Après les tubes sont refroidir on prend 0.15 ml et met dans un autre tube, puis on ajoute 1.5 ml de solution de sulfophosphovanillinique.
- On laisse la réaction colorée se développe pendant 30 min à l'obscurité. La lecture de l'absorbance est effectuée à **530 nm**.
- On Dessine la gamme d'étalonnage à partir des résultats de la lecture des solutions standards.

VII. Dosage de molécule Bio-Actives :**+ Méthode d'extraction des métabolites secondaires :**

Nous avons fait l'extraction des métabolites II avec le méthanol selon la méthode de (MATKWOSKI et PIOTROWSKI, 2006).

On dissout 3 g de poudre de pomme de terre dans 30 ml d'méthanol et agité bien le mélange et laisse immerse pendant 72 heures à une température ambiante. Ce mélange est filtré par papier filtre dans un flacon et ensuite on procède à une mise à l'étuve a température 45 C° afin d'éliminer les dernières traces du solvant. (La figure 22) illustre les étapes d'extraction de métabolite II :

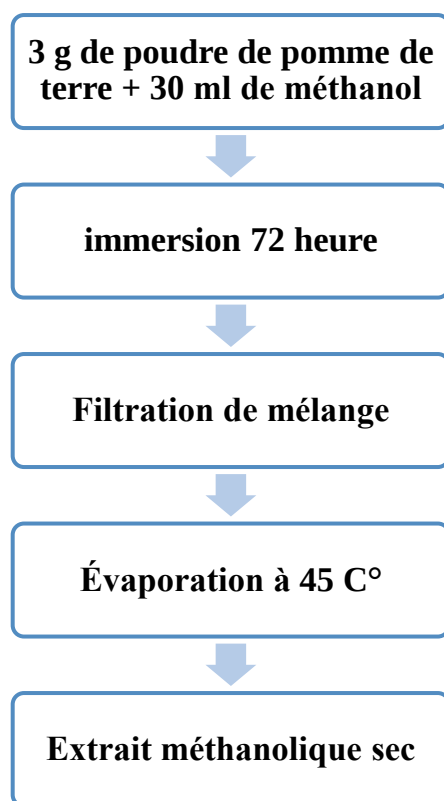


Figure 22 : les étapes d'extraction de métabolite secondaire
(MATKOWSKI et PIOTROWSKI., 2006)

+ Pour le dosage des métabolites II :

Nous avons dissout 5 mg d'extrait méthanolique dans 5 ml de méthanol pour le dosage de métabolite secondaire.

7.1.Dosage des polyphénols :

Le contenu des composés phénoliques de notre extrait est estimé par la méthode de **Folin-Ciocalteu**. (SINGLTON et ROSSI 1965)

a. Mode opératoire :

Dans un tube à essai, on ajoute **0.2ml** de chaque extrait (diluée 1/10) est mélangé avec **1 ml** d'une solution de **Folin-Ciocalteu** (dilué 1/10). Après 5 minutes, **0.8ml** de la solution de **Na₂CO₃** (20%) est ajoutées sous agitation vigoureuse. Après 30 minutes de repos à température ambiante, on mesure l'absorbance à l'aide du spectrophotomètre à une longueur d'onde de **750 nm**.

b. Gamme d'étalonnage :

Pour préparation de la gamme d'étalonnage, on pèse 10 mg de l'acide gallique qui sera dilué dans 1 ml du méthanol (solution mère). À partir de cette solution d'acide gallique de 10mg/ml, on prépare les dilutions suivantes :

Tableau 04 : dilution de l'acide gallique.

Solution mère (gallique)	Solution 1	Solution 2	Solution 3	Solution 4	Solution 5
10 mg /ml	1 mg /ml	0,5 mg /ml	0,25 mg /ml	0,1 mg /ml	0,05 mg /ml

Les mélanges sont secoués et sont maintenues dans l'obscurité à température ambiante jusqu'à la lecture des absorbances par un spectrophotomètre à une longueur d'onde de **750 nm**.

7.2.Dosage des flavonoïdes :

Le dosage des flavonoïdes totaux dans les extraits de la plante a été réalisé par la méthode colorimétrique de chlorure d'aluminium **AlCl₃**. Le protocole utilisé est basé sur celui décrit par **WOISKY et SALATINO (1998)**.

a. Mode opératoire :

- **2 ml** de l'extrait est introduit dans un tube à essai et **0,1 ml** d'**AlCl₃** à **(10%)**.
- On ajout **0.1 ml** de **tartrate sodium potassium (1M)**.
- **Ajout 2.8 ml** d'eau distillé.
- Laisser incuber pendant 30 minute à température ambiante et à l'abri de la lumière ;
- Lecture dans spectrométrie à **415nm**.

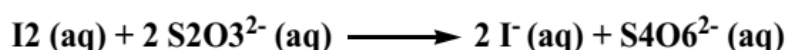
b. Gamme d'étalonnage :

Une droite d'étalonnage est réalisée avec **la quercétine** (flavonoïde de référence) dans les mêmes conditions que les échantillons à analyser. La quantité des flavonoïdes totaux est exprimée en μg quercétine /mg d'extrait. La quantité de flavonoïdes totaux de l'extrait testé est calculée à l'aide de l'équation de la droite d'étalonnage.

7.3.Dosage de la vitamine C :**a. Principe du dosage**

La technique utilisée est celle du dosage redox par retour. Un volume connu est mis en présence d'une quantité connue de diiode en excès. La totalité de la vitamine C réagit avec le diiode en excès et le diiode restant est dosé par une solution de thiosulfate de sodium $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

L'équation bilan de la réaction d'oxydoréduction entre $(\text{I}_2 / \text{I}^-)$ et $(\text{S}_4\text{O}_6^{2-} / \text{S}_2\text{O}_3^{2-})$ est suivant :

**b. Mode opératoire :**

- Peser **1g** de pomme de terre et mélangé avec **10ml** de l'eau distillé puis filtrer le liquide.
- Dans un bécher, introduire avec une pipette jaugée **V = 10,0mL** de l'échantillon.
- Ajouter **2 gouttes** de l'amidon, qui sert d'indicateur coloré.
- Ajouter avec la burette graduée, un volume **V₁ = 5,0mL** de **diiodine(I₂)** de concentration **C₁=0.01M**. La solution est alors noire, due à l'excès de diiode.
- Remplir la burette avec une solution de thiosulfate de sodium **NaS₂O₃ à C₂=0.01M**
- Dosage rapide de la solution jusqu'à disparition complète de la coloration noire.
- Le volume **V_{éq}** est le de thiosulfate de sodium versé à l'équivalence.
- La concentration de vitamine C sera calculer par la relation d'équivalent :

$$\text{C} = (\text{C}_1 \cdot \text{V}_1 - (\text{C}_2 \cdot \text{V}_{\text{éq}}/2)) / \text{V}$$

Etude statistique :

Une étude statistique des données est réalisée à l'aide du logiciel Excel et Minitab. Les résultats sont représentés sous forme de moyennes de trois répétitions pour des chaque tubercules étudié qui elles répartie en trois groupes ; M0, M1 et M2... Afin de mettre en évidence les différences significatives entre les échantillons pour les comparaisons des moyennes, L'évaluation statistique est effectuée par le (test T), et le niveau de signification est pris à $\alpha=0,05$. Et pour mieux visualiser les résultats ont obtenus la représentation graphique choisie est celle des histogrammes.

Chapitre 02 : Résultat et discussion

I. Propriétés physico-chimiques :

1.1. Teneur en eau (humidité) :

Les résultats obtenus pour la teneur en eau dans les échantillons de la pomme de terre sont résumés dans le tableau 05 :

Tableau 05 : Taux d'humidité des pommes de terre.

Variété	Taux d'humidité (%)
La variété M ₀	60
La variété M ₁	60
La variété M ₂	60

Le taux d'humidité est un paramètre physicochimique largement utilisé pour caractériser l'état de fraîcheur des produits végétale et par conséquent la teneur en matière sèche est obtenue par complément de la première valeur. Ce critère hydrique donne un des éléments de réponse les plus importants dans la qualité et la conservation des pommes de terre ; en effet, un taux élevé en eau induit une altération rapide des produits alimentaires suite aux réactions chimiques et enzymatiques et développement microbien (RibereauGayon, 1968).

L'analyse de la teneur en eau au niveau des tubercules de *Solanum tuberosum* L étudiées nous a révélé une proportion élevée, égale à **60%**, ce qui nous donne une teneur de **40 %** de matière sèche dans tous les échantillons étudiée que ce soit les tubercules malades ou les tubercules sains. Les résultats obtenus dans cette étude correspondent à ceux cités par la **FAO (1992)**, qui rapporte que les légumes sont des parties de végétaux vivants contenant de 60 à 95% d'eau.

La teneur en eau, varie principalement en fonction de la variété, mais dépend également des techniques culturales, des conditions climatiques et de l'âge physiologique de la plante (Rousselle et al. 1996 ; Mattila et Hellström, 2007). En effet, les légumes sont connus pour leur richesse en eau et l'analyse de la teneur en eau de la pomme de terre a confirmé cette affirmation. Cette richesse en eau entraîne deux conséquences : d'une part, ceci permet aux légumes d'utiliser au maximum leurs composés chimiques solubles, et d'autre part, elle ne leur permet pas d'être stockés à long terme à cause du risque de développement de certains microorganismes qui peuvent altérer leur qualité organoleptique et nutritionnelle. De ce fait, ils doivent être, comme tous les légumes, conservés au froid et consommés dans les plus brefs délai (Beghdad, 2009).

En conclusion, on constate que les dégâts de pomme de terre n'ont aucun effet sur la richesse et la reteint d'eau dans la biomasse. C-à-d le pouvoir de rétention d'eau est lui-même pour toutes les patates malades ou saines.

1.2.Teneur en cendres :

La teneur en cendre est définit comme étant le résidu de l'échantillon après incinération de la matière organique (**Audigie et Dupont, 1992**). Elle renseigne sur la teneur en minéraux du produit analysé.

La teneur en cendres des tubercules sain (M_0) des *Solanum tuberosum* L obtenue est de 12% ces valeur est plus élevées, que les tubercules infectés par *le rhizoctone brun* (5%) (M_1), et les tubercules verdâtres (10%) (M_2).

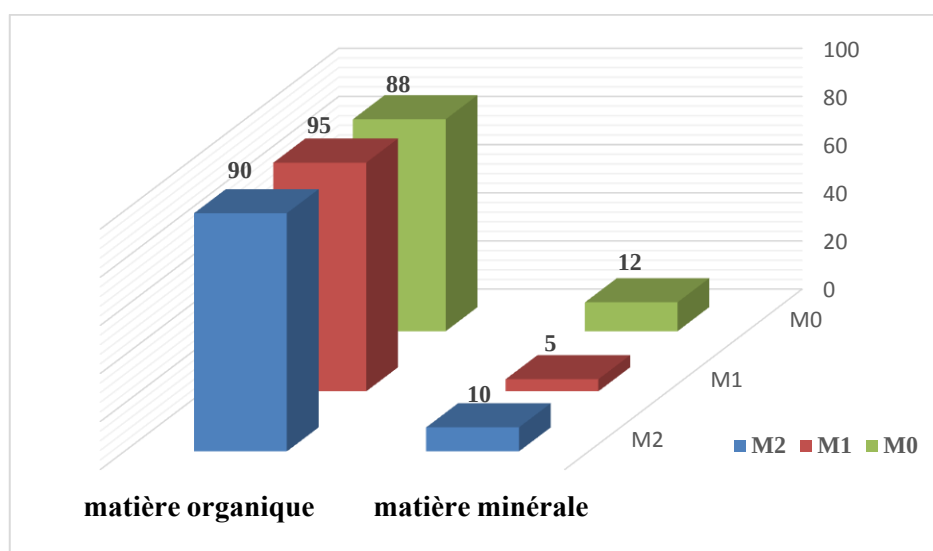


Figure 23 : Taux de cendres des tubercules de *Solanum tuberosum* L (à base sèche)

La relation entre l'élément minérale et l'élément organique est antagonisme ; la diminution de la disponibilité d'un élément à la plante dû à l'action d'un autre élément ; ce que nous observons dans nos échantillons ; lorsque la quantité d'éléments minéraux diminuée ; ce entraîne une augmentation des éléments organiques. (**FAO, 2005**)

Le tubercule de pomme de terre aime les sols riches en éléments nutritifs ; il est gourmand en potassium et en phosphore. D'ailleurs, cette plante ne doit pas être remise chaque année à la même place, c'est-à-dire qu'un roulement des cultures doit être pensé (sinon le sol va s'appauvrir et les maladies et ravageurs s'installeront durablement). (**Dukan, P.1998**)

C'est ce que nous remarquons à propos du pourcentage de minéraux dans l'échantillon malade (M1) ; où la diminution de la teneur en minéraux peut entraîner une dégradation de la qualité du sol et donc les champignons et les maladies construire.

II. Teneur en macronutriments :

Dans cette thématique nous avons ciblé trois grandes familles de molécules qui jouent un rôle dans le métabolisme primaire humain, il s'agit des glucides, des lipides et des protéines.

2.1.Teneur en Glucides :

La courbe d'étalonnage a donné un coefficient R^2 de 0.992 ce qui confirme la validité et la justesse du dosage. La figure 01 (annexe) exhibe une relation linéaire ($y=0.001x-0,007$) entre la concentration en sucres équivalent et la densité optique du chromatophore qui a été absorbé à **490 nm**.

Les résultats obtenir sont illustré dans la (figure 24) ci-dessous.

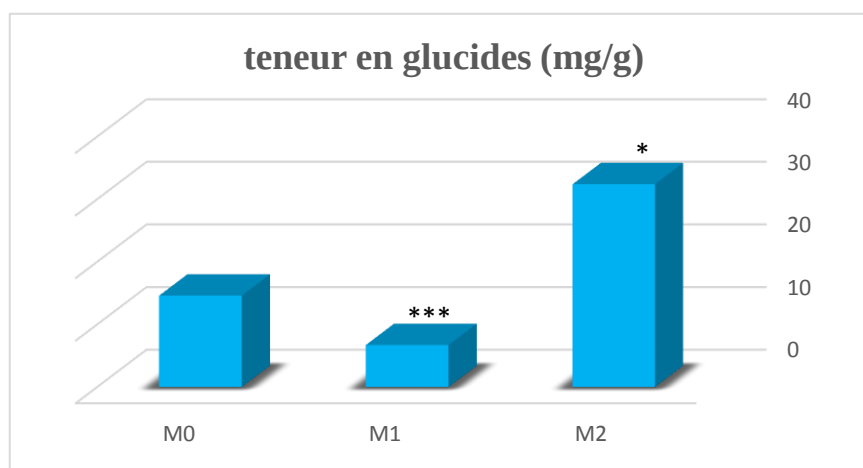


Figure 24 : le taux des glucides sur les échantillons étudiés

Les résultats obtenus pour la teneur des glucides montrent que il y' a une augmentation significatif chez l'échantillon (M_2 ; $p < 0.05$) où la valeur est de **(32.4 mg/g)** ; Cette valeur est plus élevée par rapport la même espèce sain (M_0) (témoin) où la concentration distingué est de **(14.6 mg/g)**. La teneur élevée en glucides revienne aux fractions trisaccharidiques de l' α -solanine (Solatrioses) est consistant en D-glucose, D-galactose et en L-rhamnose dans la structure chimique du glucoalcaloïdes,

(Chowanski et al.2016;Wang et al.2013) montrent que ; les deux plus importants glucoalcaloïdes sont l' α -solanine et l' α -chaconine, constituées de solanidine sous forme d'aglycone mais liées à différents fragments de sucre. En général ; les glucoalcaloïdes α -solanine

et α -chaconine sont présents dans les plantes ensemble, en particulier chez *S. Tuberosum L* qui a été exposé à la lumière et à haute température et ce qui entraîne l'augmentation de la teneur en glucide(Vaananen, 2007).

Alors qu'il y a une diminution hautement significative ($p < 0.001$) pour les tubercules atteints de rhizoctone brune ; où la concentration des glucides estimée à **(6.7 mg/g)**. La fluctuation des taux de glucides des tubercules infectés (M_1) est révélatrice d'une remobilisation générale des sucres en réponse à l'invasion d'agents pathogènes. Des niveaux réduits de glucides ont été rapportés comme une réponse de la plante à l'invasion fongique (Abdel-Farid et al., 2009). La diminution des niveaux de carbohydrates dans les pousses infectées pourrait être attribuée à son catabolisme pour la production d'énergie et à la biosynthèse de métabolites secondaires(Ward et al. 2010).

2.2.Dosage des protéines :

Les protéines sont dosées par la méthode de Lowry (1951). Les résultats obtenus sont représentés dans la (figure 25).

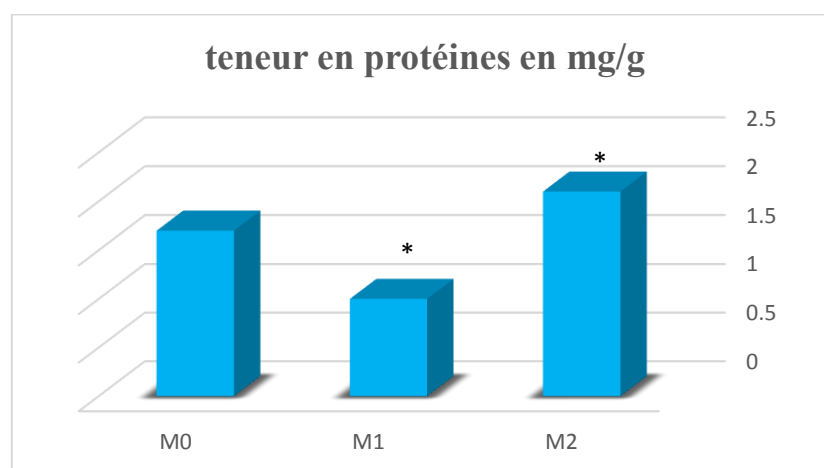


Figure 25 : taux des protéines dans les échantillons étudiés

L'analyse de la variance (figure N°25) montre que il y'a une différence significative de la teneur en protéines dans les échantillons étudiés (M_1 et M_2 ; $p < 0.05$) par rapport au l'échantillon témoin (M_0). Où les tubercules malades par le *rhizoctone brun* présentent la valeur la moindre (**1mg/g**), tandis que ; la valeur la plus élevée a été observé chez les tubercules verdâtres(M_2)(**2 mg/g**) ; Cette dernière est plus élevée que les tubercules sains où la concentration distinguée est de (**1.5 mg/g**). (Millar et al. 1992) ont montré que la teneur élevée en protéine dans le tubercule (M_2) est due au « les lectines » ; ce sont des glycoprotéines qui lient la chitine et servent donc dans la protection des plantes. D'autre part, (Shewry, 2003), a estimé que la patatine est la principale protéine de stockage et le principal allergène de la pomme de terre de taux fort de

glucoalcaloïdes. La patatine peut induire les mêmes symptômes allergiques lors de l'intoxication de glucoalcaloïdes de la pomme de terre (Seppal et al., 1999).

Pour les échantillons atteints le *rhizoctone brun* (M_1), la teneur de protéine est très faible (1mg/g) par rapport aux échantillons sains (1.5mg/g), ces résultats est similaire à celle de (Konstantinos A, Jabaji, S.2012), Cette diminution est due à une infection fongique comme indiqué que le *Rhizoctonia solani* a adopté un mode de vie nécrotrophe, tuant les cellules végétales pour obtenir des nutriments. (Hane et al., 2014) ont observé que la mort des cellules végétales précédait l'envahissement des hyphes fongiques, suggérant, que les facteurs de pathogénicité mobile sont libérés par le champignon. L'association entre la plante et le champignon au cours de l'infection signifiait une contamination des protéines végétales.

2.3. Teneur en lipides :

D'après les résultats consignés dans la figure 26, les tubercules témoins (M_0) présente la plus grande teneur avec **3.05 mg/g**, les résultats de l'analyse de variance ont montré une différence très hautement significative pour l'échantillon (M_1, M_2 ; $p < 0.001$) où la concentration des lipides estimé à (**2.5 mg/g**) chez les tubercules (M_1), et de (**3 mg/g**) pour les tubercules verdâtres (M_2).

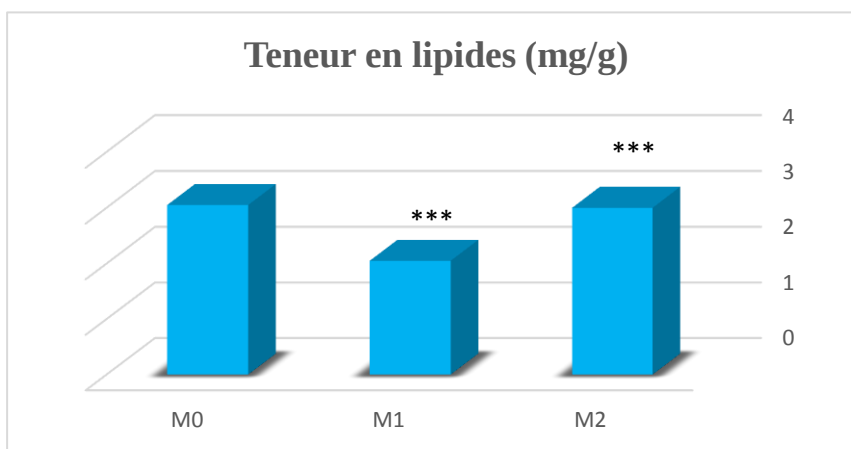


Figure 26 : teneur en lipides dans les échantillons étudiés

Les résultats indiquent une implication des acides gras, principalement insaturés dans la défense contre l'attaque de rhizoctonie solani. Une teneur réduite en lipides a été associée à une induction de la résistance des plantes contre les agents pathogènes via la stimulation de la transcription de plusieurs gènes R (Kachroo, Kachroo 2009). On peut dire que les glucoalcaloïdes de tubercule de *Solanum tuberosum* L n'a aucun effet sur la teneur de lipide.

III. Les résultats des tests phytochimiques :

Les tests phytochimiques nous permettent de faire ressortir la présence ou l'absence de différents métabolites secondaires existants dans la partie étudiée de la plante par des réactions qui sont basées sur le phénomène de précipitation ou de coloration au moyen des réactifs spécifiques à chaque famille de composés. (Hagerman et al., 1998)

Les résultats obtenus des tests phytochimiques effectués sur les tubercules de *Solanum tuberosum* L (à base sèche) illustré dans les figure (6, 7, 8, annexes) et le tableau 06 :

Tableau 06 : Résultats des tests phytochimiques les tubercules de *Solanum tuberosum* L (à base sèche).

Variété	M ₀	M ₁	M ₂
<i>Alcaloïdes</i>	+	+	+
<i>Tanins</i>	+	+	+
<i>Saponines</i>	+	+	+

Où :

(+) : est enregistré si le réactif présente une légère opacité ou coloration (**présent**)

(-) : est enregistré en cas d'absence de turbidité de floculation et de précipitation (**Absence**)

Les composés phytochimiques sont des produits secondaires du métabolisme des plantes, dont beaucoup sont impliqués dans la santé humaine en tant qu'antioxydants. Celles-ci varient en quantité et en composition parmi les cultivars de pomme de terre (Al-Saikhane et al, 1995 ; Brown et al. 2008).

IV. Teneur en micronutriments :

4.1. Composés phénoliques

Le dosage des polyphénols totaux nous permet d'avoir une estimation globale de la teneur en différentes classes des composés phénoliques contenus au niveau de l'extrait méthanolique des tubercules de *Solanum tuberosum* L (à base sèche). Avant de passer à la détermination de la teneur en composés phénoliques nous avons établi une courbe d'étalonnage (figure 04 annexe) linéaire ($y = 55.262 x + 0.025$) établie avec des concentrations précises d'acides gallique Comme standard de référence.

Les résultats obtenus sont représentés dans la (figure 27) :

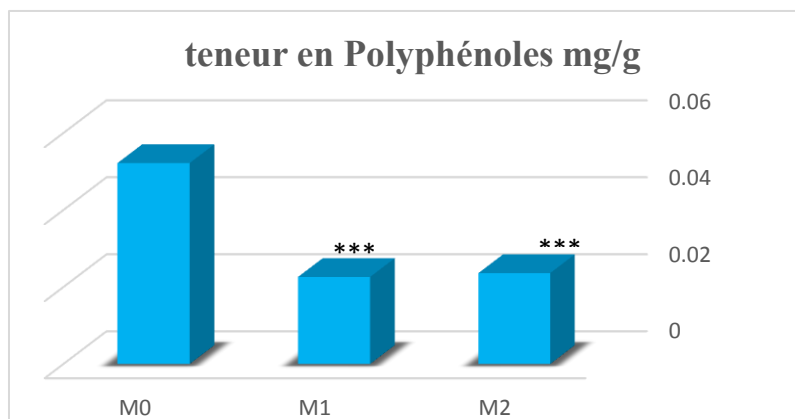


Figure 27 : taux des composés phénoliques des échantillons étudiés

Les résultats ont montré des différences très hautement significatives ($p < 0.001$) entre la teneur en composé phénolique de l'échantillon étudiés (**M₁**) et (**M₂**) à celle de l'échantillon témoin (**M₀**) (**0.56 mg/g**). Ces teneurs atteignent dans le même ordre les valeurs de (**0.23 mg/g**) et (**0.24 mg/g**).

La teneur en composé phénolique diminuée dans l'échantillon (**M₁**), ce résultat est opposé à celui trouvé par **Yang et Bernard(2007)** où la concentration des polyphénols est augmentée en tant qu'une réponse à une invasion fongique. D'autres études ont également montré que la réponse hypersensible conduit à une augmentation de l'activité des enzymes peroxydase et polyphénol oxydase impliquées dans les mécanismes de défense et enfin à une accumulation de composés phénoliques en tant qu'agent antimicrobien. (**Halliwell et Gutteridge 2007**).

D'autre part ; les résultats de **Friedman (2006)**, est due que la teneur élevée en glucoalcaloïdes (62-82 mg/L) donne un goût amer et même des sensations de brûlure de la pomme de terre. Les Acides phénoliques contribuent aux saveurs amères de certaines pommes de terre (**Work et Camire, 1996**). Ces résultats sont opposés aux notre trouvé où la de concentration en composés phénoliques dans notre tubercules (M2) est très faible à celle de témoins.

4.2.Teneur en Flavonoïdes :

Les flavonoïdes comme l'un des groupes les plus diverse et répandue des composés naturels, se sont probablement les composés phénoliques naturels les plus importants. Ces composés possèdent un large spectre d'activités chimiques et biologiques, y compris les propriétés anti radicalaires (**Djeridaneet al,2006**)

La teneur en flavonoïdes a été calculée à partir de l'équation de régression de la gamme d'étalonnage établie avec la quercitrine comme un standard (figure 05 annexes). Les résultats obtenus sont exprimés en mg équivalents d'acide gallique (mg EAG) par g de matière sèche.

La concentration en flavonoïdes dans les échantillons étudiés est présentée dans la (figure 28) :

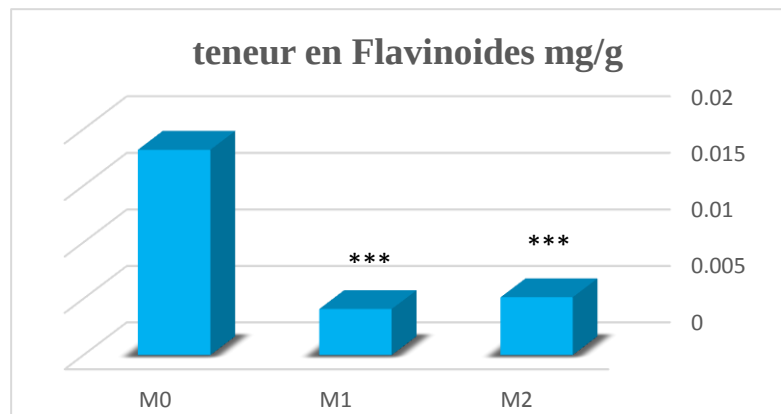


Figure 28 : le taux des flavonoïdes sur les échantillons étudiés

Les résultats obtenus montrent que la teneur en flavonoïdes totaux chez les tubercules de *Solanum tuberosum L* sains (**M₀**) est de (**0.18 mg/g**) ; Cette valeur est plus élevée par rapport aux tubercules verdâtres (**M₂**) où la concentration distinguée est (**0.051 mg/g**). Alors que, la plus faible concentration est enregistrée dans les tubercules atteints par la rhizoctonie (**M₁**) de l'ordre de (**0.040 mg/g**).

L'analyse de la variance a montré des différences très hautement significatives entre les échantillons (**M₁, M₂** ; **p < 0.001**), en comparaison avec l'échantillon sain (témoin) (**M₀**).

Des glucoalcaloïdes ou d'autres toxines dans la pomme de terre ont été proposées comme sources des dommages des composés anti-oxydants tels que les flavonoïdes (**Nielsen et al, 1997**). Ce résultat reflète ce que nous avons obtenu concernant les tubercules verdâtres où la présence de glucoalcaloïdes dans les tubercules entraîne une diminution des flavonoïdes.

Concernant l'échantillon (**M₁**) ; nous avons observé une diminution de la concentration des flavonoïdes. Ce résultat est complètement différent aux travaux de (**Kukula et al. 2005**) ; qui ont conclu que les flavonoïdes constituent la plus grande classe de composés phénoliques et présentent des propriétés antimicrobiennes et antioxydantes et qui vont augmenter leur teneur en l'attaque des insectes et des champignons. Les tubercules, les fleurs et les feuilles des plants de pomme de terre produisent des flavanones, des flavonols et des flavan-3-ols (**Lewis et al. 1998**).

4.3.Teneur en vitamine C :

Les résultats sont présents dans le tableau 07 :

Tableau 07 :Teneur en vitamine C dans la pomme de terre étudiée.

Type d'échantillon	Concentration en vitamine C en mol/l	Concentration en vitamine C en g/l
M0	0.003	0.528
M1	0.003	0.528
M2	0.003	0.528

Les résultats du dosage montrent que la concentration de vitamine C était la même dans tous les échantillons, estimée à **0,528 g/l**, ces résultats sont cohérents avec ce que (**Burgoset al ,2009**)a apporté.

Les pommes de terre sont une source importante en vitamine C (acide ascorbique), ses teneurs varient de 84 à 145 mg/100g MS, cela dépend des méthodes de semences et de récoltes ainsi que les conditions de stockage (**Augustin, 1975**).

Conclusion et perspectives

Conclusion et perspectives

La pomme de terre *solanum tuberosum L.*, est l'une des plus importantes cultures vivrières dans de nombreux pays du monde, la quatrième en importance au monde après le blé, le maïs et le riz.

L'importance de cette culture et son besoin croissant ont amené les agriculteurs à accroître leur productivité en se basant sur l'ajout d'engrais, moyen important de garantir les besoins de la culture des éléments. Afin de prendre en compte la sécurité et la santé des êtres humains et des animaux avant toutes considérations. En dépit de toutes ces précautions et mesures, la récolte de pommes de terre n'a pas été livrée contre des maladies pouvant endommager la quantité et qualité de la récolte.

C'est dans cette optique que nous avons inscrit cette étude qui a pour but d'étude l'effet de champignon *rhizoctonie solani* qui provoque la maladie la plus fréquente dans la région d'El oued (*la rhizoctone brun*), ainsi que la toxicité des glucoalcaloïdes de la pomme de terre sur leur valeur alimentaire et d'évaluer leur composition Bio-Actives.

Les résultats obtenus dans notre expérimentation nous permettent de conclure les points suivants :

- Les deux maladies n'ont aucun effet sur la teneur d'eau et de matière sèche dans les tubercules où tous les échantillons ont la même teneur en eau et réciproquement en matière sèche.
- La teneur en métabolites primaires varie en fonction de la maladie. Chez la pomme de terre verdâtre la concentration élevée de glucide retourne à des sucres trisaccharidiques de l' α -solanine (Solatrioses) est consistant en différent forme de glucide associé à des molécules toxiques de solanine, Par ailleurs ; le rôle protecteur des protéines de la pomme de terre telles que la lectine explique son taux élevé dans les tubercules verdâtres. Chez les tubercules infectés par la *rhizoctonie solani*, l'infection est favorisée par la production de nombreuses enzymes extracellulaires différentes qui dégradent divers composants des parois cellulaires des plantes (glucide, lipide. protéine).
- En ce qui concerne les métabolites secondaires, les résultats ont montré une différence significative entre les échantillons malades et sains. Il y avait une réduction significative des composés phénoliques et des flavonoïdes en raison de l'effet de champignon

Conclusion et perspectives

rhizoctonie solani et de la concentration de glucoalcaloïdes dans l'élimination de ces composés.

Notre étude n'est qu'une initiation qui doit être complétée par d'autres travaux que 'on peut les résumés comme perspectives :

- Généraliser l'étude pour d'autres variétés ainsi que pour d'autres maladies.
- Améliorer cette étude par le dosage d'autres éléments nutritifs que nous n'avons pas l'opportunité de les dosés.
- Allez vers la lutte biologique contre les divers agressions.

Références bibliographiques

- 1- **A .O .A .C , 1980 .** Official Methods of Analysis Association of Official Analytical Chemists, 13thed, Washington .USA
- 2- **ABDEL-FARID I, JAHANGIR M, VAN DEN HONDEL C, KIM H, CHOI Y, ET AL. (2009)** Fungal infection-induced metabolites in Brassica rapa. Plant Science 176: 608–615.
- 3- **ABDESSALEM F., 1990 :** Contribution à l'étude de trois amendements organique (fumier de fermes, fientes de volailles, compost urbain) .
- 4- **ALIFERIS KA, JABAJI S (2012).** FT-ICR/MS and GC-EI/MS Metabolomics Networking Unravels Global Potato Sprout's Responses to Rhizoctonia solani Infection. PLoS ONE 7(8): e42576. doi:10.1371/journal.pone.0042576.
- 5- **AMOROS W, ESPINOZA J, BONIERBALE M. 1999.**Assessment of variability for processing potential in advanced potato populations. CIP Program Report 1999-2000.
- 6- **ANDRE CM, OUFIR M, GUIGNARD C, HOFFMANN L, HAUSMANJF,EVERS D, LARONDELLE Y.2007.** Antioxidant profiling of native Andean potato tubers (*Solanum tuberosum* L.) reveals cultivars with high levels of β – Carotene, α -Tocopherol, chlorogenic acid, and petanin. J Agri Food Chem 2007; 55:10839-49.
- 7- **ARVANITOYANNIS, I. S., VAITSI, O., AND MAVROMATIS, A. (2008).** Potato: a comparative study of the effect of cultivars, cultivation conditions, and genetic modification on the physico-chemical properties of potato tubers in conjunction with multivariate analysis towards authenticity. Crit. Rev. Food Sci. Nutr.,48:799–823 .
- 8- **AYOOLA G. A, IPAV S. S, SOLIDIYA M. O, ADEPOJU-BELLO A. A, COKER H. A. B. AND ODUGBEMI T. O., 2008.,** Phytochemical screening and free radical scavenging activities of th fruits and leaves of Allanblackia floribunda oliv (Guttiferae)., International journal of health research., 1 (2) : 81-93.
- 9- **BAMOUH H., (1999) -** Technique de production de la pomme de terre, bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTA, N° 58 , PP 1-15
- 10- **BATES CJ.(1997)** Bioavailability of vitamin C. Eur J Clin Nut 1997; 51:S28-S33.
- 11- **BENRAMDANE ,N. (2015).**étude des pucerons vecteurs de virus sur trois variété de pomme de terre en pleins champs (ENSA El-Harrach), Magister en agronomie, zoologie agricole et forestière,114p.
- 12- **BERNHARDS U., (1998).** La pomme de terre *Solanum tuberosum* L. Monographie. Institut National Agronomique Paris – Grignon..
- 13- **BERNHARDS U., (1998).** La pomme de terre *Solanum tuberosum* L. Monographie. Institut National Agronomique Paris – Grignon
- 14- **BERTOFT E., BLENNOW A(2009).**, Structure of potato starch. Advances in potato chemistry and technology. 2009. pp 83-98.

Références bibliographiques

- 15- **BETHKE AND JANSKY(2008)**. The effects of boiling and leaching on the content of potassium and other minerals in potatoes. J Food Sci 2008;73:H80-5.
- 16- **BICHONNET, C. (2004)**. « Les pommes de terre, quelle santé » (<http://www.cnipt.com/>) , Comité national interprofessionnel de la pomme de terre.
- 17- **BISSATI., (1996)** : Optimisation de la cryoconservation d'apex de *Solanum phureja* par enrobage-déshydratation, en présence de saccharose. Etude sur l'effet de différentes substances cryoprotectrices. Thèse de Doctorat de l'Université de Rennes 1. France. 107p
- 18- **BONIERBALE M, GRÜNEBERG W, AMOROS W, BURGOS G, SALAS E, PORRAS E, ET AL.(2009)**. Total and individual carotenoid profiles in the Phureja group of cultivated potatoes: II. Development and application of Near-Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS) calibrations for germplasm characterization. J Food Comp Anal 2009, 22:509-16.
- 19- **BOUCHEK K-M, (2012)**. Les gales communes de la pomme de terre: connaissances générales,.
- 20- **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, page 13,14,
- 21- **BOUHADJERA K. (2005)**. Contribution a l'étude chimique et biologique de deux plantes médicinales sahariennes *Oudneya Africana* R.Br. Et *Aristida Pungens* L. Thèse Doctorat, Université Abou Bekr Belkaid Faculté Des Sciences Département De Chimie ,p 44.
- 22- **BROWN CR. 2005**. Antioxidants in potato. Am J Potato Res 2005;82:163-72.
- 23- **BRUNETON, J. (1999)**. *Pharmacognosie : Photochimie, Plantes Médicinales*. 3ème édition, Techniques & Documentation, Paris.
- 24- **BURGOS G, AUQUI S, AMOROS W, SALAS E, BONIERBALE M.(2009)** Ascorbic acid concentration of native Andean potato varieties as affected by environment, cooking and storage. J Food Comp Anal 2009; 22:533-8.
- 25- **BURGOS G, SALAS E, AMOROS W, AUQUI M, MUÑO A L, KIMURA M ET AL.(2009)**. Total and individual carotenoid profiles in the Phureja group of cultivated potatoes: I. Concentrations and relationships as determined by Spectrophotometer and High Performance Liquid Chromatography (HPLC). J Food Comp Anal 2009 ;22:503-8.
- 26- **CERESINI, P. (1999)** .as one of the requirements of the course Soilborne Plant Pathogens, PP-728
- 27- **CHEBBAH A.2016**, Contribution à l'étude de la production de quelques variétés de pomme de terre dans la région de Tlemcen, diplôme de master en agronomie végétale, université de Tlemcen, 63p.

Références bibliographiques

- 28- CNCC DE TIARET (2014)** : Données techniques : semences de la pomme de terre.
- 29- CONSENSUS DOCUMENT ON COMPOSITIONAL CONSIDERATIONS FOR NEW VARIETIES OF POTATOES:**Key Food and Feed Nutrients, Anti-nutrients and Toxicants.
- 30- Dimitri Milan, *Descripción de plantas cultivadas*, t. 1 (1987)**(Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería), Buenos Aires, ACME S.A.C.I.
- 31- DJERIDANE. A, YOUSFI. M, NADJEMI. B, BOUTASSOUNA. D, STOCKER. P, VIDAL. N., (2006).** Antioxidant activity of some algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds., *J. Food Chemistry.*, 97: 654–660
- 32- DSA, (2018)** : Données Statistiques et climatiques de la Wilaya de d’El-oued
- 33- DUTHIE G, DUTHIE S, KYLE J(2000).** Plant polyphenols in cancer and heart disease: implications as nutritional antioxidants. *Nut Res Rev*;13:79-106.
- 34- Dukan,P .(1998).**Dictionnaire de diététique et de nutrition.. Le Livre de Poche.
www.passeportsanté.net.fr
- 35- ENGLYST HN, KINGMAN SM, CUMMINGS JH(1992).** Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. *Eur J Clin Nut* ;46:S33-S50.
- 36- FAO, 2005,** notion des nutritons des plantes et fertilisation des sols au Niger, pp 24
- 37- F.A.O., (2010)-** Annuaire statistique de la FAO.
- 38- F.A.O.,(2018)-** Annuaire statistique de la FAO.
- 39- FOURNET.A, (1979)** : Plantes médicinales congolaises, *Meiocarpidium, limaciopsis...* Trav et doc de l’ORSTOM, Paris.
- 40- FRASER PD, BRAMLEY PM(2004).** The biosynthesis and nutritional uses of carotenoids. *ProgrLipidRes*;43:228-65.
- 41- Friedman M.** Nutritional value of proteins from different food sources. A review, *J Agr Food Chem* 1996;44:6-29.
- 42- GUGERLI P., (2008).** Viroses de la pomme de terre, évolution et diagnostic. In : La pomme de terre Recherche pour une production de qualité. Changins-Nyon, Confédération Suisse, pp. 13-14. 2008.
- 43- HAGERMAN A.E ET BUTLER L.G (1978).** Protein precipitation method for the quantitative determination of tannins.*J.Agric.Food.Chem.*,26,809-812
- 44- HAMED, A.(2011).** Le virus Y de pomme de terre, Doctorat en phytopathologie, Faculté d'agriculture, Université du Caire.
- 45- HANE, J. K., ANDERSON, J. P., WILLIAMS, A. H., SPERSCHNEIDER, J., AND SINGH, K. B. (2014)** Genome Sequencing and Comparative Genomics of the Broad Host-Range Pathogen *Rhizoctonia solani* AG8. *Plos Genetics* 10, e1004281.

Références bibliographiques

- 46- **HALLIWELL B, GUTTERIDGE J (2007)** Cellular responses to oxidative stress: adaptation, damage, repair, senescence and death. New York, USA: Oxford University Press. 851p.
- 47- **HARBORNE, J.B. (1988).** *The flavonoids, Advances in research since 1980.* Chapman & Hall, London
- 48- **HARTMANN R, BUNING-PFAUE H.(1998)** NIR determination of potato constituents. Potato Research 1998;41:327-34.
- 49- **HAYASHI K, HIBASAMI H, MURAKAMI T, TERAHARA N, MORI M, TSUKUI A. (2006).** Induction of apoptosis in cultured human stomach cancer cells by potato anthocyanins and its inhibitory effects on growth of stomach cancer in mice. Food Sci Techn Res ;12:22-6.
- 50- **HIDE G, READ P, SANDISON JP (1985),** Stem canker (*Rhizoctonia solani*) of maincrop potatoes. Annals of Applied Biology 106: 423–437
- 51- **INSTITUT BRUXELLOIS POUR LA GESTION DE L'ENVIRONNEMENT,(2014).** les pomme de terre .
- 52- **JADHAV SJ. (1975)** Formation and control of chlorophyll and glycoalkaloids in tubers of *Solanum tuberosum* L., and evaluation of glycoalkaloids toxicity. Adv. Food. Res., 21, 307-350.
- 53- **JANSEN G, FLAMME W, SCHULER K, VANDREY M(2001).** Tuber and starch quality of wild and cultivated potato species and cultivars, Potato Research ;44:137-46.
- 54- **JENNIFER A. WOOLFE ET SUSAN V(1987).** Poats, *The potato in the human diet*, Cambridge University Press, 231 p. p. 165
- 55- **GRUNENFELDER, L. A., KNOWLES, L. O., HILLER, L. K., AND KNOWLES, N. R. (2006).** Glycoalkaloid development during greening of fresh market potatoes (*Solanum tuberosum* L.). J. Agric. Food Chem., 54:5847–5854
- 56- **KACHROO A, KACHROO P (2009)** Fatty acid-derived signals in plant defense. Annual Review of Phytopathology 47: 153–176
- 57- **KUMAR D, SINGH BP, KUMAR P(2004).** An overview of the factors affecting sugar content of potatoes. Ann Appl Biol ;145:247-56.
- 58- **LANDRUM J, BONE R(2001).** Lutein, zeaxanthin and macular pigment. Arch Biochem Biophys ;385:28-40.
- 59- **LAUMONNIER R (1979),** culture légumiers et maraichère tome III .Ed .Baillier, paris.279p
- 60- **LETERME P, BULDGEN A, ESTRADA F, LONDOÑO AM. (2006).** Mineral content of tropical fruits and unconventional foods of the Andes and the rain forest of Colombia. Food chemistry. 95(4): 644-652.
- 61- **MADEC ET PERENNEC EN 1962:** Les relations entre l'induction de la tubérisation et la croissance chez la pomme de terre. Ann. Physio. Veg pp 05-83.

Références bibliographiques

- 62- MADEC P, (1966) :** Croissance et tubérisation de la pomme de terre. Bull. soc. Fr. Physio. Veg (12) .pp 159-173.
- 63- M.A.D.R, (2018):** Minestaire d’agriculture, Direction de statistique de système d’information .
- 64- MATTILA P, HELLSTROM J(2006).** Phenolic acids in potatoes, vegetables, and some of their products. J Food Comp Anal 2006;20:152-60.
- 65- MILLAR, D. J., ALLEN, A. K., SMITH, C. G., SIDEBOTTOM, C., SLABAS, A. R., AND BOLWELL, G. P. (1992).** Chitin-binding proteins in potato (*Solanum tuberosum* L.) tuber. Characterization, immunolocalization and effects of wounding. Biochem. J., 283:813–821 .
- 66- MORRIS W. L., ROSS H. A., DUCREUX, L. J., BRADSHAW J. E., BRYAN G. J., AN TAYLOR M. A. (2008).** Umami compounds are a determinant of the flavor of potato (*Solanum tuberosum* L.). J. Agric. Food Chem., 55:9627–9633.
- 67- MOULE C., (1972).** Plantes sarclées et déverses. J-B. Baillière et fils, Editeurs. Paris. 246P
- 68- NIELSEN, F., MIKKELSEN, B. B., NIELSEN, J. B., ANDERSEN, H. R., AND GRANDJEAN,P. (1997).** Plasma malondialdehyde as biomarker for oxidative stress: reference interval and effects of life-style factors. Clin. Chem., 43:1209–1214 .
- 69- NODA T, KOTTEARACHCHI SN, TSUDA S, MORY M, TAKIGAWA S, MATSUURA-ENDO C, ET AL(2007).** Starch phosphorus content in potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars and its effect on other starch properties. Carbohydrate Polymers ; 68:793-6.
- 70- NOFRARIAS M, MARTINEZ-PUIG D, PEREZ JF,2009.** Potential health benefits of potato starch. Global Science Books 2009; 3:1-7.
- 71- NYABYENDA, P.2005.** les plants cultivés en régions tropicales d’altitudes d’Afrique. Les Presses Agronomiques de Gembloux, A.S.B.L.pp223.
- 72- Palta JP(1996).** Role of calcium in plant responses to stresses: Linking basic research to the solution of practical problems. HortSci ;31:51-7.
- 73- PERENNEC P ET MADEC P. (1980) :** Age physiologique du plant de pomme de terre. Incidence sur la germination et répercussion sur le comportement des plantes. Potato Res.,23,183-199.
- 74- PRAMOD, S. N., VENKATESH, Y. P., AND MAHESH, P. A. (2007).** Potato lectin activates basophils and mast cells of atopic subjects by its interaction with core chitobiose of cell-bound non-specific immunoglobulin E. Clin. Exp.Immunol., 148:391–401.106.
- 75- REYES LF, MILLER JC, CISNEROS-ZEVALLOS L (2005).** Antioxidant capacity, anthocyanins and total Phenolic in purple and red fleshed potato (*Solanum tuberosum* L.) genotypes. Am J Potato Res ;82:271-7.

Références bibliographiques

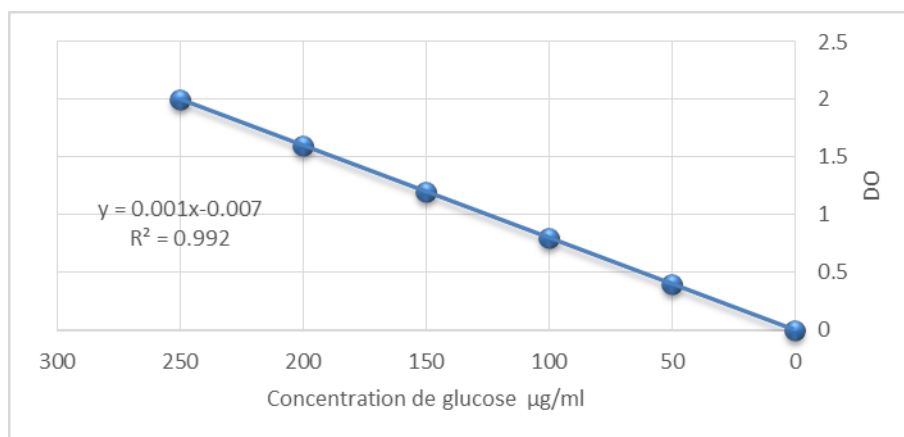
- 76- RIBEREAU-GAYON P.(1968).** Les composés phénoliques des végétaux. Ed, DUNOD, Paris.
- 77- ROUSSELLE P., ROBERT Y., CROSNIER J.C, (1996).** *La pomme de terre*, INRA Paris
- 78- SAOUD D, CHELALGA N,(2017).** Etude l'effets de différents types de résidus de plantes sur la croissance et la production du plante d'oignon *Allium cepa* Len tant qu'espèce ,Biologie et valorisation des plantes ,université Elchahid Hamma Lakhdar El oued ,99p.
- 79- SEPPAL " A, U., ALENIUS, H., TURJANMAA, K., REUNALA, T., PALOSUO, T., AND KALKKINEN, N. (1999).** Identification of patatin as a novel allergen for children with positive skin prick test responses to raw potato. *J. Allergy Clin. Immunol.*,103:165–171.
- 80- SHEWRY, P. R. (2003).** Tuber storage proteins. *Ann. Bot. (Lond).*, 91:755–76
- 81- sOFOWORA, a. (1993).** *Medicinal Plants and Traditional Medicine in Africa*. Spectrum Books Ltd., Ibadan, Nigeria, pp. 191-289.
- 82- TALUKDER MN,(1983)** «contribution à l'étude du rôle de quelques glucoalcaloïdes sur la croissance des systèmes racinaire et stolonifère et sur la tubérisation de germes de pomme de terre (*Solanum tuberosum* L) cultivés *in vitro* », Thèse doctorat,Soutenue en février ,présentée à « UNIVERSITÉ DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE LILLE » p 87.
- 83- TREASE E; EVANS W.C.(1987).** Pharmacognosy.Billiare. Tindall.Londone 13 thEdn; p : 61-62.
- 84- VERBIST JF, MONNET R. (1979)** A propos de la teneur en solanine des petits tubercules de pomme de terre. *PotatoRes.*, 22, 239-343.
- 85- WARD JL, FORCAT S, BECKMANN M, BENNETT M, MILLER SJ, ET AL. (2010)** The metabolic transition during disease following infection of *Arabidopsis thaliana* by *Pseudomonas syringae* pv. tomato. *The Plant Journal* 63: 443–457 .
- 86- WANG H., LIU M., HU X., LI M., XIONG X. (2013).** Electrochemical determination of glycoalkaloids using a carbon nanotubes-phenylboronic acid modified glassy carbon electrode. *Sensors*, Vol. 13, p. 16234–16244 .
- 87- Wharton,P,kirk,W,berry,D,et snapp,S.2007,**Rhizoctonia stem canker and black scurf op potato .bulletin E2994 .mitchigan state university . p6
- 88- WOLFGANG RADTKE ET WALTER RIECKMANN,(1991).** Maladies et ravageurs de la pomme de terre, Th. Mann -Gelsenkirchen-Buer, 168 p. (ISBN 3-7862-0090-4)
- 89- WOOLFE JA. THE POTATO IN THE HUMAN DIET, CAMBRIDGE (UK),(1987).** University Press, p.1- 231.
- 90- WORK, T. M. AND CAMIRE, M. E. (1996).** Phenolic acid detection thresholds in processed potatoes. *Food Qual. Pref.*, 7:271–274.

Références bibliographiques

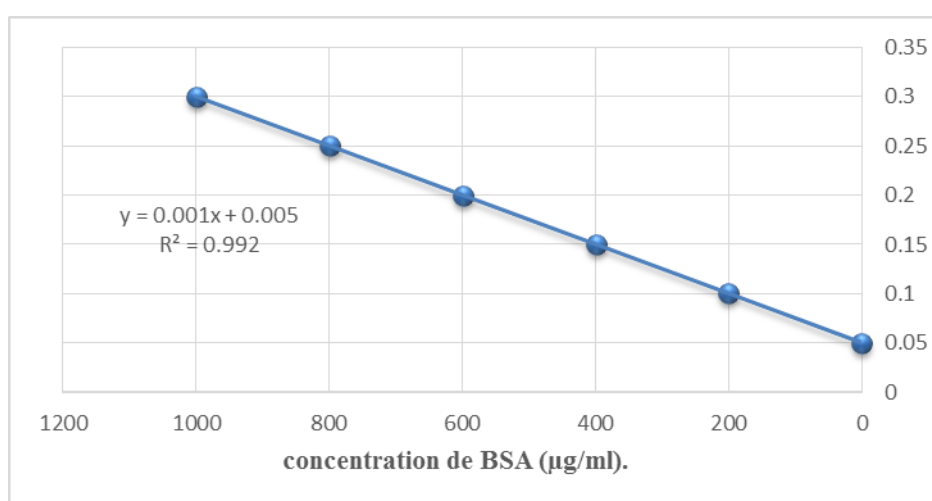
- 91- YAKHLEF S, (2014).**Suivi des maladies fongiques de pomme de terre *Solanum tuberosum* L.dans la région d'EL-Oued , Master Biotechnologie végétale, université Elchahid Hamma Lakhdar EL-Oued ,65 page .
- 92- YANG W-L, BERNARDS M (2007).** Metabolite profiling of potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers during wound-induced suberization. *Metabolomics* 3: 147–159.
- 93- « Solanine poisoning from potatoes », *FDA Poisonous Plant Database*, 1960 (<https://www.accessdata.fda.gov/scripts/plantox/detail.cfm?id=1364> .5-4-2019)**
- 94- « Pomme de terre » :** (https://fr.wikipedia.org/wiki/Pomme_de_terre. Date d'accès 15.05.2019)
- 95- SVTICE.(2019).**Le cycle de vie de la pomme de terre .en ligne (<https://www.svtice-hatier.fr/document/le-cycle-de-vie-de-la-pomme-de-terre>, date d'accès: 14/05/2019)
- 96- Jardiner-autrement** (<https://www.jardiner-autrement.fr/fiches-techniques/pomme-de-terre-mildiou/> .Dated'accès,20.05.2019)
- 97- jardinierparesseux.**(<https://jardinierparesseux.com/tag/bibitte-a-patates/>).Dated'accès ,20.05.2019
- 98- Une équipe de chercheurs du « RIKEN Center for Durable Resource Science durable »** dirigée par K. Saito ,(<https://www.biotechnologies-vegetales.com/des-pommes-de-terre-a-faibles-teneurs-en-toxines>) , consulté le 30-03-2019.
- 99- FN3PT.** (<http://plantdepommedeterre.org/index/teigne>.) Date d'accès 20.05.2019

Annexes

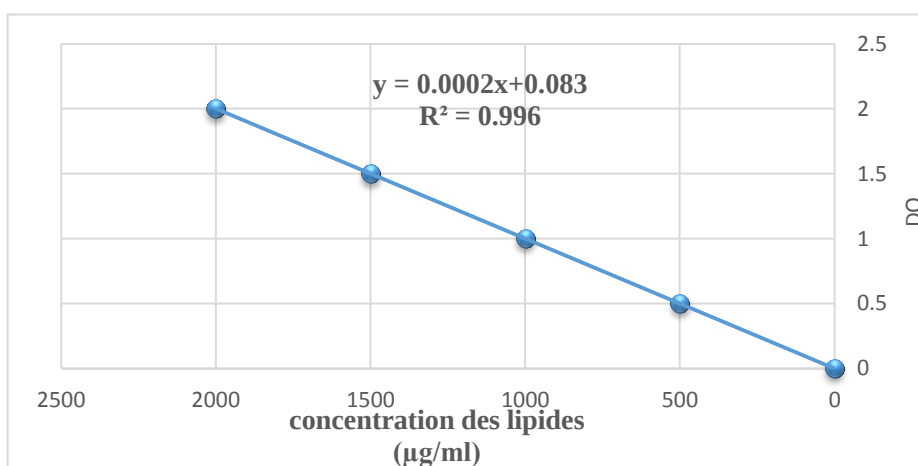
Annexe



Annexe 01 : la gamme étalonnage du dosage des glucoses à 940 nm

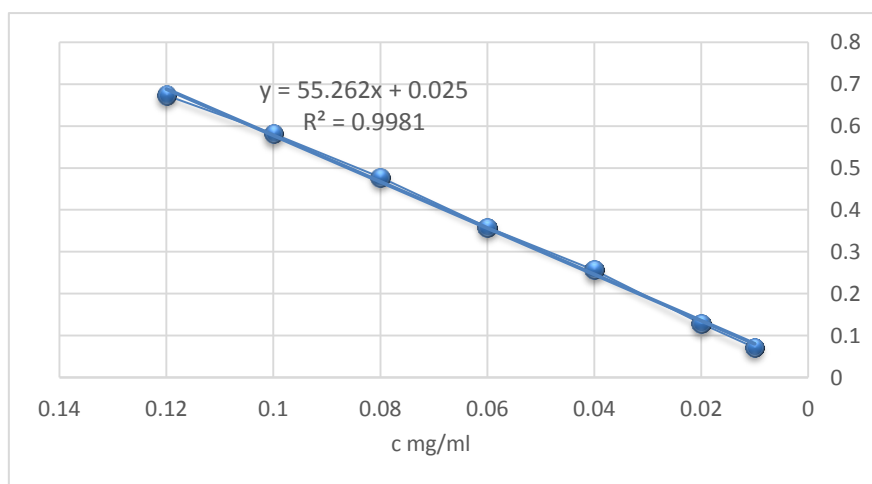


Annexe 02 : gamme d'étalonnage du dosage des protéines à 750 nm

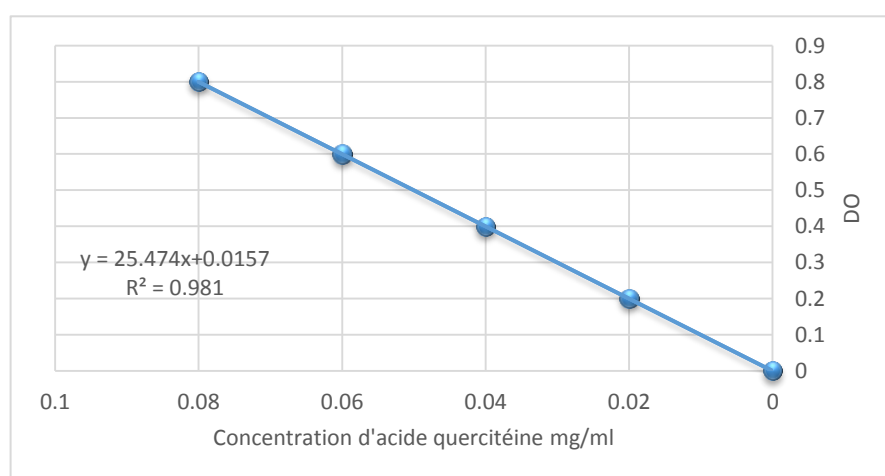


Annexe 03 : gamme d'étalonnage du dosage des lipides à 530 nm

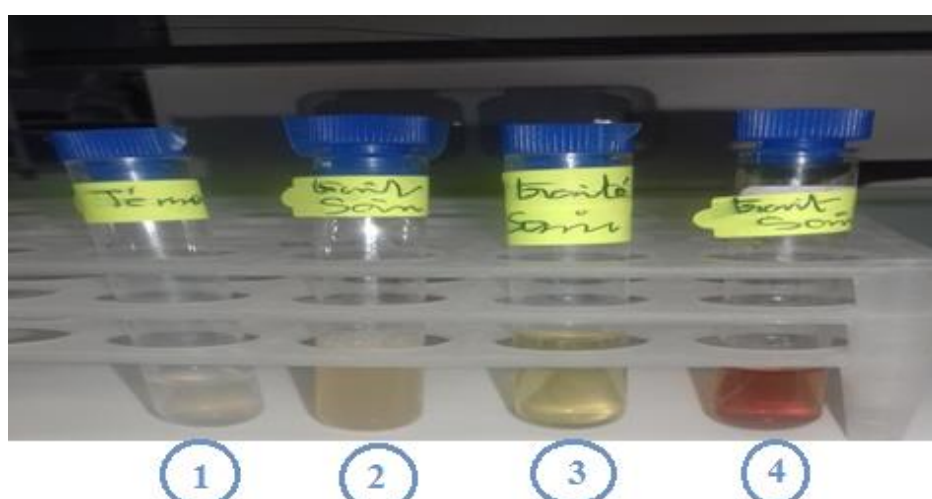
Annexe



Annexe 04 : Gamme d'étalonnage exprimée en acide Gallique à 750 nm



Annexe 05 : gamme d'étalonnage exprimée en quercétine à 415 nm

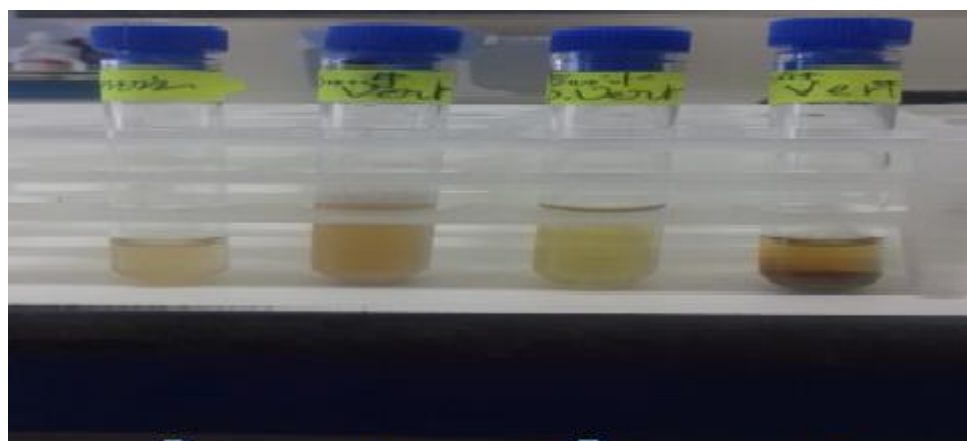


Annexe 06 : la détection de saponine, alcaloïdes et tanins dans l'échantillon sain : **(01)** : Témoin (la solution d'eau), **(02)** : Saponine, **(03)** : Tanins, **(04)** : Alcaloïdes



1 2 3 4

Annexe 07 : la détection de saponine, alcaloïdes et tanins dans l'échantillon de Rhizoctonia brun : (01) : Témoin (la solution d'eau), (02) : Saponine, (03) : Tanins, (04) : Alcaloïdes



1 2 3 4

Annexe 08 : la détection de saponine, alcaloïdes et tanins dans l'échantillon de pomme de terre vert : (01) : Témoin (la solution d'eau), (02) : Saponine, (03) : Tanins, (04) : Alcaloïdes