

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

**Université Mouloud MAMMARI de Tizi-Ouzou**

**Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques**

**Département des Sciences Agronomiques**



## **Mémoire**

**En vue de l'obtention du diplôme de Master en Sciences agronomiques**  
**Spécialité : Protection des végétaux**

### **Thème**

**Synthèse bibliographique sur la lutte biologique par les huiles essentielles contre la teigne de la pomme de terre *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera : Gelechiidae).**

**Réalisé par : M<sup>elle</sup> HAMITOUCHE Naoual**

**Devant le jury composé de :**

|  |             |              |                      |
|--|-------------|--------------|----------------------|
| <b>M<sup>me</sup> LARDJANE-AIT SLIMANEN.</b> | <b>MCA</b>  | <b>UMMTO</b> | <b>Présidente</b>    |
| <b>M<sup>me</sup> KHELFAANE-GOUCEM K.</b>    | <b>MCA</b>  | <b>UMMTO</b> | <b>Promotrice</b>    |
| <b>M<sup>me</sup> LAMARA MAHAMED R.</b>      | <b>DCB</b>  | <b>UMMTO</b> | <b>CO-Promotrice</b> |
| <b>M<sup>me</sup> GHEBBI-SI SMAÏL K.</b>     | <b>MCB</b>  | <b>UMMTO</b> | <b>Examinatrice</b>  |
| <b>M<sup>elle</sup> ABBASSEN R.</b>          | <b>DOCT</b> | <b>UMMTO</b> | <b>Examinatrice</b>  |

**Année 2020/2021**

## **Remerciements**

*Au terme de cette étude, je remercie avant, Dieu tout puissant de m'avoir guidé de suivre les bons pas et les justes réflexes. Sans sa miséricorde, ce travail n'aura pas abouti.*

*Je tiens vivement à exprimer ma profonde reconnaissance et gratitude à mon encadreur M<sup>me</sup> KHELFANE-GOUCEM K. MCA à l'université de Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, qui a bien voulu, par son aimable bienveillance, diriger ce travail, qui a fait preuve d'une grande patience. Ses conseils, ses orientations ainsi que, ses qualités humaines et ses intérêts portés pour mon sujet de recherche m'ont permis de réaliser cette étude. Son encadrement était des plus exemplaires.*

*Mes remerciements vont aussi à ma CO-Promotrice M<sup>me</sup> LAMARA MAHAMED R. DCB à l'université de Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, d'avoir eu l'amabilité d'accepter aimablement de me guider et de me renseigner tout au long de ce travail. Je suis particulièrement reconnaissante et honorée par sa participation au jury de ce mémoire.*

*Je tiens à remercier également Mme LARDJANE-AIT SLIMANEN, MCA à l'université de Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, Mme ABBASSEN R. DOCTB à l'université de Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou et Mme GHEBBI-SI SMAIL K. DCB à l'université de Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou d'avoir accepté, malgré leurs préoccupations et leurs tâches d'enseignement et d'encadrement, de lire et de juger ce travail. Qu'elles trouvent ici mes sincères sentiments de gratitude et de respect.*

## *Dédicace*

*A ma mère, A mon père*

*... Pour vos mains qui ont tant travaillées... Pour votre cœur qui m'a tant donné... Pour votre sourire qui m'a tant réchauffé, pour vos sacrifices... Pour vous qui m'avez tant aimé, qu'ils trouvent ici l'expression de ma profonde affection.*

*A mes deux frères Yacine et Lounes*

*... Pour leurs compréhensions et leurs encouragements, qu'ils trouvent ici l'expression de ma sincère amitié.*

*A mes futurs beaux-parents*

*... Pour leurs encouragements et leurs amours durant tout le temps de mon travail, que Dieu les garde en bonne santé.*

*A mon cher fiancé Meziane Hadjar*

*... Pour son amour, compréhension, encouragement et surtout sa patience durant tout le temps de mon travail, que Dieu nous réunisse sous un seul toit pour toujours.*

*A toute ma famille, la famille Hamitouche et la Saber  
chaqu'un à son nom*

*... Pour leurs conseils et leurs encouragements, merci.*

*A la mémoire de mon cher Oncle Mouhamed et mes  
deux grands -parent*

*... partis trop tôt, sont à jamais vivants dans nos cœurs,  
Qu'ils reposent en paix.*

*A tous mes amis de près ou de loin*

*... J'ai passé avec vous les meilleures années de ma  
vie.*

## Liste des figures

| Numéros          | Titres  | pages     |
|------------------|---|-----------|
| <b>Figure 1</b>  | Superficie cultivée en pomme de terre à l'échelle nationale (MADRP, 2018).  | <b>5</b>  |
| <b>Figure 2</b>  | Évolution de la production de pomme de terre (MADRP, 2018).   | <b>6</b>  |
| <b>Figure 3</b>  | Principes de l'amélioration des plantes (Daoud, 2017).  | <b>7</b>  |
| <b>Figure 4</b>  | Planche botanique de la pomme de terre (Daoud, 2017).   | <b>8</b>  |
| <b>Figure 5</b>  | Principaux organes extérieurs du tubercule de pomme de terre (Boufares, 2012).  | <b>10</b> |
| <b>Figure 6</b>  | Structure interne d'un tubercule de pomme de terre sur une coupe longitudinale (Boufares, 2012).                                  | <b>11</b> |
| <b>Figure 7</b>  | Composition biochimique moyenne d'un tubercule de pomme de terre (Delaplace, 2007).   | <b>12</b> |
| <b>Figure 8</b>  | Valeur nutritionnelle pour 100 g de pomme de terre cuite avec leur peau et épluchées avant consommation (Prokop et Albert, 2008). | <b>12</b> |
| <b>Figure 9</b>  | Cycle végétatif de la pomme de terre (Anonyme, 1998).   | <b>14</b> |
| <b>Figure 10</b> | Symptômes du mildiou de la pomme de terre sur les différents organes de la plante (INPV, 2021).                                   | <b>18</b> |
| <b>Figure 11</b> | Symptômes du rhizoctone brun sur tige et tubercule de pomme de terre (Syngenta, 2021).  | <b>19</b> |
| <b>Figure 12</b> | Lésions à la base de tige et pourriture molle des tubercules de pomme de terre due à la bactérie (Anonyme, 2021).                 | <b>20</b> |
| <b>Figure 13</b> | Symptômes du flétrissement bactérien sur le plant et tubercule de pomme de terre (Blancard, 2013).                                | <b>20</b> |
| <b>Figure 14</b> | Symptômes causés par des nématodes à kyste sur la pomme de terre (Anonyme, 2019).   | <b>21</b> |
| <b>Figure 15</b> | Répartition géographique de <i>Phthorimaea operculella</i> dans le monde (Kroschel et Zeggara, 2006).                             | <b>25</b> |
| <b>Figure 16</b> | Distribution de la teigne de la pomme de terre dans le bassin méditerranéen et en Algérie (Ravidat, 2010).                        | <b>26</b> |
| <b>Figure 17</b> | Différents stades de développement de <i>Phthorimaea operculella</i> (Kroschel et al., 2016).                                     | <b>27</b> |

|                  |  |           |
|------------------|--|-----------|
| <b>Figure 18</b> | Œufs de la teigne de la pomme de terre <i>P. operculella</i> (GX40) ; (Lamara Mahamed, 2020).  | <b>27</b> |
| <b>Figure 19</b> | Différents stades larvaires de <i>P. operculella</i> (GX40) ; (Lamara Mahamed, 2020).  | <b>28</b> |
| <b>Figure 20</b> | Chrysalides de <i>P. operculella</i> (GX20) (Lamara Mahamed, 2020).  | <b>28</b> |
| <b>Figure 21</b> | Adultes de la teigne de la pomme de terre <i>Phthorimaea operculella</i> (Kurt Ahlmark, 2013).   | <b>29</b> |
| <b>Figure 22</b> | Dimorphisme sexuel de <i>P. operculella</i> chez les chrysalides (Lamara Mahamed, 2020).   | <b>30</b> |
| <b>Figure 23</b> | Domages aux méristèmes et aux feuilles (Miri et Marek, 2020).  | <b>32</b> |
| <b>Figure 24</b> | Symptômes de présence des larves de dans les tubercules de pomme de terre en plein champ (Miri et Marek, 2020).  | <b>33</b> |
| <b>Figure 25</b> | Symptômes de présence de la teigne de pomme de terre dans les structures de stockage (Miri et Marek, 2020).  | <b>33</b> |
| <b>Figure 26</b> | Dispositif de la méthode d'extraction des huiles essentielles par expression à froid (Farhat, 2010).   | <b>41</b> |
| <b>Figure 27</b> | Dispositif de la méthode d'extraction des huiles essentielles par expression à froid (Farhat, 2010).   | <b>42</b> |
| <b>Figure 28</b> | Dispositif de la méthode d'extraction des huiles essentielles par entraînement à la vapeur d'eau (Farhat, 2010).   | <b>43</b> |
| <b>Figure 29</b> | Dispositif et principe de l'extraction des huiles essentielles par le CO2 (Fauconnier, 2019).  | <b>44</b> |
| <b>Figure 30</b> | Schéma du principe des tests toxicologiques par voie orale sur l'abeille (Vidal et al., 2018).   | <b>49</b> |
| <b>Figure 31</b> | Mortalités des abeilles après 1 jour (gauche) et 4 jours de nourrissage (droite) en fonction des modalités (concentration en HE 1 % v/v) (Vidal et al., 2018).   | <b>50</b> |
| <b>Figure 32</b> | Mortalités des abeilles après 1 jour (gauche) et 4 jours de nourrissage (droite) en fonction des modalités (concentration en HE 0,2 % v/v) (Vidal et al., 2018). | <b>50</b> |
| <b>Figure 33</b> | Brulures d'huiles essentielles sur les feuilles de vigne et de pommier (Vidal et al., 2018).   | <b>52</b> |

## Liste des tableaux

---

| Numéros   | Titres   | Pages    |
|-----------|--|----------|
| Tableau 1 | Principales variétés de pomme de terre cultivées en Algérie (Benouis H., 2016).                                    | 7        |
| Tableau 2 | L'ensemble des payés ou la présence de <i>phthorimaea operculella</i> a été signalé Kroschel et <i>al.</i> , 2016. | 25<br>26 |
| Tableau 3 | Produits à base d'huiles essentielles homologués en France (Anonyme, 2020)   | 53       |

## Lise des abréviations

---

FAO : Food and Agriculture Organisation of the United Nations « Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture ».

MADRP : Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et de la Pêche.

N, P, K : N= azote, P= phosphore, K= potassium. Éléments minéraux majeurs.

PLRV : Potato Leaf Roll Virus « Virus de l'enroulement de la pomme de terre ».

CMR : Cancérigène, Mutagène, Reprotoxique.

H.E. : Huile Essentielles.

# Sommaire

---

|   |    |
|---|----|
| Introduction générale.....  | 1  |
| Chapitre I : Généralités sur la pomme de terre <i>Solanum tuberosum</i> L. .... | 4  |
| 1. Origine et historique de la pomme de terre .....                             | 4  |
| 2. Classification et systématique .....   | 4  |
| 3. Situation économique de la pomme de terre.....                               | 5  |
| 3.1. Dans le monde.....   | 5  |
| 3.2. En Algérie.....  | 5  |
| 4. Variétés.....  | 6  |
| 5. Pommes de terre transgéniques .....  | 7  |
| 6. Principales catégories de culture pomme de terre .....                       | 8  |
| 7. Description Botanique et morphologique .....                                 | 8  |
| 7.1. Partie aérienne.....   | 9  |
| 7.1.1. Tige .....   | 9  |
| 7.1.2. Feuilles.....  | 9  |
| 7.1.3. Fleurs .....   | 9  |
| 7.1.4. Fruits .....   | 9  |
| 7.2. Partie souterraine.....  | 9  |
| 7.2.1. Racines.....   | 9  |
| 7.2.2. Tubercules.....  | 10 |
| 7.2.2.1. Structure externe du tubercule .....                                   | 10 |
| 7.2.2.2. Structure interne du tubercule.....                                    | 10 |
| 7.2.2.3. Couleurs du tubercule.....   | 11 |
| 7.2.2.4. Valeur nutritionnelle et composition biochimique du tubercule .....    | 11 |
| 8. Cycle de reproduction.....   | 13 |
| 8.1. Cycle sexué .....  | 13 |
| 8.2. Cycle végétatif.....   | 13 |
| 8.2.1. Dormance .....   | 13 |
| 8.2.2. Germination .....  | 13 |
| 8.2.3. Croissance .....   | 14 |
| 8.2.4. Tubérisation.....  | 14 |
| 9. Les exigences climatiques et édaphiques de la pomme de terre.....            | 15 |
| 9.1. Facteurs climatiques .....   | 15 |

|   |    |
|---|----|
| 9.1.1. Températures.....  | 15 |
| 9.1.2. Eau et humidité.....   | 15 |
| 9.1.3. Lumière .....  | 15 |
| 9.2. Facteurs édaphiques.....   | 15 |
| 9.2.1. Structure du sol .....   | 15 |
| 9.2.1. Salinité et pH du sol .....  | 15 |
| 9.2.3. Fertilisation organique.....                                       | 16 |
| 9.2.4. Fertilisation minérale .....                                       | 16 |
| 10. Méthodes de culture de la pomme de terre.....                         | 16 |
| 10.1. Rotation .....  | 16 |
| 10.2. Plantation .....  | 17 |
| 10.3. Irrigation .....  | 17 |
| 10.4. Buttage.....  | 17 |
| 10.5. Défanage.....   | 17 |
| 10.6. Récolte et conservation .....                                       | 17 |
| 11. Maladies et ravageurs de la pomme de terre.....                       | 18 |
| 11.1. Maladies fongiques.....   | 18 |
| 11.1.1 Mildiou .....  | 18 |
| 11.1.2. Rhizoctone brun .....   | 18 |
| 11.2. Maladies bactériennes.....  | 19 |
| 11.2.1. Maladie de la jambe noire .....                                   | 19 |
| 11.2.2. Flétrissement bactérien.....                                      | 20 |
| 11.3. Maladies virales.....   | 20 |
| 11.4. Nématodes .....   | 21 |
| 11.5. Insectes ravageurs .....  | 21 |
| 11.5.1. Pucerons .....  | 21 |
| 11.5.2. Doryphore .....   | 22 |
| 11.5.3. Taupins.....  | 22 |
| 11.5.4. Teigne .....  | 22 |
| Chapitre II : Présentation de <i>Phthorimaea operculella</i> Zeller ..... | 23 |
| Introduction .....  | 23 |
| 1. Généralités sur les Lépidoptères et les Gelechiidae .....              | 23 |
| 2. Présentation de la teigne de la pomme de terre.....                    | 23 |
| 2.1. Origine et historique .....  | 23 |
| 2.2. Position systématique .....  | 24 |

|   |    |
|---|----|
| 2.3. Répartition géographique.....  | 24 |
| 2.3.1. Dans le monde.....   | 24 |
| 2.3.2. En Algérie.....  | 26 |
| 2.4. Description de l'espèce.....   | 27 |
| 2.4.1. Œuf.....   | 27 |
| 2.4.2. Larve.....   | 28 |
| 2.4.3. Nymphe.....  | 28 |
| 2.4.4. Adulte.....  | 29 |
| 2.4.5. Dimorphisme sexuel.....  | 29 |
| 2.5. Cycle biologique.....  | 30 |
| 2.6. Symptômes et dégâts.....   | 31 |
| 2.6.1. Dégâts.....  | 31 |
| 2.7.2. Symptômes.....   | 32 |
| 2.7.2.1. En plein champ.....  | 32 |
| 2.7.2.2. En stock.....  | 33 |
| 3. Méthodes de lutte.....   | 34 |
| 3.1. Lutte chimique.....  | 34 |
| 3.2. Lutte culturale.....   | 35 |
| 3.3. Lutte biologique.....  | 36 |
| 3.3.1. Lutte par les ennemis naturels.....  | 36 |
| 3.3.2. Lutte par les plantes.....   | 36 |
| Chapitre III : Effet des huiles essentielles sur <i>Phthorimaea operculella</i> (Zeller)..... | 39 |
| Introduction.....   | 39 |
| 1. Définition.....  | 39 |
| 2. Répartition des huiles essentielles dans la plante.....                                    | 39 |
| 3. Propriétés physiques et chimiques.....   | 40 |
| 4. Techniques d'extraction des huiles essentielles.....                                       | 40 |
| 4.1. Extraction par expression à froid des huiles essentielles.....                           | 40 |
| 4.2. Extraction par hydro-distillation.....   | 41 |
| 4.3. Extraction par entraînement à la vapeur d'eau.....                                       | 42 |
| 4.4. Extraction par les solvants.....   | 43 |
| 4.5. Extraction par le CO <sub>2</sub> .....  | 43 |
| 5. Rôle des huiles essentielles chez les plantes.....   | 44 |
| 6. Intérêt d'utiliser les huiles essentielles en lutte intégrée.....                          | 44 |
| 7. Effets des huiles essentielles sur <i>Phthorimaea operculella</i> .....                    | 45 |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>7.1. Dans le monde.....</b>   | <b>46</b> |
| <b>7.2. En Algérie.....</b>  | <b>47</b> |
| <b>8. Effets non-intentionnels des huiles essentielles sur les cultures et la faune auxiliaire .</b> | <b>48</b> |
| <b>8.1. Résultats des tests de toxicité des huiles essentielles sur abeilles .....</b>               | <b>49</b> |
| <b>8.2. Evaluation de la phytotoxicité des huiles essentielles sur les cultures.....</b>             | <b>51</b> |
| <b>9. Difficulté et homologation .....</b>   | <b>52</b> |
| <b>Conclusion.....</b>   | <b>54</b> |

# **Introduction**

Originnaire d'Amérique latine (Pérou, Bolivie, Equateur et centre du Mexique), le genre *Solanum* regroupe environ un millier d'espèces dont plus de 200 sont tubéreuses (Rousselle et *al.*, 1996). La pomme de terre *Solanum tuberosum* appartient à la famille des solanacées. C'est une plante que l'on cultive annuellement mais qui est vivace par ses organes de réserve c'est-à-dire que si on la laisse au champ, la pomme de terre repoussera d'année en année grâce à ses tubercules formés en cours de cycle (Rousselle et *al.*, 1992).

C'est un aliment de base qui contient des éléments nutritifs importants pour la santé de l'homme, tels que le fer, le potassium, la vitamine B, la vitamine C et les fibres. Elle ne comprend pas de graisse, renferme peu de calories et a un goût agréable. Elle joue un rôle clé dans le système alimentaire mondial. C'est le légume le plus productif au monde, constitue une source importante de revenus pour de nombreux pays. Elle est cultivée dans plus de 125 pays et consommée quotidiennement par plus d'un milliard de personnes (Lutaladio et *al.*, 2010).

L'Algérie occupe la 15ème place à l'échelle mondiale dans la production de pomme de terre 4.606.403 tonnes en 2017 (FAO, 2019). De par sa diversité pédoclimatique, notre pays a l'opportunité de disposer presque toute l'année de la pomme de terre fraîche car on la cultive sur trois tranches ; la culture primeur, la culture saison et l'arrière-saison (Reguieg, 2008). Sa production a connu une remarquable évolution au cours de ces dernières années. Cet essor de la production est suivi par une amélioration du rendement qui est passé de 180 q/ha en 2002 à plus de 300 q/ha en 2013 (Bessaoud, 2016).

Malgré toutes les nouvelles stratégies adoptées en production de pomme de terre, l'Algérie ne satisfait pas les besoins du consommateur, ce qui engendre une dépendance vis-à-vis de l'étranger notamment en matière de semence (Chauvin et *al.*, 2008). De plus, elle trouve des difficultés à se développer à cause de différentes maladies et ravageurs qui l'affectent continuellement.

La teigne de la pomme de terre *P. operculella*, présente l'un des majeurs problèmes phytosanitaires qui engendrent des dégâts importants en plein champ et dans les lieux de stockage. A cet effet, diverses études sur ce ravageur ont été effectuées dans divers pays producteurs de pomme de terre.

Selon Alvarez et *al.* (2005) ces attaques rendent les tubercules non commercialisés et plus sensibles à différentes maladies fongiques et bactériennes. Les pertes de production causées par ces larves peuvent aller jusqu'à 100%.

En raison de leurs efficacités et leurs applications faciles et pratiques, l'utilisation des produits chimiques constitue à l'heure actuelle la technique la plus utilisée contre les ravageurs. Il est à noter que les pesticides sont utilisés de façon abusive et impropre dans la plupart des pays africains (Isman, 2006). Megan et Olsen (2004) rajoutent que ces produits provoquent la contamination de la biosphère et de la chaîne alimentaire, ils produisent également l'éradication de la faune auxiliaire et l'apparition de microorganismes résistants.

Accroître la production de pommes de terre tout en contenant les populations de ravageurs dans des limites acceptables et à maintenir les pesticides à des niveaux économiquement justifiables, et sans danger pour la santé humaine et l'environnement, nécessite des méthodes alternatives aux produits synthétiques ; Sélection de variétés résistantes aux ravageurs/maladies, rotation des cultures et utilisation de bios-pesticides tout en cadre de lutte intégrée. La lutte biologique prend diverses formes, mais celle qui retient l'attention des chercheurs à l'heure actuelle est l'utilisation de substances naturelles d'origines végétales.

Par ailleurs, les plantes peuvent fournir des solutions de rechange potentielles aux agents actuellement utilisés contre les insectes parce qu'elles constituent une source riche en produits chimiques bioactifs. Beaucoup d'efforts ont été donc concentrés sur les matériaux dérivés de plante pour les produits potentiellement utiles en tant qu'agents commerciaux de lutte contre les insectes (Kim et *al.*, 2003). L'huile essentielle est la substance bioactive d'origine végétale la plus testée contre les ravageurs, son efficacité et son impact favorable sur l'environnement a été largement prouvé dans plusieurs études (Ilboudo, 2009).

En effet, notre travail a pour but de démontrer l'effet des huiles essentielles vis-à-vis *P. operculella* vu que ces effets ne sont pas les mêmes pour tous les insectes, à travers une étude bibliographique dans le cadre de la valorisation des ressources végétales d'intérêt agronomique et la protection de l'environnement en contribuant à la recherche et la présentation de molécules naturelles qui servent de remplacement aux insecticides chimiques.

Dans cette étude nous présentons dans le premier chapitre des généralités sur la plante hôte *Solanum tuberosum* L., sa description botanique, situation économique et quelques maladies et ravageurs les plus connues. Ensuite, nous présentons l'insecte ravageur qui fait l'objet de l'étude *P. operculella*. Nous tenterons ainsi de mettre l'accent sur les alternatives aux pesticides

organiques et en particulier, sur l'utilisation des plantes et leurs produits comme bios pesticides. Enfin nous effectuerons une synthèse de quelques travaux antérieurs qui décrit les effets des huiles essentielles sur la teigne de pomme de terre et nous terminerons par une conclusion.

# **Chapitre I**

## **Généralités sur la pomme de terre**

***Solanum tuberosum L.***

## 1. Origine et historique de la pomme de terre

Décrite en 1753 par Linné, la pomme de terre (*Solanum tuberosum*) appartient à la famille des Solanacées, qui renferme d'autres espèces telles que la tomate, l'aubergine, le piment et le tabac. Ses zones d'origine s'étendent le long de la Cordillère des Andes du Nord, plus précisément du Chili jusqu'au Venezuela et en Amérique centrale jusqu'au Nord du Mexique et au Sud-Ouest des Etats-Unis. Le Pérou, la Bolivie, l'équateur et le centre du Mexique constituent les zones les plus peuplées d'espèces de pomme de terre. Introduite en Europe il y a plus de quatre siècles, la pomme de terre est depuis, répandue dans le monde entier (Rousselle et *al.*, 1996).

L'introduction de la pomme de terre en Algérie s'est faite en deux temps, en premier par les Maures Andalous au XVI<sup>ème</sup> siècle et bien après en 1856 par les colons français qui l'ont cultivé pour leurs usages personnels et pour l'exporter en Europe. C'est au cours de la dernière grande famine des années 1930/1940 que la pomme de terre a été cultivé par les algériens (Meziane, 1991).

## 2. Classification et systématique

Selon Rousselle et *al.* (1992), *Solanum tuberosum* est une plante vivace qui se propage par multiplication végétative et qui est cultivée comme une espèce annuelle. Elle appartient à la famille de Solanacées et le genre *Solanum* qui regroupe environ 2000 espèces dont plus de 200 sont tubéreuses (Boufares, 2012). Selon Hawkes (1990), la position systématique de *Solanum tuberosum* est la suivante :

|                    |                                  |
|--------------------|----------------------------------|
| Règne              | Métaphytes (végétaux supérieurs) |
| Embranchement      | Spermatophytes                   |
| Sous-Embranchement | Angiospermes                     |
| Classe             | Dicotylédones                    |
| Sous-classe        | Asteridae                        |
| Ordre              | Polemoniales                     |
| Famille            | <i>Solanaceae</i>                |
| Genre              | <i>Solanum</i> L.                |
| Espèce             | <i>Solanum tuberosum</i>         |

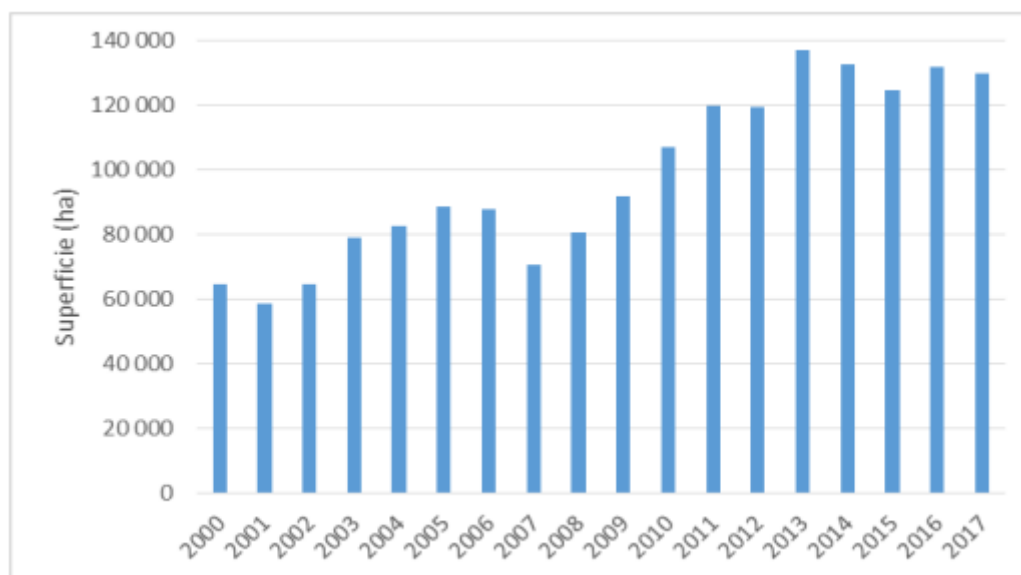
### 3. Situation économique de la pomme de terre

#### 3.1. Dans le monde

La pomme de terre est classée comme quatrième production vivrière mondiale (après le riz, le blé et le maïs) mais première production non céréalière avec une production qui atteint le chiffre record de 385.074 millions de tonnes en 2014. Elle joue un rôle clé dans le système alimentaire mondial. Parmi 153 pays producteurs de pomme de terre, les plus grands pays producteurs sont la Chine, l'Inde et la Fédération de Russie, l'Ukraine, les Etats-Unis, l'Allemagne, le Bangladesh et la France. L'Algérie occupe la quinzième classe mondiale (FAO, 2018).

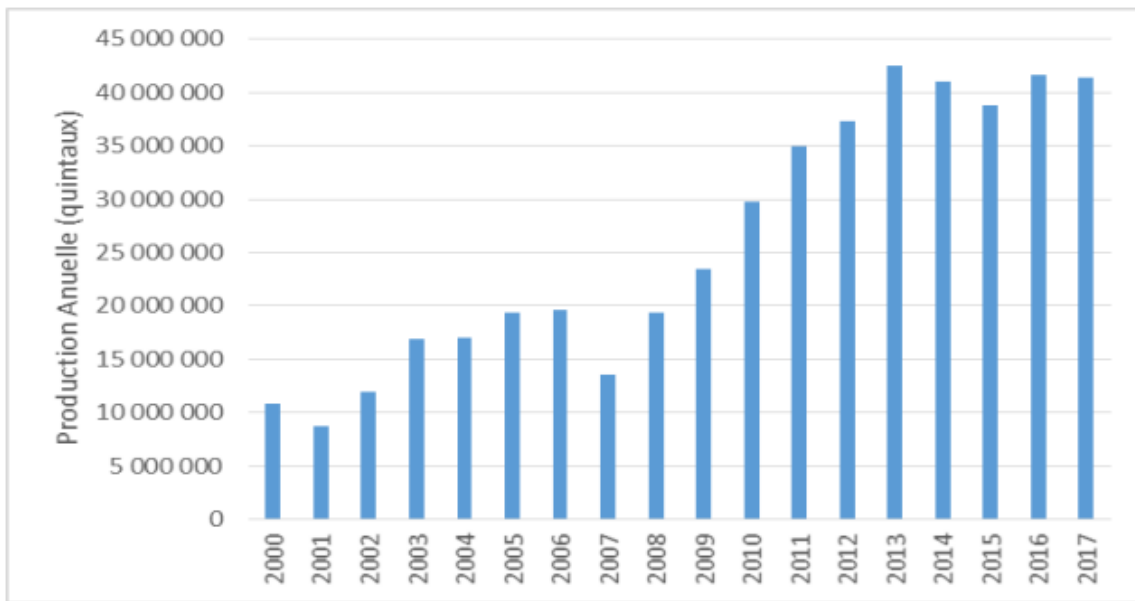
#### 3.2. En Algérie

Parmi toutes les espèces maraichères, c'est incontestablement la pomme de terre qui a connu la progression la plus forte et la plus régulière au sein des systèmes de culture en Algérie depuis l'indépendance. Près de 100.000 ha en moyenne sont réservés annuellement à la production de la pomme de terre en 2010, soit 30% de la superficie consacrée aux cultures maraichères (Chehat, 2013). Selon le MADRP (2018), cette surface a atteint les 140.000 ha en 2013 (Figure 01).



**Figure 01.** Superficie cultivée en pomme de terre à l'échelle nationale (MADRP, 2018).

Selon le rapport de la FAO (2014), la production de la pomme de terre a connu une dynamique de croissance intéressante est une hausse très significative entre les années 2000 et 2017 passant approximativement de 10 millions de quintaux à plus de 41 millions de quintaux pour une superficie de près de 130 000 ha (Figure 02).



**Figure 02.** Évolution de la production de pomme de terre (MADRP, 2018).

En Algérie la production de la pomme de terre est concentrée sur le littoral, le sublittoral, l'atlas tellien et les hautes plaines. Selon le MADRP (2018), 70% de la production annuelle est assurée par 7 wilayas : El Oued (28%), Ain Defla (12%), Mostaganem (11%), Mascara (8%), Tiaret, Bouira et Tlemcen avec 4% chacune.

#### 4. Variétés

Depuis sa découverte, la pomme de terre a subi une évolution que rarement des végétaux connaissent, l'homme a toujours cherché à améliorer la productivité et la qualité gustative de ses tubercules, comme il a introduit la notion de qualité de présentation (forme, couleur de la peau et de la chair, profondeur des yeux) ainsi que le critère de résistance aux maladies. Aujourd'hui, cette espèce botanique contient des variétés innombrables, certains en comptent plus de 3000, d'autres affirment en avoir dénombré 5000. Cependant, la plupart ne sont pas utilisées pour l'alimentation humaine, et un peu moins de 700 variétés sont inscrites dans le catalogue communautaire (Polese, 2006).

En Algérie, à ce jour, 152 variétés sont autorisées à la production et à la commercialisation dont 22 sont destinées à la transformation (ITCMI, 2013). Les principales variétés cultivées en Algérie sont représentées dans le tableau 01.

Tableau 01. Principales variétés de pomme de terre cultivées en Algérie (Benouis H., 2016).

| Variétés rouges | Variétés blanches |
|-----------------|-------------------|
| Bertina         | Safran            |
| Amorosa         | Spunta            |
| Cardinal        | Diamant           |
| Condor          | Sahel             |
| Désirée         | Lola              |
| Cléopatra       | Apollo            |
| Resolie         | Ajax              |
| Thalassa        | Yesmina           |

5. Pommes de terre transgéniques

De nombreuses expériences de transgénèse ont été réalisées sur la pomme de terre depuis les années 1980, elles concernent notamment des résistances aux insectes ravageurs et aux maladies virales (Figure 03) (Doré et Varoquaux, 2006). D'autres ont été utilisées dans le domaine médical ou industriel. Des études menées aux États-Unis l'an 2000, ont montré la possibilité d'utiliser une pomme de terre génétiquement modifiée comme vaccin oral capable de déclencher chez l'homme une réponse immunitaire au virus de Norwalk, responsable de certaines formes de gastro-entérite (Blaine et Friedlander, 2009).

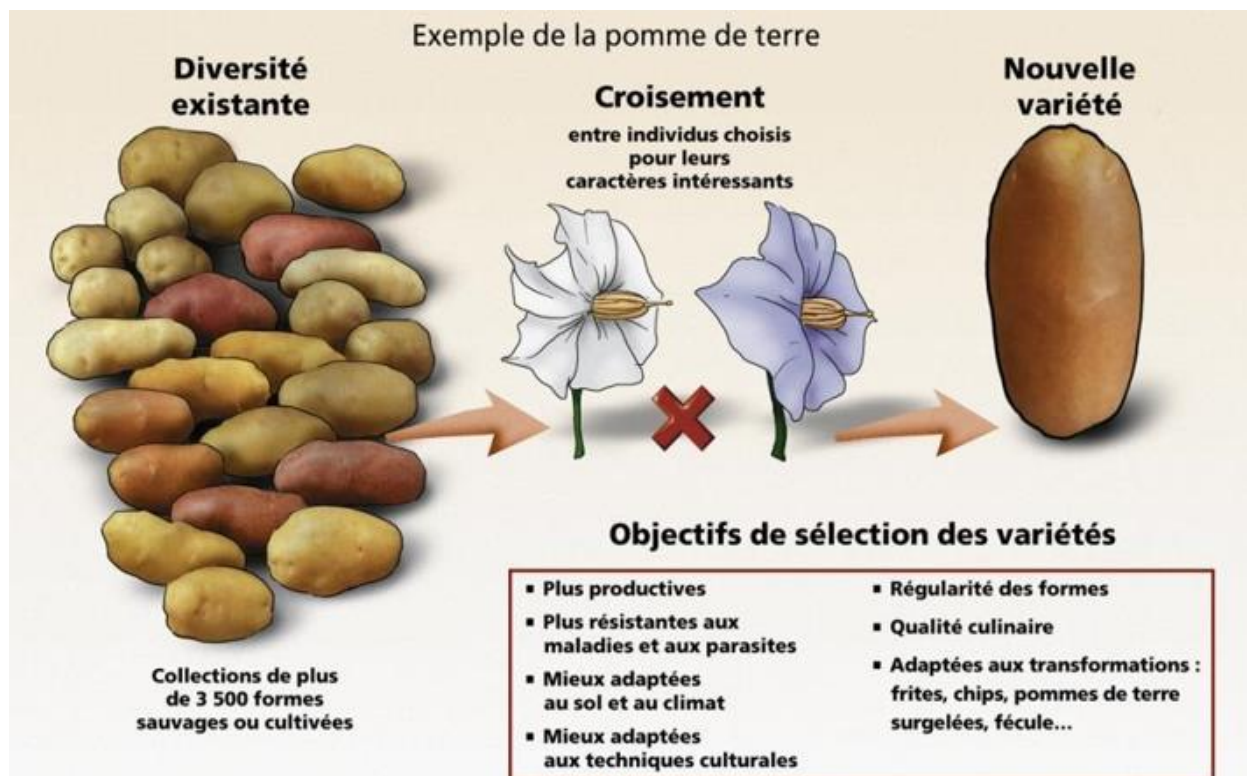


Figure 03. Principes de l'amélioration des plantes (Daoud, 2017).

## 6. Principales catégories de culture pomme de terre

La plasticité génétique de l'espèce lui permet de s'adapter à la diversité des agroécosystèmes algériens et la courte période de croissance et de développement de la plante autorise la réalisation de trois campagnes et de trois récoltes par an :

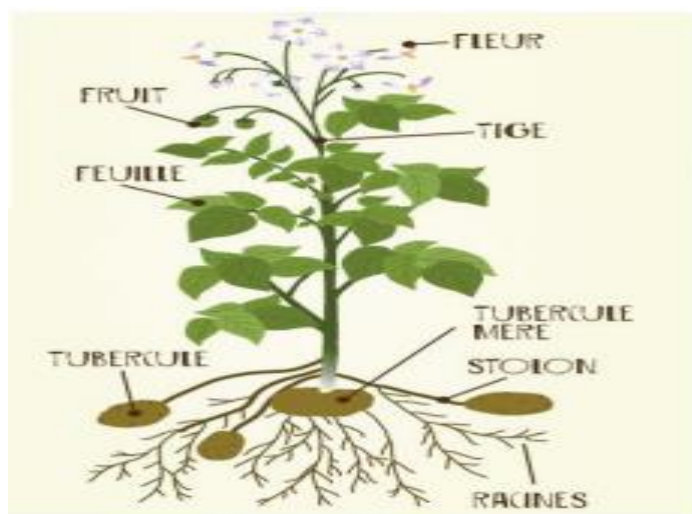
- Les cultures de saison (plantation janvier - mars) dominantes tant par les surfaces occupées que par leur participation au total de la production (70 000 ha en moyenne, soit 51% des superficies).

-Celles d'arrière-saison (plantation juillet - août) qui occupe la seconde place avec 47 500 ha, soit 45% des superficies. La meilleure rentabilité économique qu'assure généralement la pomme de terre d'arrière-saison est le principal moteur de la forte croissance des superficies plantées au cours de la dernière décennie.

- Les cultures primeurs (plantation octobre-novembre). Elles n'occupent qu'une place mineure (moins de 5000 hectares) dans l'ensemble des superficies et de la production. Les difficultés de mise en place et les risques plus élevés courus par les cultivateurs expliquent la régression des superficies consacrées à la pomme de terre primeur (Tria et Chehat, 2013).

## 7. Description Botanique et morphologique

L'espèce *Solanum tuberosum* L., est une plante herbacée vivace par ces tubercules mais cultivée en culture annuelle selon (Rousselle et *al.*, 1996). Elle appartient à la famille des Solanacées, genre *Solanum* (Quezel et Santa, 1963). Elle est composée en deux parties, une partie aérienne et une partie souterraine (Darpoux et Delelly, 1967) et il est nécessaire de connaître les différentes parties de la plante (Bamouh, 1999).



**Figure 04.** Planche botanique de la pomme de terre (Daoud, 2017).

**7.1. Partie aérienne**

D'après Rousselle et *al.* (1996), la pomme de terre prend l'aspect d'une touffe qui comprend un nombre plus ou moins élevé de tiges, avec un port plus ou moins dressé sur lequel on trouve les feuilles, les fleurs et le fruit.

**7.1.1. Tige**

Les tiges apparaissent rondes à anguleuses en coupe transversale, de couleur généralement verte, elles portent les feuilles et leur nombre est varié ; lorsque la plante germe à partir de graine, elle ne forme qu'une seule tige principale, tandis que celle qui germe à partir du tubercule peut en produire plusieurs (Sauyer, 1972).

**7.1.2. Feuilles**

Les feuilles sont composées d'un rachis qui est une nervure centrale et de plusieurs folioles disposés en paires en plus d'une foliole terminale (Sauyer, 1972). L'angle d'insertion du rachis sur la tige est un critère variétal relativement stable (Rousselle et *al.*, 1996).

**7.1.3. Fleurs**

Les fleurs sont de couleur qui varie du blanc au violet, elles sont autogames ; elles ne contiennent pas de nectar, elles sont donc peu visitées par les insectes et la fécondation croisée est presque inexistante dans la nature. Aussi les fleurs sont souvent mâles stériles. La production de fruits est généralement rare parfois nulle (Darpoux et Delelly, 1967).

**7.1.4. Fruits**

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 essentiellement utilisées pour les programmes de sélection variétale (Rousselle et *al.*, 1992).

**7.2. Partie souterraine**

Les organes souterrains de la pomme de terre sont représentés par le tubercule mère, des racines formées à partir des nœuds situés sur la partie basse de la tige, servent à l'absorption de l'eau et des nutriments. Elle contient aussi des stolons qui sont des rameaux avec croissance plagiotrope dont les extrémités se développent en tubercules (Mazoyer, 2002).

**7.2.1. Racines**

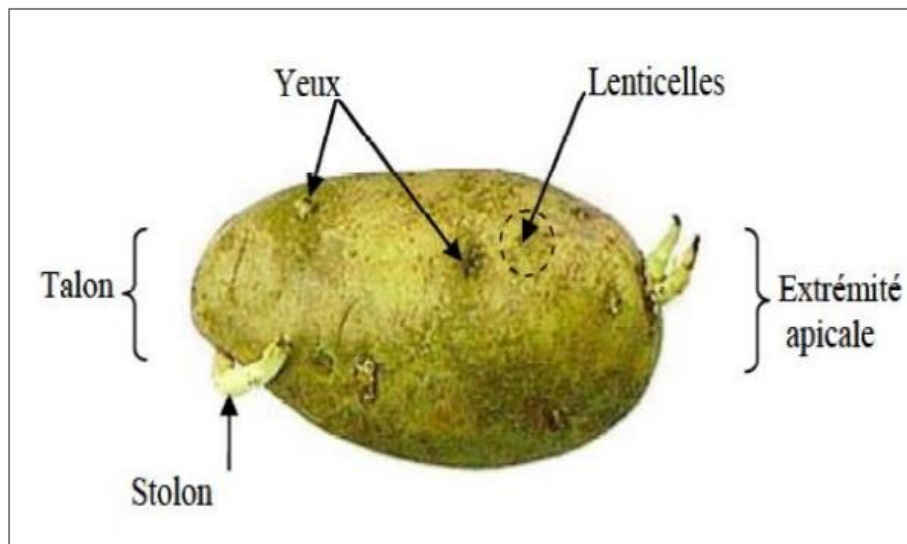
La plante comporte des racines nombreuses, fines et fasciculées qui peuvent pénétrer profondément dans le sol s'il est suffisamment meuble (Soltner, 2005).

### 7.2.2. Tubercules

En sa qualité d'organe ce chargeant de la reproduction végétative et au vu de sa valeur nutritive, le tubercule est considéré comme la partie la plus intéressante de la plante car il lui confère sa valeur alimentaire (Bernhards, 1998).

#### 7.2.2.1. Structure externe du tubercule

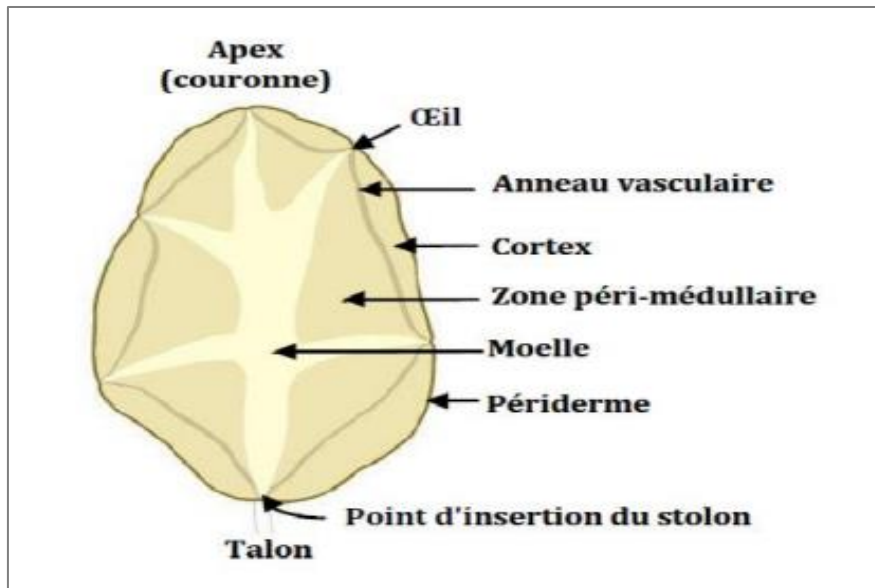
Le tubercule de pomme de terre n'est pas une portion de racine, c'est une tige souterraine. Comme toutes les tiges, il est constitué d'entre nœuds courts et porte des bourgeons que l'on appelle les « yeux » situés dans de petites dépressions (Figure 05). En se développant, les bourgeons donnent les germes et les futures tiges aériennes. Les racines prennent naissance sur différentes parties : au niveau des nœuds enterrés des tiges feuillées, au niveau des nœuds des stolons ou encore au niveau des yeux du tubercule (Boufares, 2012).



**Figure 05.** Principaux organes extérieurs du tubercule de pomme de terre (Boufares, 2012).

#### 7.2.2.2. Structure interne du tubercule

Sur la coupe longitudinale d'un tubercule arrivé à maturité, on observe de l'extérieur vers l'intérieur tout d'abord ; le périclerme, connu plus communément sous le nom de la peau, sur un tubercule mûr ce dernier devient ferme et à peu près imperméable aux produits chimiques, gazeux et liquides. Elle constitue aussi une bonne protection contre les micro-organismes et la perte d'eau. C'est la région du tubercule la plus pauvre en grains d'amidon. Ensuite, on trouve en profondeur les cellules des parenchymes péri-vasculaires qui sont petites et contiennent de très petits grains d'amidon. Et enfin, les cellules du parenchyme cortical qui sont plus grandes et renferment beaucoup plus de grains d'amidon, de moindre taille que dans la moelle (Figure 06) (Bernhards, 1998).



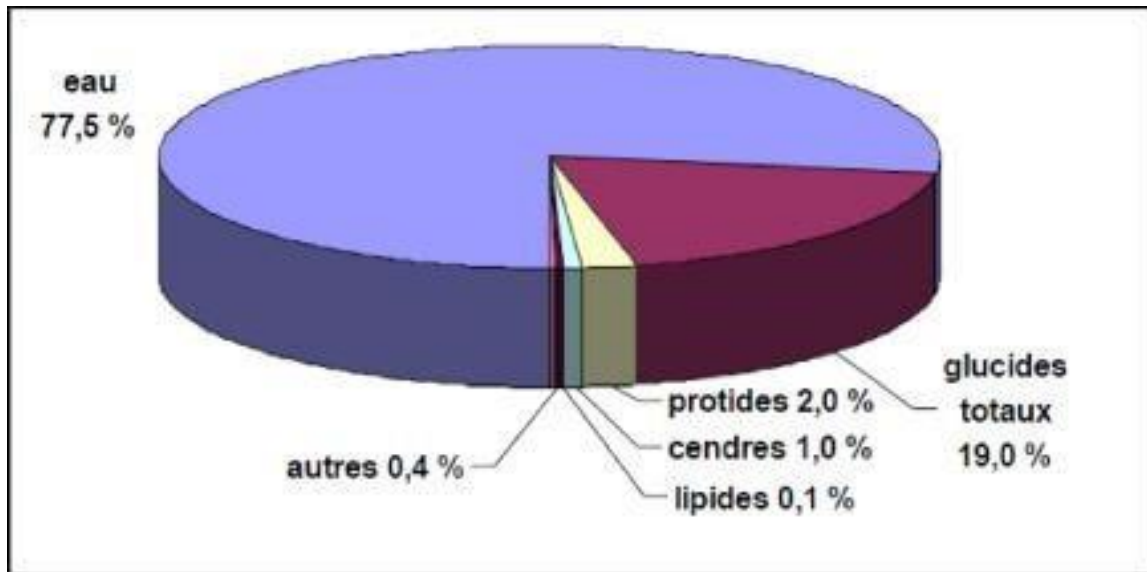
**Figure 06.** Structure interne d'un tubercule de pomme de terre sur une coupe longitudinale (Boufares, 2012).

#### 7.2.2.3. Couleurs du tubercule

La couleur de la peau et de la chair de la pomme de terre est un critère de classification variétale, elle est généralement jaune, mais peut être rouge, noire, brune ou rosée. La chair peut être également blanche, jaune plus ou moins foncée, rose ou violette selon les variétés (Rousselle et *al.*, 1992).

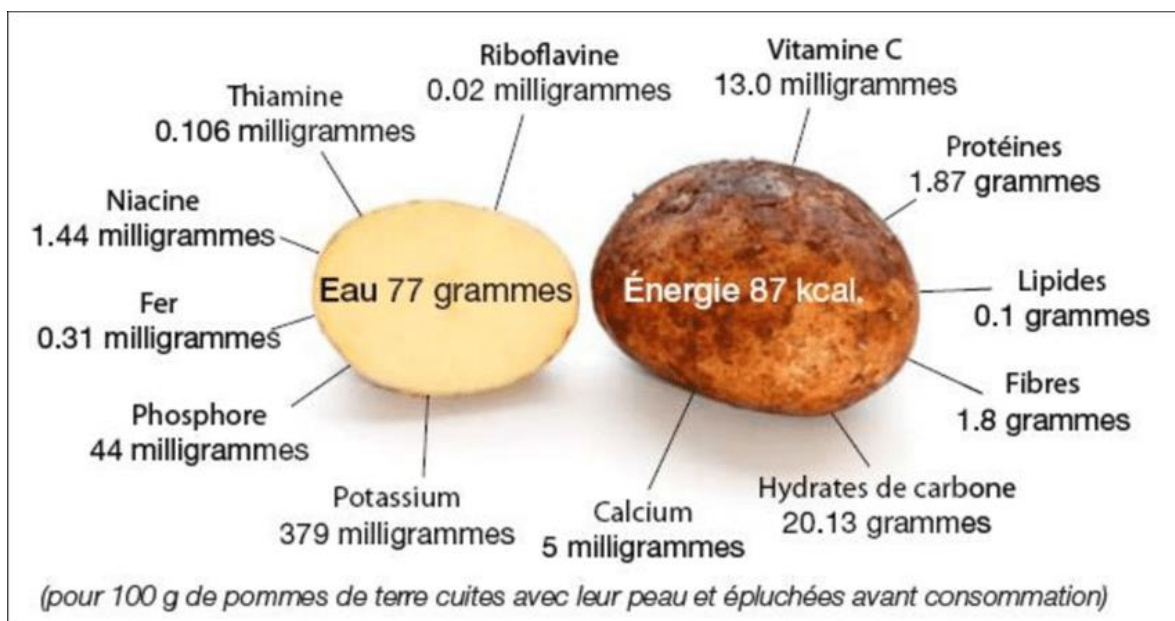
#### 7.2.2.4. Valeur nutritionnelle et composition biochimique du tubercule

Le tubercule de pomme de terre est un organe de stockage contenant à maturité une moyenne de 77,5 % d'eau. La matière sèche, exprimée en pourcentage de la matière fraîche, se répartit globalement en 19,4 % de glucides totaux (principalement amidon, saccharose, glucose, fructose, cellulose brute et substances pectiques), 2 % de protides (protéines, acides aminés libres et bases azotées), 1 % de cendres (majoritairement du potassium) et 0,1 % de lipides (Figure 07). Il contient aussi des acides organiques (acides citrique et ascorbique entre autres) et des substances phénoliques (acides chlorogénique et caféique, pigments) mais ne sont présents qu'en faible quantité dans le tubercule (Mattila et Hellstrom, 2007).



**Figure 07.** Composition biochimique moyenne d'un tubercule de pomme de terre (Delaplace, 2007).

La pomme de terre est une bonne source d'énergie et de micronutriments. C'est un aliment polyvalent, riche en hydrates de carbone. La teneur en protéines de la pomme de terre (en poids sec) est semblable à celle des céréales et très élevée par rapport aux autres racines et tubercules alors qu'elle est pauvre en lipides. En outre, la pomme de terre est riche en micronutriments, en particulier la vitamine C. C'est une bonne source de vitamines B1, B2, B5, B6 et B9, et de sels minéraux comme le fer, le potassium, le phosphore et le magnésium (FAO, 2008).



**Figure 08.** Valeur nutritionnelle pour 100 g de pomme de terre cuite avec leur peau et épluchées avant consommation (Prokop et Albert, 2008).

## 8. Cycle de reproduction

Il existe deux types de reproduction chez la pomme de terre ; une reproduction sexuée à partir de graines et une reproduction asexuée par voie végétative à partir des tubercules.

### 8.1. Cycle sexué

La pomme de terre est très peu reproduite par graines dans la pratique agricole, cependant la graine est l'outil de création variétale. 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 (Bernahrds, 1998).

### 8.2. Cycle végétatif

Le tubercule n'est pas seulement un organe de réserve, c'est aussi un organe qui sert à la multiplication végétative. Le cycle de développement de la pomme de terre comporte quatre phases à savoir la germination, la croissance, la tubérisation et enfin le repos végétatif appelé aussi phase de dormance (Reguieg, 2008) (Figure 09) (Figure 09).

#### 8.2.1. Dormance

Après la récolte, la plupart des variétés de pommes de terre traversent une période de dormance où le tubercule ne germe pas, quelle que soient les conditions climatiques (température, éclairage et humidité,...). Il s'agit de la période de dormance et sa durée dépend beaucoup de la variété et des conditions d'entreposage et surtout de la température. Pour accélérer la germination, on peut traiter les tubercules de semence par des produits chimiques ou les exposer alternativement à des températures élevées et basses (Lahouel, 2015).

#### 8.2.2. Germination

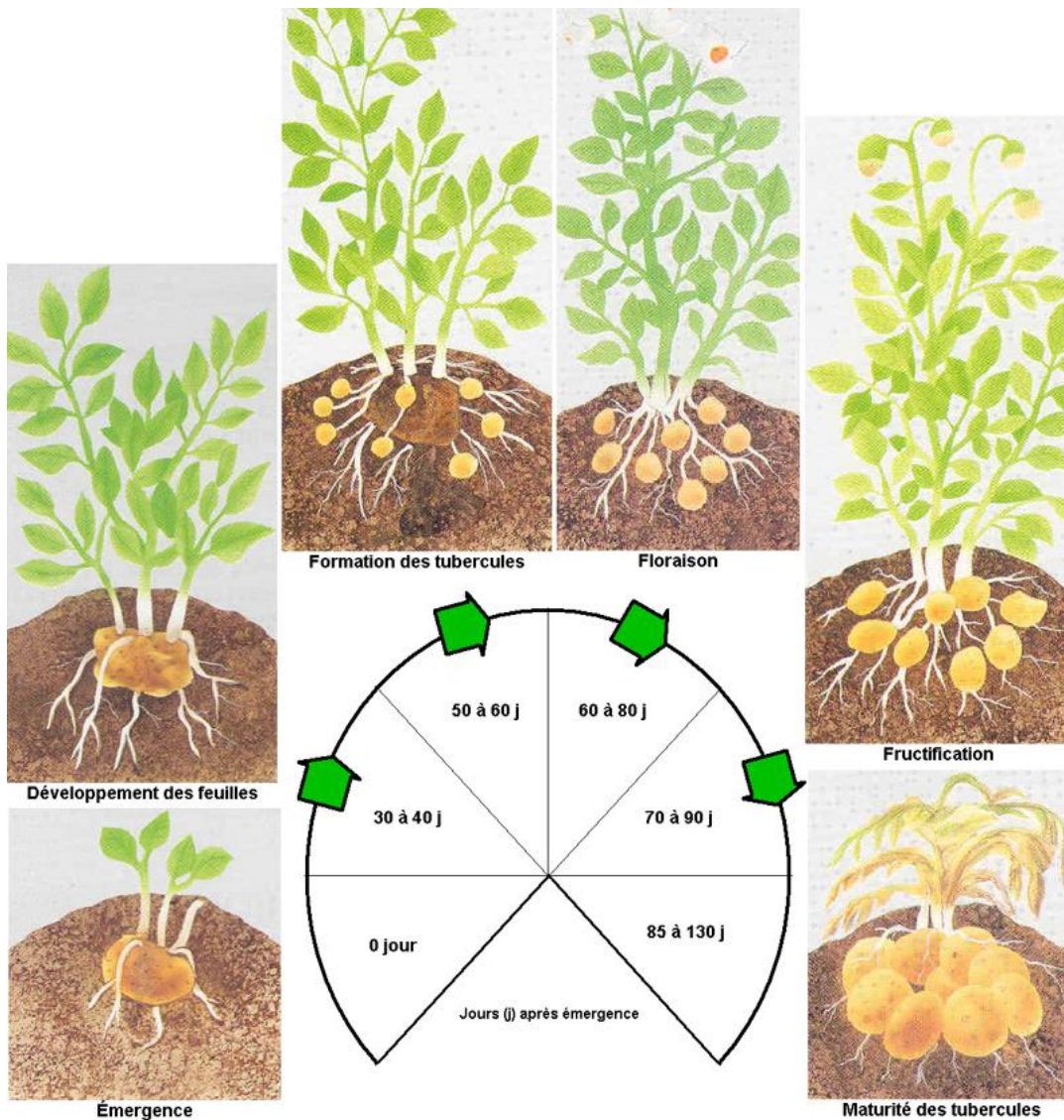
La germination correspond à une phase d'évolution physiologique interne. Après la fin de leur repos végétatif et dans des conditions favorables de température et d'humidité, les tubercules deviennent capables d'émettre les bourgeons (Soltner, 2005). Ce qui conduit à un seul germe qui se développe lentement et issu du bourgeon terminal qui inhibe les autres bourgeons, c'est la dominance apicale, puis un petit nombre de germes à croissance rapide se développent. Ensuite, un nombre de plus en plus élevé de germes démarrent, traduisant la perte de la dominance apicale. Ils s'allongent lentement, se ramifient, deviennent filiformes et finalement tubérisés (Kechid, 2005).

**8.2.3. Croissance**

Un tubercule germé est planté en terre, ses germes se transforment en tiges feuillées, dont les bourgeons axillaires donnent au-dessus du sol des rameaux et au-dessous des stolons. Il s'agit de la phase de croissance (Reguieg, 2008).

**8.2.4. Tubérisation**

Ce phénomène de tubérisation commence d'abord par un arrêt d'élongation des stolons après une période de croissance. La tubérisation est réalisée dès que le diamètre des ébauches est le double de celui des stolons qui les portent. Outre les processus de multiplication cellulaire, le grossissement des ébauches de tubercules s'effectue par accumulation dans les tissus des substances de réserve synthétisées par le feuillage. Ce grossissement ralentit puis s'arrête au cours de la sénescence du feuillage (Bernhards, 1998).



**Figure 09.** Cycle végétatif de la pomme de terre (Anonyme, 2012).

## 9. Les exigences climatiques et édaphiques de la pomme de terre

### 9.1. Facteurs climatiques

La pomme de terre est une plante vivace, rustique et annuelle, qui peut se développer dans différentes régions du globe mais qui préfère les climats tempérés et brumeux, où elle assure les meilleures récoltes (Laumonier, 1979).

#### 9.1.1. Températures

La pomme de terre exige des températures très variables selon les différentes phases de développement. Selon Chibane (1999), les hautes températures stimulent la croissance des tiges, par contre les basses températures favorisent davantage la croissance du tubercule. 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 une température du sol supérieure à 25°C est défavorable à la tubérisation.

#### 9.1.2. Eau et humidité

Les besoins en eau vont principalement avec la profondeur du système racinaire et varient selon la période. Ils se situent aux environs de 3-4 mm d'eau /jour avant la tubérisation et de 5-6 mm/jour dès la formation des tubercules ; les besoins totaux atteignent environ 455mm (Rachdame, 2010). Les pluies abondantes lui sont nuisibles car elles provoquent soit un développement foliacé trop considérable, soit la pousse des jeunes tubercules qui se forment. Comme elles peuvent également empêcher la circulation de l'oxygène vers les parties souterraines de la plante en induisant une asphyxie et la pourriture des tubercules (Sauyer 1972, Laumonier, 1979).

#### 9.1.3. Lumière

La croissance végétative de la pomme de terre est favorisée par une longueur du jour élevée (14 à 18 heures) et une photopériode inférieure à 12 favorise la tubérisation (Anonyme, 1999).

## 9.2. Facteurs édaphiques

### 9.2.1. Structure du sol

La pomme de terre préfère les terres meubles et légères ; les terres compactes, argileuses et trop humides sont nettement défavorables (Anonyme, 2010).

### 9.2.1. Salinité et pH du sol

La pomme de terre préfère un **pH** légèrement acide (entre 5,5 et 6). Cependant, une alcalinité excessive du sol peut causer le développement des galles communes sur les tubercules. Aussi,

un taux de salinité élevé peut bloquer l'absorption de l'eau par le système racinaire (Anonyme, 1999).

### **9.2.3. Fertilisation organique**

Dans l'optique d'offrir les conditions alimentaires les plus favorables au développement des plantes dans le sol, la fumure organique permet d'optimiser le rendement de la pomme de terre (Kempen et *al.*, 1993).

Les quantités à apporter en tenant compte du précédent cultural sont de 20 à 30 tonnes par hectare mais, il est nécessaire que ce fumier soit bien décomposé et régulièrement reparti sur les parcelles au risque de donner naissance à des zones creuses, favorisant l'installation et le développement de maladies comme les Rhizoctones et la galle commune (Kempen et *al.*, 1996).

### **9.2.4. Fertilisation minérale**

Elle concerne surtout les trois éléments minéraux majeurs (N, P, K) auxquels peut s'ajouter le magnésium.

Les doses d'azotes sont de 120 unités par hectare dont 60 unités 2 à 3 semaines après la levée et 60 unités en début de tubérisation. Mais le fractionnement des engrais azotés ne présente d'intérêt que dans les sols légers et ou filtrants où le risque de lessivage des nitrates est grand (D'Arondel et *al.*, 1990).

Pour le phosphore et le potassium, environ 180 Kg/ha sont nécessaires pour un bon rendement. Dans l'alimentation minérale de la pomme de terre, l'azote est le facteur le plus déterminant dans le sens où il favorise dans un premier temps le développement foliaire et par la suite la formation et le grossissement des tubercules (Kempen et *al.*, 1993). Le potassium est l'élément majeur pour la tubérisation, il facilite la migration de féculé et sa concentration dans les tubercules. Il favorise le développement de la plante et augmente sa résistance aux maladies et aux accidents physiologiques. La carence en potassium cause des nécroses et la forme sulfate est plus préférable que la forme chlorure (Soufi, 2011).

## **10. Méthodes de culture de la pomme de terre**

La pomme de terre est relativement facile de culture et d'entretien mais elle réclame quelques soins et gestes qui vous permettront d'améliorer le rendement et la récolte.

**10.1. Rotation**

La pomme de terre est considérée comme une excellente tête de rotation du fait de sa bonne capacité à conserver la structure du sol. Sa culture après d'autres espèces de la même famille permet aux agents parasites de cette famille d'assurer complètement leur cycle de développement. Il est favorable d'installer la pomme de terre après une prairie ou une culture de maïs ou de céréale (Robert et *al.*, 1996). Par conséquent, le délai de retour est d'au moins cinq ans pour éviter la fatigue des sols et le développement des maladies (Anonyme, 2011).

**10.2. Plantation**

La plantation se fait manuellement quinze jours après la pré-germination. Les densités de plantation déterminées par les écartements allant de 40 à 75 cm entre les lignes et de 25 à 40 cm sur la ligne, varient suivant le type de culture. En culture tropicale, les écartements proposés sont de 60 cm entre les lignes et 40 cm entre les plants (D'Arondel et *al.*, 1990).

**10.3. Irrigation**

Une irrigation bien maîtrisée permet de régulariser la production en quantité et en qualité. Elle rend les rendements moins dépendants des conditions climatiques (Anonyme, 2004).

**10.4. Buttage**

Le buttage est une opération qui consiste à élever une butte de terre mesurant 20 cm de haut, et 40 cm de large à la base et les tubercules se forment dans cette levée de terre. Le buttage a pour but de favoriser l'apparition des tiges sous terraines à la base des tiges aériennes, de protéger les tubercules superficiels de la lumière du jour qui les verdit et de maintenir les tiges dressées. Il doit être effectué trois semaines après la levée et surtout avant que le vent ne casse les jeunes tiges (Polese, 2006).

**10.5. Défanage**

Le défanage consiste à couper les tiges feuillées à la base avant la récolte (Polese, 2006). Il permet de produire des tubercules de calibre et de teneur en matière sèche adaptés aux débouchés, de favoriser la formation de l'épiderme, et de réduire la sensibilité des tubercules aux endommagements mécaniques (Anonyme, 2004).

**10.6. Récolte et conservation**

Effectuée à la sénescence marquée par le jaunissement complet du feuillage, la récolte peut cependant, se faire en début de jaunissement des feuilles et tiges pour une consommation immédiate. Par contre, pour une conservation, elle est effectuée lorsque l'appareil foliaire est

totalemment desséché. Cela s'explique par le fait que les taux de sucre réducteurs sont très élevés dans les tubercules immatures, rendant difficile leur conservation (Gravouelle, 1993).

Les tubercules récoltés subissent un pré-stockage à l'air libre d'abord favorisant une cicatrisation des tubercules blessés avant d'être disposés en couches minces à l'abri de la lumière dans un endroit sec, frais et aéré pour la conservation. Mais auparavant, les tubercules détériorés ou portant des traces de maladies doivent être éliminés et ce contrôle et triage doivent être effectués très fréquemment (Hubert, 2011).

## 11. Maladies et ravageurs de la pomme de terre

D'après Gaucher (1998), la pomme de terre est affectée par de nombreuses maladies et ravageurs en totalité ou en partie pendant la phase de culture au champ et/ou pendant la phase de conservation des tubercules.

### 11.1. Maladies fongiques

#### 11.1.1 Mildiou

Le mildiou causé par le champignon *Phytophthora infestans* est l'une des maladies les plus graves en culture de pomme de terre de par son caractère épidémique. Cette maladie évolue rapidement lorsque les conditions lui sont favorables : pluie, taux d'humidité élevé, des températures nocturnes de 10° à 15°C et des températures diurnes de 18°C. Le mildiou affecte l'ensemble des organes de la pomme de terre, d'abord sur les feuilles (étant le premier organe à surveiller), puis les tiges, même les tubercules sont concernés (Figure 10) (INPV, 2021).



**Figure 10.** Symptômes du mildiou de la pomme de terre sur les différents organes de la plante (INPV, 2021)

### 11.1.2. Rhizoctone brun

C'est la maladie la plus importante au moment de la levée. Elle est causée par *Rhizoctonia solani* et intervient par le manque de levée en premier temps, ensuite la destruction des pousses grêles avant même leurs sorties du sol (Figure 11). Les attaques sévères diminuent le rendement et augmentent l'initiation à la tubérisation (Rousselle et *al.*, 1996).



**Figure 11.** Symptômes du rhizoctone brun sur tige et tubercule (Syngenta, 2021).

## 11.2. Maladies bactériennes

Ce sont en général des pourritures molles qui se développent à la faveur de grandes chaleurs et de blessures des tubercules. Ces altérations peuvent être considérables, et concernent aussi bien la culture que les stocks où elles affectent la production en qualité et en quantité. Les deux plus importantes maladies sont le flétrissement bactérien causé par *Corynebacterium sepedonicum* et la maladie de la jambe noire causée par *Dickeya dadantii* (*Erwinia chrysanthemi*) (Hamdani, 2008).

### 11.2.1. Maladie de la jambe noire

C'est une maladie bactérienne qui occasionne de graves pertes sur le rendement de la pomme de terre. Dans les zones tempérées, la manifestation de la maladie est causée par la bactérie *Erwinia carotovora subsp atroseptica*, dont le développement est favorisé par un climat frais et humide. Dans les zones tropicales et subtropicales, la jambe noire peut aussi être provoquée par les bactéries *Erwinia carotovora subsp carotovora* et *Erwinia chrysanthemi* (Anonyme, 2021).

Selon Hodgson et *al.* (1975), les symptômes apparaissent au moment de la floraison, les feuilles supérieures d'une ou de plusieurs tiges se retroussent et le feuillage passe graduellement du vert foncé au jaune vert. Les plants flétrissent et meurent à mesure que la

pourriture cerne le pied de la tige (Figure 12). La bactérie de la jambe noire hiverne dans les résidus de culture infectée et dans les tubercules entreposés et provoque le développement de la pourriture molle des tubercules.



**Figure 12.** Lésions à la base de tige et pourriture molle des tubercules de pomme de terre due à la bactérie (Anonyme, 2021).

### 11.2.2. Flétrissement bactérien

Le flétrissement bactérien la bactérie *Pseudomonas solanacearum* est une maladie très grave de la pomme de terre (Figure 13). Elle cause des dommages très sérieux et elle est extrêmement infectieuse. Elle apparaît d'abord au bord des folioles qui flétrissent et s'enroulent légèrement et se propage plus rapidement dans des climats chauds par un flétrissement du plant (Lacroix, 2004).



**Figure 13.** Symptômes du flétrissement bactérien sur le plant et tubercule de pomme de terre (Blancard, 2013).

### 11.3. Maladies virales

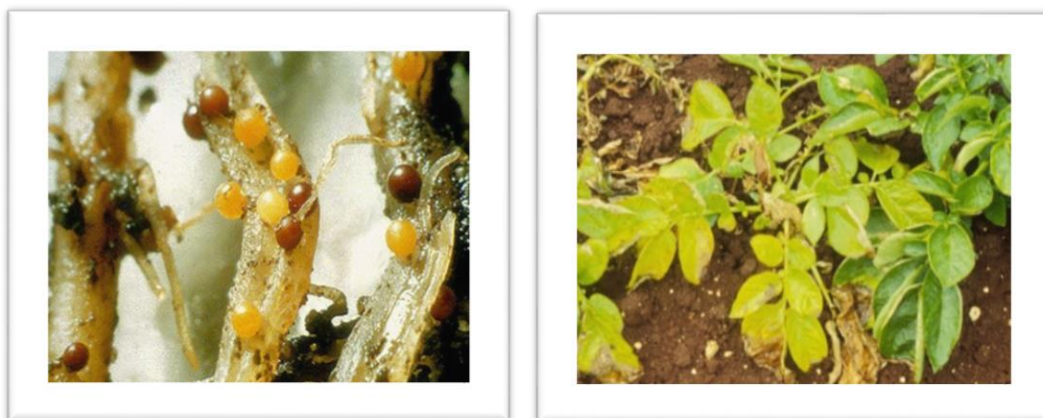
Les virus sont des agents infectieux, qui envahissent leurs hôtes sensibles de façon généralisée ou systématique en provoquant des mosaïques et ils se multiplient abondamment dans les

parenchymes, en particulier dans les zones vertes claires ou jaunes du feuillage mosaïqué (Chibane, 1999).

Les symptômes de ces maladies sont visibles sur feuillage, elles n'affectent en rien le goût des pommes de terre ni la santé humaine mais elles réduisent les rendements et la dimension des tubercules qui sont plus petits et parfois difformes (Fraser, 1998). Parmi les virus qui s'attaquent à la pomme de terre, on peut citer le virus X de la pomme de terre, virus de la mosaïque du concombre, potyvirus, géminivirus et le virus Y de la pomme de terre (Watterson, 1985 ; Bancard, 1988).

#### 11.4. Nématodes

Les nématodes, des vers ronds généralement filiformes et microscopiques, représentent la part de la microfaune du sol la plus importante (Kevan, 1965). Les deux espèces *Globodera rostochiensis* et *Globodera pallida*, sont des parasites spécifiques des Solanacées et de la pomme de terre en particulier. D'après Turner (1998), les nématodes à kystes possèdent également une capacité de survivre jusqu'à 30 ans dans le sol en absence de plantes hôtes. Selon le niveau d'infestation, ils peuvent réduire les rendements de la pomme de terre jusqu'à 100 %.



**Figure 14.** Symptômes causés par des nématodes à kyste sur la pomme de terre (Anonyme, 2019).

#### 11.5. Insectes ravageurs

##### 11.5.1. Pucerons

La pomme de terre peut être attaquée par différents pucerons dont *Myzus persicae*, *Macrosiphum euphorbiae*, *Aphis frangulae*, *Aphis nasturtii* ou encore *Aulacorthum solani*, qui sont des pucerons que l'on rencontre assez fréquemment. Les pucerons ont une grande

capacité de multiplication car la population peut doubler en 2-3 jours si les conditions sont favorables. Une population élevée peut causer des sévères dommages aux plantes (Metcalf et Flint, 1962). Habituellement, les plantes infestées par un grand nombre de pucerons flétrissent. Les feuilles sont couvertes par du miellat qui favorise l'installation de quelques champignons phyto-pathogènes : la fumagine. Ils constituent sans doute les ravageurs les plus importants de la pomme de terre, tant par les dégâts directs qu'indirects qu'ils infligent aux plants en attaquant surtout les fleurs et les jeunes pousses, que par la transmission de nombreux virus (Yattara, 2013).

### 11.5.2. Doryphore

Le doryphore est un petit Coléoptère de 10-12 mm de longueur. L'adulte se caractérise par ses élytres beiges rayés de dix bandes noires. Les larves, à ne pas confondre avec les nymphes de coccinelle, ont un abdomen renflé rouge orangé, avec une double rangée de points noirs sur le côté. Ce ravageur cause localement de très graves dégâts. Les larves ainsi que les adultes consomment le feuillage et la défoliation peut rapidement être complète. Les pertes de rendement sont importantes si l'attaque survient tôt dans la saison (Lambion et *al.*, 2006).

### 11.5.3. Taupins

Les taupins sont de petits Coléoptères de la famille des Elatéridés. Les espèces *Agriotes obscurus*, *Agriotes sputator* et *Agriotes lineatus* ont des cycles longs (quatre ans au stade larvaire) tandis que et *Agriotes sordidus*, boucle son cycle en un à deux ans. Les adultes ne font pas de dégâts sur les cultures. Par contre, les larves, appelées aussi vers "fils de fer", vivent dans le sol où elles se nourrissent de la chair des tubercules, faisant des morsures superficielles ou creusant de véritables galeries (Lambion et *al.*, 2006).

### 11.5.4. Teigne

La teigne de la pomme de terre, *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera : Gelechiidae), est un important ravageur de la pomme de terre et d'autres plantes solanacées. Il est cosmopolite et Oligophage et existe dans la plupart des pays où la pomme de terre est cultivée. C'est l'un des ravageurs les plus destructeurs de la pomme de terre à la fois dans les champs et en stockage (Ferreire et *al.*, 1994). Ce ravageur fera l'objet du chapitre II.

# **Chapitre II**

**Présentation de la teigne**

*Phthorimaea operculella*

**Zeller**

---

## Introduction

La teigne de la pomme de terre *Phthorimaea operculella* Zeller est un ravageur extrêmement nuisible de la pomme de terre, en raison des dégâts qu'elle occasionne aussi bien en plein champ que dans les aires de stockage (INRA, 2021). C'est un déprédateur cosmopolite qui se comporte en mineuse durant toute la période de son développement larvaire soit à l'intérieur des tubercules de la pomme de terre ou au niveau des feuilles (Traynier, 1983). Ce papillon est un lépidoptère oligophage appartenant à la famille des Gelechiidae ; comme il s'agit d'un holométabole, son cycle de vie complet comprend quatre stades de développement : œuf, larve, nymphe et adulte (Kroschel et al., 2016). L'espèce est multivoltine, produisant des générations qui se chevauchent c'est-à-dire que tous les stades de la vie se trouvent ensemble en même temps dans les champs ou les magasins de pommes de terre (Miri et Marek, 2020).

### 1. Généralités sur les Lépidoptères et les Gelechiidae

Les Lépidoptères (lepidos= écaille, pteron = aile) sont représentés dans la nature par 150.000 à 200.000 espèces. Ils possèdent de grandes ailes pourvues d'écailles se recouvrant parfois de couleurs vives avec une longue trompe se repliant en spirale. Les larves sont aptères et phytophages pourvues de puissantes pièces buccales broyeuses (Masiac, 2003).

Les Gelechiidae sont des papillons de petite taille (10 à 20mm), ils sont de couleurs ternes, munis de franges sur les ailes antérieures et postérieures. Cette famille comprend trois sous familles qui sont : Dichomeridinae, Gelechidiinae et Pexicopiinae. A l'intérieur des Gelechiidae on trouve le genre *Phthorimaea* qui comprend principalement des espèces vivant sur les Solanacées du continent américain (Ravidat, 2010).

### 2. Présentation de la teigne de la pomme de terre

#### 2.1. Origine et historique

L'origine de ce ravageur fut longtemps controversée, car il fut d'abord connu par la description qu'en donna Boiduval en 1874, d'après des exemplaires capturés en Algérie. Certains auteurs lui donnent comme centre de dispersion, le bassin Méditerranéen, car on le trouvait en abondance en Espagne, Italie, Egypte, Afrique du Nord ; mais Picard, qui a étudié son comportement en France, affirme que la teigne de pomme de terre est originaire d'Amérique. D'ailleurs, plus tard, on a reconnu que la teigne avait déjà été décrite au Texas en 1873 par Zeller (Chohic, 1952).

D'après Chebil (1983), la teigne n'est pas un ravageur spécifique de la pomme de terre car dans certaines régions, elle a été signalée sur d'autres espèces végétales cultivées et sauvages.

Néanmoins, ce papillon possède une prédilection aux espèces appartenant à la famille botanique des Solanacées notamment les espèces suivantes : Aubergine (*Solanum melongena*), morelle noire (*Solanum nigra*), fausse aubergine (*Solanum torvum*), piment (*Capsicum* sp.), tabac (*Nicotiana tabacum*), tomate (*Lycopersicum esculentum*).

## 2.2. Position systématique

La teigne de la pomme de terre *Phthorimaea operculella* (Zeller) est un Lépidoptère appartient à la famille des Gelechiidae. D'après Lacey et Neven (2006), la systématique de la teigne de la pomme de terre est comme suite ;

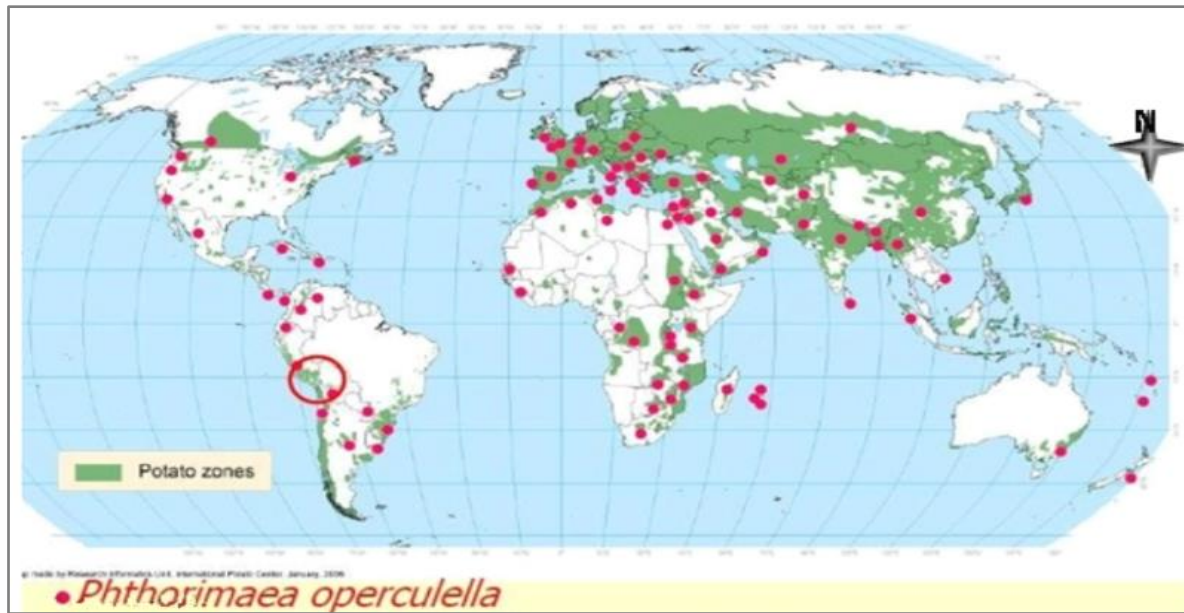
|               |  |
|---------------|--|
| Règne         | Animal                                       |
| Embranchement | Arthropodes                                  |
| Classe        | Insectes                                     |
| Ordre         | Lépidoptères                                 |
| Sous ordre    | Micro-lépidoptères                           |
| Superfamille  | Tineoidea                                    |
| Famille       | Gelechiidae                                  |
| Genre         | <i>Phthorimaea</i>                           |
| Espèce        | <i>Phthorimaea operculella</i> Zeller (1873) |

## 2.3. Répartition géographique

La teigne de la pomme de terre est un ravageur largement répandu dans le monde. Selon Kroschel et Schaub (2013), elle est présente dans presque tous les systèmes de productions de la pomme de terre tropicaux et subtropicaux d'Afrique et d'Asie, ainsi qu'en Amérique du Nord, Centrale et du Sud. Sa distribution est rapportée dans plus de 90 pays dans le monde.

### 2.3.1. Dans le monde

*P. operculella* a actuellement une répartition quasi mondiale, elle existe dans toutes les régions subtropicales et tempérées. Kroschel et Zeggara (2006), ont dressé une carte détaillée de sa répartition (Figure 15).



**Figure 15.** Répartition géographique de *Phthorimaea operculella* dans le monde (Kroschel et Zeggara, 2006).

**Tableau 02 :** Ensemble des pays où la présence de *Phthorimaea operculella* a été signalé Kroschel et al. (2016).

|                         |  |
|-------------------------|--|
| <b>Afrique</b>          | Algérie, Burundi, Cap-Vert, Congo, RD Congo, Égypte, Cameroun, Érythrée, Éthiopie, Madagascar, Malawi, Maurice, Maroc, Kenya, Libye, Réunion, Rwanda, Sénégal, Seychelles, Sainte-Hélène, Soudan, Afrique du Sud, Tanzanie , Tunisie, Ouganda, Zambie, Zimbabwe.   |
| <b>Asie</b>             | Bangladesh, Chine (Guizhou, Yunnan), Géorgie, Inde (Bihar, Gujarat, HimachalPradesh, Karnataka, MadhyaPradesh, Maharashtra, Meghalaya, Orissa, Pendjab, Tamil Nadu, UttarPradesh, Bengale occidentale), Indonésie (Java, Sulawesi, Sumatra), Iran, Irak, Israël, Japon (Honshu, Kyushu, Shikoku), Jordanie, République de Corée, Liban, Myanmar, Népal, Oman, Pakistan, Philippines, Arabie saoudite, Sri Lanka, Syrie, Thaïlande. |
| <b>L'Europe</b>         | Bulgarie, Croatie, Chypre, France, Grèce, Hongrie, Italie (Sardaigne, Sicile, Malte), Portugal (Açores, Madère), Roumanie, Russie, Serbie, Espagne (Îles Canaries), Royaume-Uni (Angleterre).  |
| <b>Amérique du Nord</b> | États-Unis (Alabama, Arizona, Californie, Colorado, Delaware, Washington, DC, Floride, Géorgie, Hawaï, Idaho, Illinois, Indiana, Iowa, Kansas, Kentucky, Louisiane, Maryland, Massachusetts, Michigan, Minnesota, Mississippi, Missouri, Nebraska, Nevada, New Jersey,   |

|                                      |   |
|--------------------------------------|---|
|                                      | Nouveau-Mexique, New York, Caroline du Nord, Ohio, Oregon, Pennsylvanie, Rhode Island, Caroline du Sud, Dakota du Sud, Tennessee, Texas, Utah, Virginie, Washington.  |
| <b>Amérique centrale et Caraïbes</b> | Antigua-et-Barbuda, Bermudes, Costa Rica, Cuba, République dominicaine, Haïti, Jamaïque, Mexique, Porto Rico, Saint-Vincent-et-les Grenadines.  |
| <b>Amérique du Sud</b>               | Argentine, Bolivie, Brésil (Bahia, Goias, Minas Gerais, Parana, Rio Grande do Sul, Sao Paulo), Chili, Colombie, Équateur, Paraguay, Pérou, Uruguay, Venezuela.  |
| <b>Océanie</b>                       | Australie (Nouvelle-Galles du Sud, Territoire du Nord, Queensland, Australie-Méridionale, Tasmanie, Victoria, Australie-Occidentale), Fidji, Polynésie française, Guam, Nouvelle-Calédonie, Nouvelle-Zélande, île Norfolk, Papouasie-Nouvelle-Guinée. |

### 2.3.2. En Algérie

D'après Ravidat (2010), la teigne de la pomme de terre est présente dans le bassin méditerranéen, elle a été signalée dans toutes les zones de culture (littoral, sublittoral, atlas tellien et haute plaine) (Figure 16). Les wilayas où *P. operculella* a été signalée sont : Boumerdes, Tizi-Ouzou, Alger, Tipaza, Skikda, Mostaganem, Tlemcen, Ain -Defla, Mascara, Mila, souk-Ahras, Sétif, Tiaret, Batna, Chlef, Bouira, El-Oued, Djela et Guelma.



**Figure 16.** Distribution de la teigne de la pomme de terre dans le bassin méditerranéen et en Algérie (Ravidat, 2010).

## 2.4. Description de l'espèce

*P. operculella* est un insecte particulièrement actif au crépuscule. C'est un lépidoptère qui mesure 10 à 15mm d'envergure pour une taille de 10mm. Les antennes sont fines et atteignent l'extrémité de l'abdomen. Les ailes sont très étroites, lancéolées et fortement frangées. L'aile antérieure est de couleur brunâtre, terne tirant parfois sur le jaunâtre passe par quatre états de développement qui sont : l'œuf, la larve, la chrysalide et l'adulte (Figure 17).



**Figure 17.** Différents stades de développement de *Phthorimaea operculella*

(Kroschel et *al.*, 2016). (A) œuf, (B) larve, (C) chrysalide, (D) adulte femelle (à gauche) et mâle (à droite).

### 2.4.1. Œuf

D'après Sefta (1998), les œufs sont de forme ovale, ils mesurent 0.5mm × 0.3mm. Juste après la ponte, ils sont de couleur blanc laiteux nacré, puis devient jaune et brunit à l'approche de l'éclosion. Peu de temps avant l'émergence, la capsule céphalique marron foncée de la jeune larve peut être observée par transparence (Figure 18).

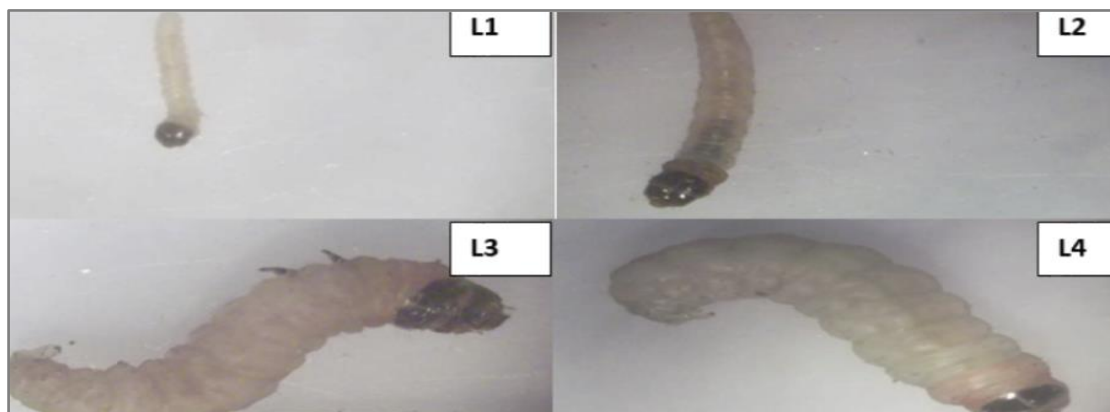


**Figure 18.** Œufs de la teigne de la pomme de terre *P. operculella* (GX40) ;

(Lamara Mahamed, 2020).

### 2.4.2. Larve

Durant son cycle de développement, la chenille de la teigne de la pomme de terre passe par quatre stades larvaires (Figure 19), la larve néonatale mesure de 1 à 2mm ; elle est de couleur gris verdâtre puis acquiert avec l'âge une couleur blanche avec une légère teinte rose sur le dos mais qu'elle change suivant le régime alimentaire. La larve du dernier stade mesure de 15 à 20mm et porte à chaque segment abdominal un petit nombre de soies et quelques points noirs (Rousselle et *al.*, 1996).



**Figure 19.** Différents stades larvaires de *P. operculella* (GX40) ;  
(Lamara Mahamed, 2020).

### 2.4.3. Nymphe

A la fin de leur développement, les larves quittent leur support alimentaire et secrètent une pellicule au niveau du sol et sur les parois des sacs ou carrément sur les tubercules infestés et elle se nymphose dans ces cocons en pupes de taille comprise entre 7 et 10mm et de couleur jaune argentée à marron avec de légères épines sur le corps (Figure 20).



**Figure 20.** Chrysalides de *P. operculella* (GX20) (Lamara Mahamed, 2020). (a) face ventrale, (b) face dorsale.

#### 2.4.4. Adulte

L'adulte est un micro-lépidoptère de 12 à 15mm d'envergure qui mesure 10 à 12mm de long. Il se distingue par des palpes de grandes dimensions et des antennes fines et allongées. Il est entièrement de couleur grisâtre avec des ailes antérieures tachetées de couleur noir et terminées par de longues écailles filiformes. Les ailes postérieures sont d'un gris soyeux ; leurs extrémités se terminent en pointes bordées de très longues franges (Figure 21).

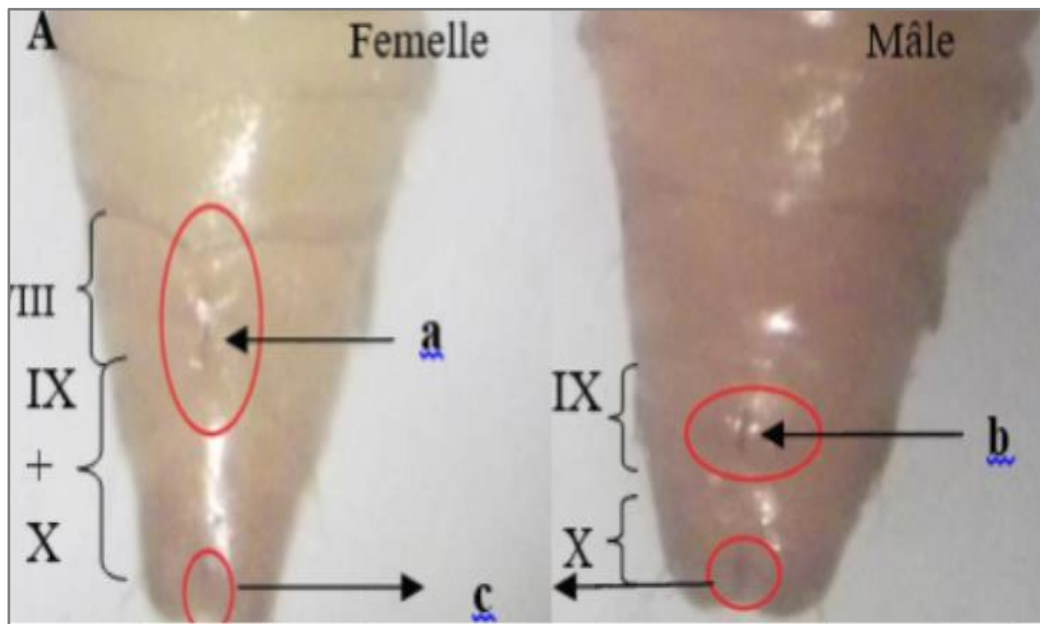


**Figure 21.** Adultes de la teigne de la pomme de terre *Phthorimaea operculella* (Kurt Ahlmark, 2013). La tête du papillon (à gauche), la femelle (à droite), le mâle (au milieu).

#### 2.4.5. Dimorphisme sexuel

D'après Chohic (1952), il existe un dimorphisme sexuel assez marqué chez *P. operculella* et très aisément discernable à l'œil nu chez les adultes ; le mâle est muni d'une touffe de soies blanchâtres ou gris clair sur l'abdomen recouvrant les génitalia, de plus, il possède des poils jaunes sur le bord antérieur des ailes postérieures. La femelle plus trapue, ne présente aucun de ces caractères. Par contre chez les larves il ne devient évident qu'au quatrième stade larvaire, lorsque les testicules jaunâtres deviennent visibles chez le mâle (Chauhan et Verna, 1991).

Selon Ndiaye (1997), il existe une autre méthode de sexage des nymphes, où le dernier segment abdominal est rond chez le mâle et pointu chez la femelle (méthode de la largeur). Rondon et Xue (2010), ajoutent que les nymphes mâles présentent un orifice génital rond au milieu du 9<sup>ème</sup> segment abdominal, tandis que les femelles avaient une ouverture sur le 8<sup>ème</sup> segment (méthode de la cicatrice) (Figure 22).



**Figure 22.** Dimorphisme sexuel de *P. operculella* chez les chrysalides

(Lamara Mahamed, 2020). **a** : orifice génitale femelle ; **b** : orifice génitale mâle ; **c** : orifice anale. VII, IX, X : segments abdominales.

### 2.5. Cycle biologique

Après l'émergence des adultes, l'accouplement commence après une période assez courte de maturation. Cette étape s'effectue généralement la nuit et peut durer de 10 à 15 heures en été et jusqu'à 24 heures en hiver, comme elle peut se répéter plusieurs fois (Balachowsky, 1966).

La ponte commence généralement 10 à 48 heures après l'accouplement et elle se produit pendant 2 à 5 jours et diminue considérablement au bout de 7 jours (Raj, 1991).

Selon Balachowsky (1966), la fécondité de la femelle est variable, elle pond de 60 à 80 œufs dans les régions tempérées et environ 160 dans les pays les plus chauds. Cependant, la fécondité constatée par Chebil (1983) est plus élevée sur les tubercules que sur les feuilles. Dans les conditions favorables, il a enregistré des pontes moyennes de 63 œufs sur tubercules et 41 œufs sur feuilles.

La durée de l'incubation dépend essentiellement de la température, elle est beaucoup plus rapide durant la saison chaude 4 à 5 jours en général, alors qu'en hiver elle est environ du double (Chohic, 1952).

Après éclosion, les larves pénètrent aussitôt dans la plante de pomme de terre, et commencent par tisser un léger fourreau protecteur. Elles entament ensuite l'épiderme végétal qu'elle

rejette sans le digérer pour pénétrer plus en avant dans les tissus succulents de la pomme de terre ; feuille, tige ou tubercule (Balachowsky, 1966).

La durée du développement larvaire est variable et dépend principalement de la température. Dans la nature, elle peut se prolonger pendant deux mois en hiver et l'état larvaire comporte 4 stades (Balachowsky, 1966 et Alvarez et *al.*, 2005).

En fin d'évolution larvaire, la chenille âgée quitte les tissus aériens et les tubercules ou elle se confectionne un cocon parmi les amas de détritiques laissés sur le sol, sur la plante elle-même ou parfois sur des sacs et des entrepôts. Le cocon est solidement fixé aux supports ; à l'intérieur la chenille reste quelque temps inactif puis se transforme en une chrysalide. Le facteur température conditionne la durée du stade nymphale qui est de 6 à 7 jours en été et 10 à 14 jours en hiver (Chohic, 1952).

La durée du cycle biologique est sous la dépendance de nombreux facteurs comme la température et l'hygrométrie. Dans la nature, le cycle biologique de *P. operculella* est de 2 semaines en été et d'environ 7 semaines en hiver (Alvarez et *al.*, 2005).

Au laboratoire, ce cycle est d'environ 4 semaines à des températures comprises entre 23 et 25°C et est de 2.5 semaines en moyenne à des températures plus élevées (Henderson et *al.*, 1999).

## 2.6. Symptômes et dégâts

### 2.6.1. Dégâts

Selon Miri et Marek (2020), la teigne de la pomme de terre *P. operculella* est un ravageur capable de causer des dommages directs et indirects à la pomme de terre :

- Dommages directs : sont causés par les larves en se nourrissant de feuilles, ce qui entraîne une réduction de la zone photo-synthétiquement active, en plus de se nourrir de racines et de stolons, réduisant ainsi la capacité de production de la plante. Lorsque les larves se nourrissent des tubercules, les dégâts se manifestent par une réduction qualitative et quantitative de la production.

-Dommages indirects : sont causés par la transmission de virus, de bactéries et de champignons responsables de maladies chez la pomme de terre. L'incidence des maladies compromet la culture, c'est-à-dire qu'elle augmente le niveau de dégâts.

### 2.7.2. Symptômes

La larve de *P. operculella* attaque les plants de pomme de terre de deux manières différentes, par minage des feuilles, tiges et tubercules en plein champ, et par minage des tubercules dans les structures de stockages.

#### 2.7.2.1. En plein champ

Les chenilles creusent des galeries plus au moins grande et transparentes dans les folioles et s'y nourrissent du parenchyme (Figure 23). Les dégâts vont de quelques galeries entraînant des pertes de tissu foliaire jusqu'à la mort des zones de croissance et l'affaiblissement ou la cassure des tiges par pénétration des chenilles et même parfois la destruction totale de la partie aérienne en cas de forte attaque (Anonyme, 2004).



**Figure 23.** Dommages aux méristèmes et aux feuilles (Miri et Marek, 2020).

Les dégâts sur les tubercules sont plus à craindre notamment quand le niveau des populations est élevé. Les chenilles accèdent aux tubercules lorsque les œufs sont déposés sur le sol ou d'une manière directe quand les tubercules se trouvent à découvert. Elles forent des galeries sinueuses et des tunnels irréguliers en profondeur ou sous la peau des tubercules. En se nourrissant, les chenilles rejettent leurs excréments noirâtres vers l'extérieur qui les rendent facilement repérables (Figure 24). Ces attaques provoquent une perte de la qualité des tubercules, si bien qu'ils deviennent inconsommables et inutilisables (Alvarez et *al.*, 2005).



**Figure 24.** Symptômes de présence des larves de *P. operculella* dans les tubercules de pomme de terre en plein champ (Miri et Marek, 2020). Symptômes externes (A) et internes (B et C).

#### 2.7.2.2. En stock

Les dégâts les plus significatifs sont occasionnés sur les tubercules en stockage, ce qui affecte la qualité et le poids des tubercules. Les symptômes se manifestent par un rétrécissement des tubercules causé par l'accroissement de la transpiration et l'infection par des microorganismes (Figure 25). Les études sur les dégâts potentiels en stockage indiquent qu'une population faible de *P. operculella* (60 larves pour 20 Kg de pomme de terre) peut attaquer 100% des tubercules en seulement 110 jours (Ortega et Fernandez, 2000).



**Figure 25.** Symptômes de présence de la teigne de pomme de terre dans les structures de stockage (Miri et Marek, 2020).

### 3. Méthodes de lutte

Responsable de pertes de productivités très importantes, la teigne de la pomme de terre est un ravageur qui nécessite une surveillance constante. Plusieurs mesures doivent être prises afin de réduire les dommages et même d'empêcher son développement. La lutte la plus efficace est obtenue grâce à une gestion intégrée d'une gamme de méthodes qui se concentrent à la fois sur la prévention des infestations et le contrôle du ravageur.

#### 3.1. Lutte chimique

La culture intensive de pommes de terre tend à favoriser la pression des organismes nuisibles et des maladies, ce qui se traduit souvent par un recours intensif aux pesticides qui sont en augmentation dans les pays en développement. Plusieurs insecticides s'avèrent efficaces contre la teigne de la pomme de terre *P. operculella*, ils doivent être appliqués lorsque la capture de papillons dans les pièges à phéromones dépasse le seuil de nuisibilité. Selon INPV, en cas de présence de populations de teigne, révélée par les pièges à phéromones (4 à 5 papillons/piège/jour) ou 1 plant sur 20, porte les symptômes d'attaque, une application insecticide doit être réalisée par pulvérisation d'un insecticide spécifique et homologué.

Un insecticide largement utilisé spécialement pour tuer les adultes est le Clopyrifos, tandis que le Méthomyl est très efficace pour tuer les œufs en raison de sa nature ovicide (Alexandre, 2021).

Un grand nombre d'insecticides ont été évalués pour leur efficacité contre *P. operculella* sur le terrain. La pulvérisation de la culture avec du Quinalphos (0,05 %), Fénitrothion (0,05 %), Carbaryl (0,1 %), Acéphate (0,5 kg/ha) et/ou Monocrotophos (0,60 kg /ha) est efficace pour contrôler *P. operculella* (Lal, 1993).

La lutte chimique réussit parfois au début, mais ce n'est pas une solution à long terme puisque la teigne peut développer rapidement une résistance aux insecticides. La propre habitude de l'insecte de se nourrir de feuilles basses et de se cacher dans des galeries fait qu'il est difficile pour l'insecticide d'atteindre efficacement la cible (Raman et al., 1986).

Il en résulte des niveaux alarmants d'empoisonnement par les pesticides au sein des communautés agricoles. L'insecticide absorbé par le sol pénètre souvent dans les cultures successives et s'infiltré par ruissellement dans les sources d'eau.

Par conséquent, l'utilisation de la gestion intégrée des ravageurs avec l'utilisation de différentes techniques de gestion rend le contrôle plus efficace, produisant avec qualité et

---

réduisant les coûts. La culture de la pomme de terre nécessite un grand soin tout au long du cycle de culture, il est donc toujours important d'améliorer et d'ajouter de nouvelles technologies à la gestion et à la productivité (Raman et *al.*, 1986).

### 3.2. Lutte culturale

Appliquer la rotation des cultures est une pratique essentielle jouant un rôle fondamental dans le contrôle des insectes ravageurs qui s'installent dans de nombreuses plantes et se nourrissent d'hôtes différents de la même famille, c'est le cas avec les Solanacées.

Des tubercules sains doivent être utilisés pour assurer une plus grande vigueur des plantes, capables de résister à l'attaque de ravageurs. Cependant, *P. operculella* est l'un des majeurs problèmes de stockage, car elle infeste les tubercules et se multiplie dans les entrepôts. Par conséquent, des semences de mauvaise origine conduiront à la plantation de tubercules infestés, générant un grand foyer de dissémination pour la culture, causant des dommages irrémédiables (Miri et Marek, 2020).

Les dégâts produits par la teigne sont réduits par la profondeur de plantation, avec un buttage chaque 6 à 7 semaines, les tubercules devraient être à au moins 25 cm dans le sol. Cela réduira l'infection (Raman et *al.*, 1986).

Les conditions météorologiques sèches favorisent la multiplication de *P. operculella* au champ car le nombre d'œufs pondus diminue fortement avec une humidité du sol plus élevée ; les larves se noient également dans un sol très humide. La date de semis doit être ajustée pour éviter de longues périodes de sécheresse, en particulier dans les semaines précédant la récolte (Kroschel, et *al.*, 2016).

A la récolte, tous les tubercules doivent être enlevés du sol et transportés rapidement hors du champ et tous les débris de culture sont détruits de préférence par le feu, ensuite le sol est labouré (Raman et *al.*, 1986).

Le stockage constitue une étape importante de la lutte antiparasitaire. Au moment du lavage et du classement, les tubercules infestés doivent être éliminés, le nettoyage et la désinfestation par pulvérisation doivent être effectués dans les entrepôts et les caisses pour éviter que la teigne y trouve refuge, et continue à se multiplier et à infester les graines de tubercules pour la prochaine récolte. L'utilisation de grilles après la désinfestation empêche les papillons survivants de retrouver les tubercules pour pondre à nouveau. Le stockage dans des chambres

froides empêche l'infestation, car les larves voient leur cycle de vie interrompu à des températures inférieures à 10 °C (Miri et Marek, 2020).

### 3.3. Lutte biologique

Selon Rondon (2010), l'utilisation d'agents de lutte biologique présente l'avantage de ne pas avoir d'intervalle avant la récolte et d'être plus sécuritaire pour le personnel d'application, les denrées alimentaires et les organismes non visés (Rondon, 2010).

Un avantage supplémentaire par rapport aux insecticides synthétiques, ils sont biodégradables, sans danger pour les organismes non ciblés, ne laissent aucun résidu et diminuent l'accumulation de résistance souches d'insectes (Sharaby et al., 2019).

#### 3.3.1. Lutte par les ennemis naturels

La teigne de la pomme de terre possède quelques parasitoïdes et prédateurs naturels qui peuvent être utilisés dans le cadre du contrôle biologique, il s'agit de :

- *Copidosoma koehleri* est une petite guêpe d'environ 1,8 mm de long capable de parasiter efficacement les papillons de nuit. Elle a une couleur noir violacé et des ailes transparentes (Alexandre, 2021).

-*Habrobracon hebetor* est aussi une petite guêpe parasitoïde des lépidoptères (environ 4 mm). C'est un ectoparasite larvaire c'est-à-dire un organisme qui se nourrit de tégument de l'hôte. Des lâchers sur le terrain ont entraîné un taux de parasitisme de 12,0 % de larves de *P. operculella* à Bangalore (Inde) (Divakar et Pawar, 1979).

-*Orgilus jenniae* et *Apanteles subandinus* produit jusqu'à 60% et 17% de mortalité de larves de *P. operculella* respectivement (Trivedi et Rajagopal, 1991). Par conséquent, l'élevage de masse et la libération fréquente de parasitoïdes est nécessaire dans le cadre de la lutte biologique.

-Certains produits biologiques sur le marché à base de Baculo-virus et *Bacillus thuringiensis* ont également été utilisés dans différents régions du monde pour réduire l'utilisation de pesticides. Un mélange de *Bacillus thuringiensis* subsp ou d'un Granulo-virus spécifique de *P. operculella* formulés dans du talc ont été développés pour protéger les tubercules entreposés contre *P. operculella* (Kroschel et al., 2016).

### 3.3.2. Lutte par les plantes

Récemment, de nombreuses études ont indiqué que certaines espèces sauvages, les plantes médicinales et ornementales, ont des propriétés pesticides montrant des effets anti-appétant, répulsifs, régulateurs de croissance et/ou des activités toxiques sur un large éventail d'insectes nuisibles. De nombreuses espèces végétales, notamment des régions tropicales, ont le potentiel d'être utilisés comme insecticides botaniques (Quignard et al., 2003 ; Shaalanet al., 2005).

Des travaux de recherche ont montré que le fait de couvrir les tubercules avec des feuilles d'herbes comme *Lantana* sp. Et *Minthostachys* sp. que l'on trouve dans plusieurs régions tropicales, constitue une barrière physique qui exerce une action répulsive contre la teigne. Les herbes sont récoltées et séchées à la température ambiante puis elles sont broyées et répandues en couche mince de 2 cm sur les tubercules (Raman et Booth, 1986).

L'extrait de rhizomes *Acorus calamus*, a été testé dans un laboratoire en Inde contre les larves du 5<sup>ème</sup> stade de *Phthorimaea operculella* ; il a révélé un pourcentage de mortalité de 40,74% en 24 heures (Pandey et al., 1982).

Les feuilles sèches d'*Ageratum houstonianum* (Asteraceae) ont montré une efficacité dans la protection des tubercules de pomme de terre en stock. Une couche de 2 cm d'épaisseur protège les tubercules jusqu'à 120 jours (Kashyap et al., 1992).

Les poudres coriandre et de zygophyllum protègent les tubercules contre la teigne de la pomme de terre pendant le stockage. Par conséquent, elles peuvent être considérées comme bonnes alternatives aux produits chimiques synthétiques pour la lutte contre les insectes sans aucun effet sur la germination des tubercules (Sharaby et al., 2019).

L'usage des huiles essentielles pour l'agriculture est relativement récent, on peut ainsi utiliser certaines pour lutter contre les parasites et les maladies. Les huiles essentielles sont un mélange complexe d'essences (mélanges de divers principes actifs : esters, lactones, flavonoïdes...) contenues dans les végétaux. Les esters repoussent les ravageurs et perturbent leur développement, les lactones perturbent le développement des parasites (insectes, nématodes, acariens), les acides perturbent le développement des ravageurs et stimulent les défenses du végétal.

La prudence sera de lutter contre les larves qui vivent à l'intérieur de pomme de terre, en prenant des mesures extrêmes de sécurité et d'hygiène dans les sites de stockage. Une surveillance avec des pièges à phéromones sexuelles indiquent la présence de *P. operculella* dans le champ et les stocks en attirant les adultes mâles est un bon moyen pour réduire la population en diminuant le nombre de femelles fécondées (Miri et Marek, 2020).

La lutte antiparasitaire intégrée est considérée comme la seule option permettant de lutter efficacement contre la teigne de la pomme de terre, tant sur le terrain que dans les stocks (Raman et Booth, 1986).

# **Chapitre III**

**Effets des huiles essentielles**

**sur *Phthorimaea***

***operculella* Z.**

## Introduction

L'utilisation des plantes aromatiques et leurs huiles essentielles revêt une grande importance non seulement comme source de soins médicaux mais aussi pour lutter contre les bio-agresseurs des végétaux y compris *Phthorimaea operculella* Zeller. La lutte par les huiles essentielles est une alternative efficace aux insecticides de synthèse qui sont néfastes aussi bien pour les agriculteurs, les consommateurs que l'environnement.

Selon Lamiri et *al.* (2001), la toxicité d'une huile essentielle peut être attribuée soit au principal composé présent dans l'huile, soit à la synergie et / ou les effets antagonistes de tous les composants de l'huile essentielle.

### 1. Définition

Les huiles essentielles, appelées aussi essences, sont des mélanges de substances produites par les plantes. Elles sont présentes en petite quantités par rapport à la masse du végétal. Ce sont des substances odorantes et très volatiles, elles n'existent quasiment que chez les végétaux supérieurs. A priori, toutes les plantes possèdent la faculté de produire des composés volatils mais seulement à l'état de traces le plus souvent. Parmi les espèces végétales, 10% seulement sont dites « aromatiques » (Benjamin, 2020). Les familles les plus importantes sont les dicotylédones comme celles des Apiaceae (coriandre), Asteraceae (camomille), Geraniaceae (géranium), Illiciaceae (anis), Lamiaceae (menthe), Lauraceae (cannelle), Myristicaceae (noix), Myrtaceae (eucalyptus), Oleaceae (jasmin), Rosaceae (rose), Sandatalaceae (bois de santal) et Rutaceae (citron). Les monocotylédones sont principalement représentées par les familles des Poaceae (vétiver) et Zingiberaceae (gingembre) (Roux et Catier, 2007).

### 2. Répartition des huiles essentielles dans la plante

Les huiles essentielles sont composées par des molécules aromatiques d'origines végétales présentant une très grande diversité de structure. Cependant ces huiles essentielles sont obtenues avec des rendements très faibles (de l'ordre de 1%) ce qui en fait des substances fragiles, rares, mais toujours précieuses. Elles se retrouvent dans des glandes minuscules situées dans différentes parties des plantes aromatiques : les feuilles, les fleurs, les fruits, les graines, l'écorce et pour certaines plantes dans les racines. Les glandes sécrétrices sont réparties sur l'ensemble de la plante, un peu plus nombreuses sur le dessous des feuilles (Makhloufi, 2013).

### 3. Propriétés physiques et chimiques

Les huiles essentielles sont des substances liquides à température ambiante mais aussi volatiles, ce qui les différencie des huiles fixes. Elles ne sont que très rarement colorées, leur densité est généralement inférieure à celle de l'eau (Cohen, 2013). Les huiles essentielles sont liposolubles, solubles dans les solvants organiques usuels ainsi que dans l'alcool, mais très peu solubles dans l'eau. Il faut donc impérativement un tensioactif pour permettre leur mise en suspension dans l'eau (Lakhdar, 2015).

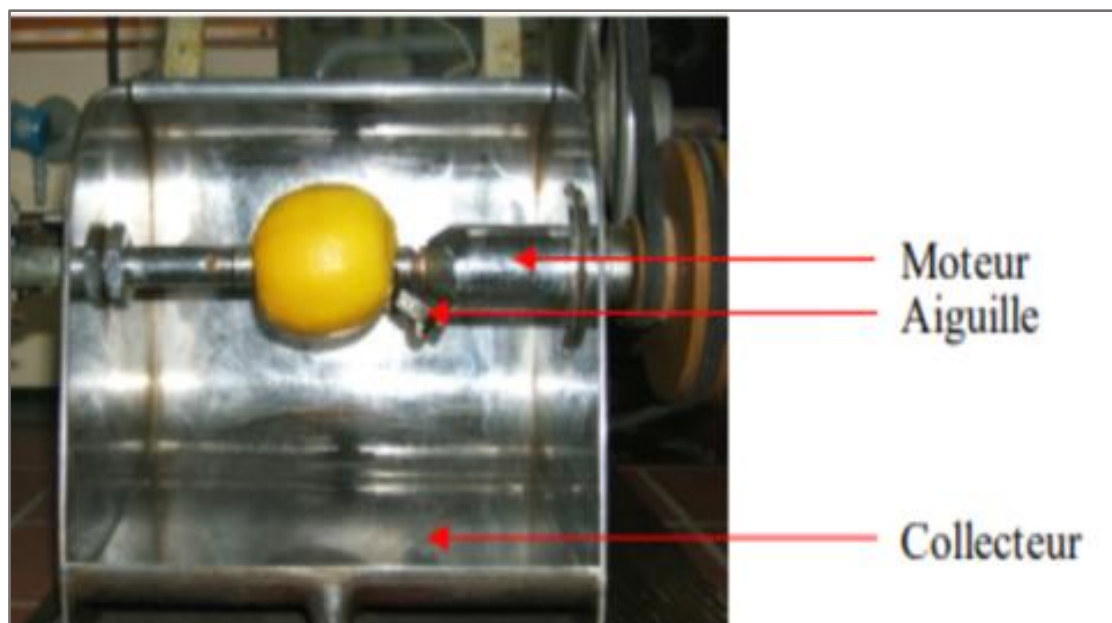
Du point de vue chimique, les huiles essentielles sont des mélanges complexes pouvant contenir plus de 300 composés différents (Selles, 2006). Selon la voie métabolique empruntée, elles sont constituées principalement de deux groupes de composés odorants, il s'agit des terpènes et des composés aromatiques dérivés du phénylpropane (Cohen, 2013) ; elles peuvent également renfermer divers produits issus du processus de dégradation mettant en jeu des constituants non volatils (Bruneton, 1999).

### 4. Techniques d'extraction des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont composées par des molécules aromatiques d'origines végétales présentant une très grande diversité de structure. Cependant ces huiles essentielles sont obtenues avec des rendements très faibles (de l'ordre de 1%) ce qui en fait des substances fragiles, rares, mais toujours précieuses. Ainsi les différentes techniques d'extraction des huiles essentielles ou extraits aromatiques doivent d'une part, tenir compte de ces caractéristiques et d'autre part, apporter des performances quantitatives satisfaisant une forte demande toujours plus exigeante (Lucchesi, 2005).

#### 4.1. Extraction par expression à froid des huiles essentielles

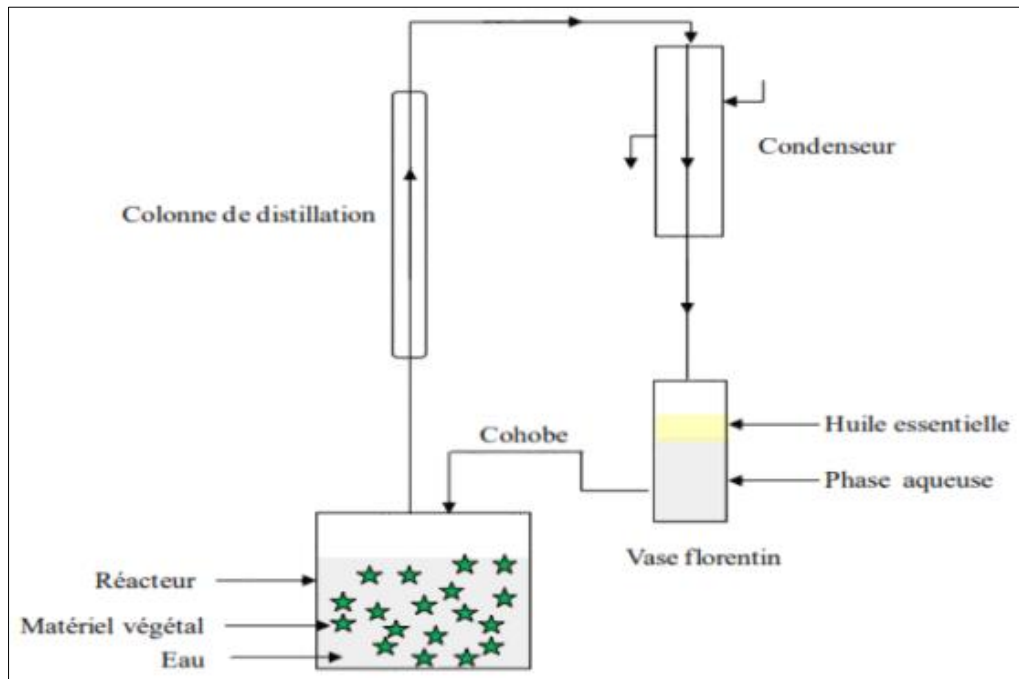
L'expression à froid (Figure 26) est une extraction sans chauffage réservée aux agrumes. Le principe de ce procédé mécanique est fondé sur la rupture des péricarpes riches en huiles essentielles. L'huile essentielle ainsi libérée est entraînée par un courant d'eau. Une émulsion constituée d'eau et d'essence se forme. L'essence est alors isolée par décantation (Kimball, 1999).



**Figure 26.** Dispositif de la méthode d'extraction des huiles essentielles par expression à froid (Farhat, 2010).

#### 4.2. Extraction par hydro-distillation

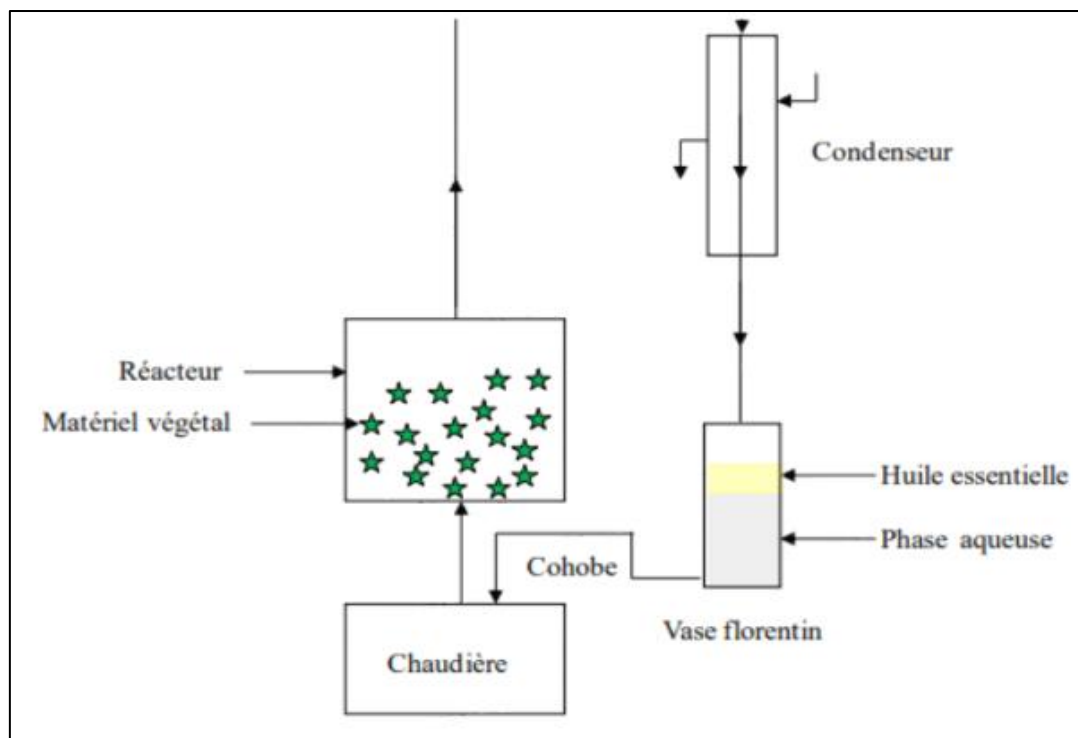
L'hydro-distillation (Figure 27) proprement dite, est la méthode normée pour l'extraction des huiles essentielles à partir des épices sèches, ainsi que pour le contrôle de qualités des huiles essentielles au laboratoire. Son principe consiste à immerger la matière végétale dans un bain d'eau, ensuite l'ensemble est porté à ébullition sous pression atmosphérique. La chaleur permet l'éclatement et la libération des molécules odorantes contenues dans les cellules végétales. Ces molécules aromatiques forment avec la vapeur d'eau un mélange azéotropique « eau + huile essentielle ». Ce mélange, distille à une température égale à 100°C à pression atmosphérique et refroidi et condensé dans un essencier ou vase florentin. Un fois condensées, eau et molécules aromatiques du fait de leurs différences de densité, se séparent en une phase aqueuse et une phase organique : l'huile essentielle (Farhat, 2010).



**Figure 27.** Dispositif de la méthode d'extraction des huiles essentielles par hydro-distillation (Farhat, 2010).

#### 4.3. Extraction par entraînement à la vapeur d'eau

L'entraînement à la vapeur d'eau est l'une des méthodes officielles pour l'obtention des huiles essentielles. A la différence de l'hydro-distillation, cette technique ne met pas en contact direct l'eau et la matière végétale à traiter. De la vapeur d'eau fournie par une chaudière traverse la matière végétale située au-dessus d'une grille. Durant le passage de la vapeur à travers le matériel, les cellules éclatent et libèrent l'huile essentielle qui est vaporisée sous l'action de la chaleur pour former un mélange « eau + huile essentielle ». Le mélange est ensuite véhiculé vers le condenseur et l'essencier avant d'être séparé en une phase aqueuse et une phase organique : l'huile essentielle. L'absence de contact direct entre l'eau et la matière végétale, puis entre l'eau et les molécules aromatiques évite certains phénomènes d'hydrolyse ou de dégradation pouvant nuire à la qualité de l'huile (Lucchesi, 2005).



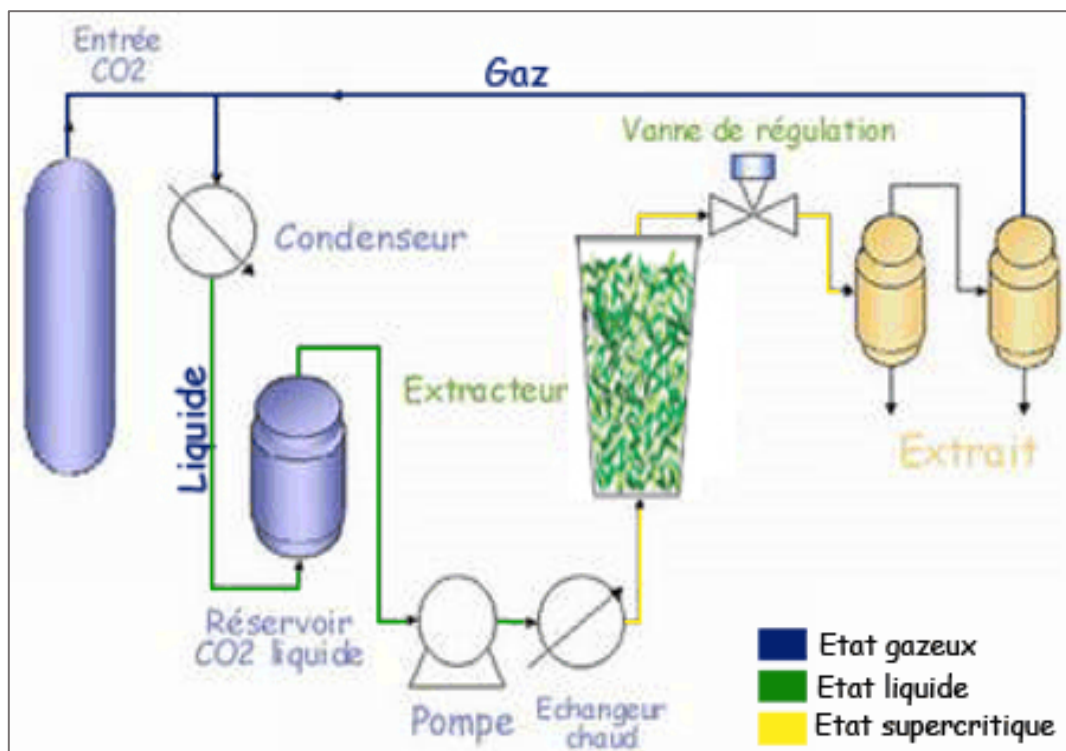
**Figure 28.** Dispositif de la méthode d'extraction des huiles essentielles par entraînement à la vapeur d'eau (Farhat, 2010).

#### 4.4. Extraction par les solvants

La technique d'extraction « classique » par solvant, consiste à placer dans un extracteur un solvant volatil et la matière végétale à traiter. Grâce à des lavages successifs, le solvant va se charger en molécules aromatique, avant d'être envoyé au concentrateur pour y être distillé à pression atmosphérique. Le produit obtenu est appelé « concrète » qui pourra être par la suite brassée avec de l'alcool absolu, filtrée et glacée pour en extraire les cires végétales et obtiendra une « absolue ». Le solvant choisi, en plus l'être autorisé devra posséder une certaine stabilité face à la chaleur, la lumière ou l'oxygène. Sa température sera de préférence basse afin de faciliter son élimination, et il ne devra pas réagir chimiquement avec l'extrait. Parmi les solvants utilisés, le méthanol, l'éthanol et l'éther de pétrole. Du fait de l'utilisation de solvants organiques, cette technique présente toutefois des inconvénients qu'il est important de noter, peut entraîner des risques d'artéfacts et des possibilités de contamination de l'échantillon par des impuretés parfois difficile à éliminer (Lucchesi, 2005).

#### 4.5. Extraction par le CO<sub>2</sub>

L'originalité de cette technique repose sur le solvant utilisé : il s'agit du CO<sub>2</sub> en phase supercritique, c'est-à-dire en comprimant le dioxyde de carbone à des pressions et à des températures au-delà de son point critique (P=72.8 bars et T= 31.1°C) (Lorrain, 2013). A l'état supercritique, le CO<sub>2</sub> n'est ni liquide, ni gazeux, et cela lui confère un excellent pouvoir d'extraction, modulable à volonté en jouant sur la température de mise en œuvre (Peron et *al.*, 1992).



**Figure 29.** Dispositif et principe de l'extraction des huiles essentielles par le CO<sub>2</sub> (Fauconnier, 2019).

#### 5. Rôle des huiles essentielles chez les plantes

Les huiles essentielles, émises par les plantes, ont des fonctions multiples en écologie. Elles interviennent dans les interactions entre les plantes elles-mêmes, et entre les plantes et son environnement (Bruneton, 1997). De nombreuses huiles essentielles possèdent des propriétés antibactériennes, antivirales ou antimycosiques protégeant ainsi la plante contre les bactéries, les virus ou les champignons. D'autres essences agissent sur les insectes ou les prédateurs herbivores en les dissuadant ou en les repoussant par ces parfums volatils appropriés entourant la plante et formant une sorte d'aura. Dans d'autres cas, la stratégie de la plante est suffisamment sophistiquée pour attirer les prédateurs naturels de ses propres déprédateurs. L'évaporation rafraîchissante des essences protège le végétal de la chaleur. La plante cherche

à séduire par le jeu des couleurs et des parfums les insectes pollinisateurs. L'essence participe ainsi à la reproduction de la plante et constitue une réserve énergétique pour la plante (Anonyme, 2016).

### 6. Intérêt d'utiliser les huiles essentielles en lutte intégrée

L'emploi intensif de ces produits a provoqué une contamination de la biosphère et de la chaîne alimentaire, une éradication des espèces non cibles telles que la faune auxiliaire et l'apparition des microorganismes résistants (Magan et Olsen, 2004). Ces produits agissent chimiquement sur des fonctions vitales d'organismes vivants. Ils perturbent la signalisation hormonale ou nerveuse, la respiration cellulaire, la division cellulaire ou la synthèse des protéines. Or, les organismes vivants ont en commun des processus et des mécanismes physiologiques. De ce fait, un pesticide présente un potentiel toxique plus ou moins étendu pour des organismes qu'il ne cible pas au départ. Un professeur de médecine environnementale à l'université de Harvard, Philippe Grandjean, souligne que « Les phénomènes biochimiques qui se produisent entre vos deux oreilles ne sont pas si différents de ceux d'un cafard ». Dans la même idée, un insecticide qui vise le système nerveux d'un insecte pourrait très bien avoir aussi une incidence sur notre cerveau (Grognon, 2017).

L'utilisation des huiles essentielles qui sont moins nocives pour l'environnement et la santé humaine, elle constitue une alternative aux pesticides de synthèse. Les huiles essentielles sont actuellement testées sur différentes cibles : les insectes, les champignons, les bactéries, les adventices et également pour la conservation des semences. Des produits à base d'huiles essentielles sont déjà commercialisés dans certains pays d'Europe. L'huile essentielle de clou de girofle *Syzygium aromaticum* est par exemple proposée pour lutter contre des maladies de conservation des pommes et des poires. La menthe verte *Mentha spicata* est utilisée pour inhiber la germination des pommes de terre. L'orange douce *Citrus sinensis* est proposée contre de nombreuses maladies et insectes (mildiou, oïdium, rouille blanche, cicadelles, aleurodes...) (Deschepper., 1999).

### 7. Effets des huiles essentielles sur *Phthorimaea operculella*

Aujourd'hui, il existe un grand souci sur le danger présenté par les produits chimiques utilisés pour lutter contre la teigne de la pomme de terre en raison de leurs actions indésirables qui provoquent l'apparition de plusieurs maladies chez l'homme et surtout chez les agriculteurs mais aussi sur la faune auxiliaire et l'environnement de manière générale. C'est pour cela que

les chercheurs commencent, actuellement, à prendre conscience de l'importance du retour au naturel.

Les huiles essentielles d'origine végétale, détiennent actuellement une place importante dans les systèmes de lutte. Leur rôle dans la recherche phytopharmaceutique dans certains pays du monde n'est plus à démontrer. Elles représentent actuellement une solution alternative de lutte pour la protection contre les insectes ravageurs (Lahlou, 2004).

Dernièrement, de nombreuses recherches réalisées aux laboratoires dans différents pays, ont démontré l'efficacité des huiles essentielles dans le contrôle des populations de la teigne de la pomme de terre.

### 7.1. Dans le monde

En 1987, Shelke et *al.* ont testé quelques huiles essentielles des plantes aromatiques (*Azadirachta indica*, *Citrus aurantiifolia*, *Pongamia pinnata* et *Satureja montana*) et des extraits végétaux (Extraits des graines de *Jatropha curcas*, *Pongamia glabra* et *Bassia latifolia*) sur les ravageurs de la pomme de terre y compris la teigne de la pomme de terre *P. operculella*. L'analyse Probit a montré que l'huile essentielle extraite de l'écorce extérieure de citron vert (*Citrus aurantiifolia*) avait un effet sur l'oviposition des femelles de *P. operculella* pouvant aller jusqu'à 60 % d'activité dissuasive. Mais l'huile la plus efficace était la sarriette *Satureja montana* qui présentait une valeur de la CL50 sur les adultes équivalente à 0,048 µL/L d'air.

Sharaby (1988) affirme que le potentiel reproductif de *P. operculella* diminue significativement lorsque les adultes des deux sexes sont exposés à l'huile essentielle d'écorce d'orange *Citrus x sinensis* par inhalation. Quant à l'oviposition et à l'éclosion des œufs, elles sont complètement inhibées.

Selon Moawed (2000), l'application des huiles essentielles de *Mentha citrata*, *Cymbopogon ciratus* et *Myristica fragrans* sur les tubercules stockés fait diminuer le pourcentage de la pénétration des larves de *P. operculella* dans les tubercules de pommes de terre stockés jusqu'à 1,5%.

Moawad et Ebadah (2007), ont étudié l'effet de quelques huiles essentielles des deux plantes (*Origanum majorana*, *Elettaria cardamomum*, *Salvia rosmarinus* et *Syncarpia glomulifera*) différents stades de développement de la teigne de la pomme de terre ont enregistré une réduction du taux d'éclosion des œufs respectivement (67,47 et 86,74%). Les huiles de

cardamone et de romarin ont enregistré les taux les plus faibles de pénétration larvaire, de nymphose et d'émergence des adultes.

D'autre part, Sharaby et *al.* (2009) ont utilisé les huiles essentielles de la menthe poivrée, le camphre, l'eugénol et le camphène pour tester la réaction des larves et des adultes de *P. operculella*. Les résultats ont révélé que ces huiles ont un effet répulsif pour les larves et les adultes. Ces mêmes auteurs ont assuré que les tubercules de pomme de terre peuvent être protégés pendant les périodes de commercialisation ou de stockage en utilisant des substances naturelles.

Rafiee et *al.* (2013) ont étudié l'effet biocide par fumigation des huiles essentielles de basilic, de papyrénée européenne, de lavande, de menthe et de sarriette sur *P. operculella* à différents stades du cycle biologique. Les résultats ont montré que les huiles diminuent le taux de pénétration larvaire et que l'huile essentielle de sarriette est la plus efficace sur les adultes.

Hanour et *al.*, (2017), quant à eux se sont intéressés à l'espèce *Artemisia herba-alba* du Moyen Atlas. Ils ont testé son huile essentielle contre *P. operculella* sur différents stades du cycle de développement. Les résultats ont révélé des taux de mortalité des œufs et des larves néonates à la concentration 5 $\mu$ L/L d'air alors que chez les chrysalides, aucune mortalité n'a été enregistrée. L'analyse Probit a montré que la concentration létale CL50 d'huile essentielle pour les œufs, les larves néoformées ont été respectivement de 39,54 et de 26,98  $\mu$ L/L d'air. Concernant les adultes, les concentrations létales ont été de 39,33 à 6,80  $\mu$ L/L d'air chez les mâles et de 39,72 à 6,39  $\mu$ L/L d'air chez les femelles.

Ils ont conclu que les adultes et les larves sont plus sensibles. Cela peut s'expliquer par la forte activité respiratoire de ces stades par rapport aux pupes qui ont montré une tolérance à ces composés.

## **7.2. En Algérie**

En Algérie, beaucoup d'études ont été faites afin de déterminer les effets des HE sur les ravageurs des plantes cultivées surtout ceux les denrées stockées mais très peu d'études sur la teigne de la pomme de terre. Cela est dû à la difficulté de réussir un l'élevage de masse de ce lépidoptère dans des conditions de laboratoire. Peu de travaux en aboutis a des résultats probant au sein de notre faculté à l'exception d'une thèse de doctorat.

Il s'agit des travaux de Lamara Mahamed, (2020) qui a testé l'effet par inhalation en conditions de laboratoire des huiles essentielles de quatre plantes aromatiques ; l'eucalyptus

(*Eucalyptus globulus*), le pin maritime (*Pinus pinaster*), le lentisque (*Pistacia lentiscus*) et le genévrier de Phénicie (*Juniperus phoenicea*) sur les différents stades de développement de *P. operculella*. Les résultats ont montré que les quatre huiles essentielles testées agissent différemment en fonction des doses et des stades de vie de l'insecte :

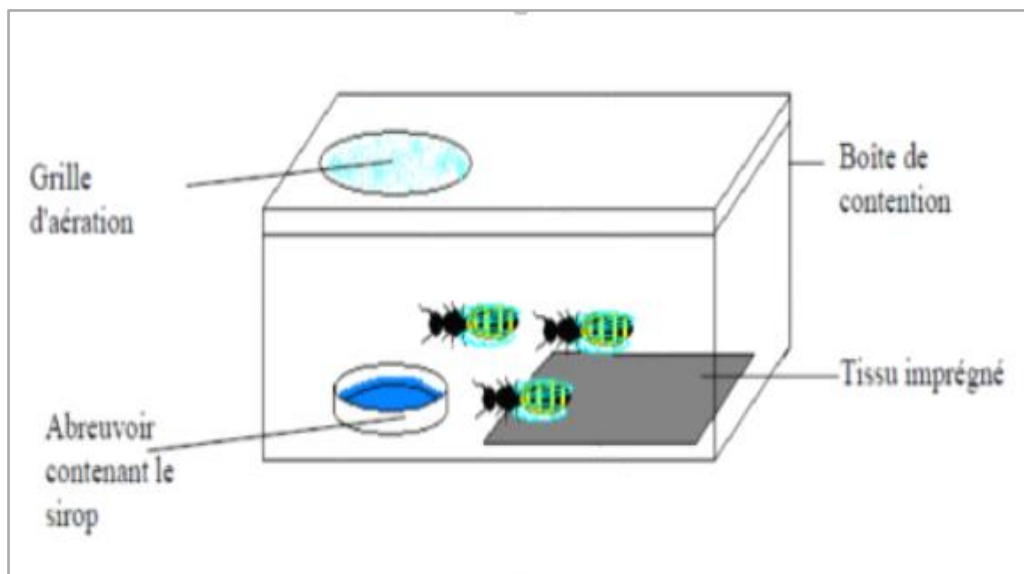
- L'huile essentielle d'eucalyptus globuleux a présenté une très forte toxicité puisqu'elle provoque la mortalité d'environ 66% des larves après 24h d'exposition et à partir de la dose de 8µl, elle provoque la mortalité de toutes les larves. En outre, 90% des adultes venant des chrysalides traitées, meurent au bout de 24 à 48h après leur émergence.
- Pour l'huile essentielle le pin maritime, les tests de toxicité ont révélé que les chrysalides n'ont pas montré de sensibilité à son égard ; l'émergence des adultes a atteint 100% avec toutes les doses testées. Cependant, elle a provoqué la mort de 52,5±1,15 des larves à la dose de 6µl.
- L'huile essentielle genévrier de Phénicie a aussi montré un moindre effet sur les chrysalides dont la totalité a émergé après traitement. Pour toutes les doses testées, les adultes s'accouplent et les femelles pondent leurs œufs. Les larves sont également observées, cependant, 60±2,31% des larves meurent à la dose de 10µl.
- Les chrysalides traitées avec l'huile essentielle de lentisque aux doses de 6µl, 8µl et 10µl ont montré une forte sensibilité ; en effet, 90% des adultes émergeant ont marqué des malformations au niveau de leurs ailes antérieures qui sont recourbées à cause d'un ralentissement du stade chrysalide. Cette huile essentielle provoque les plus faibles taux de mortalité des larves avec un taux maximal de 47,5±4,04% à la dose de 10µl. Le plus faible taux d'éclosion est enregistré à la concentration de 10µl/L pour les œufs traités avec l'huile essentielle de lentisque

Il ressort de cette étude que la mortalité des larves traitées croît progressivement avec l'augmentation de la concentration des huiles essentielles et que les stades non actifs à savoir les œufs et les chrysalides sont les moins sensibles aux huiles essentielles.

### **8. Effets non-intentionnels des huiles essentielles sur les cultures et la faune auxiliaire**

Dans le cadre de l'évaluation des substances agricoles phytopharmaceutiques, une étude a été menée pour évaluer la toxicité de septes huiles essentielles sur les plantes et la faune auxiliaire par Vidal et *al.* (2018). Sur cette base, il est prévu d'évaluer la toxicité des huiles essentielles

sur quelques insectes auxiliaire dans les populations d'abeilles *Apis mellifera* qui sont les plus utiles.



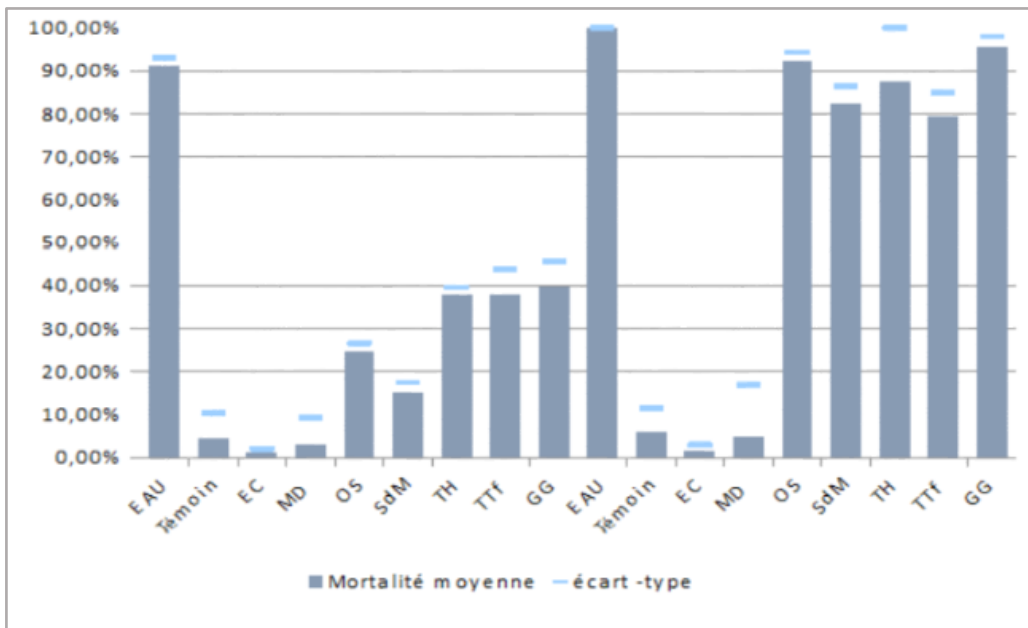
**Figure 30.** Schéma du principe des tests toxicologiques par voie orale sur l'abeille (Vidal et *al.*, 2018).

### 8.1. Résultats des tests de toxicité des huiles essentielles sur abeilles

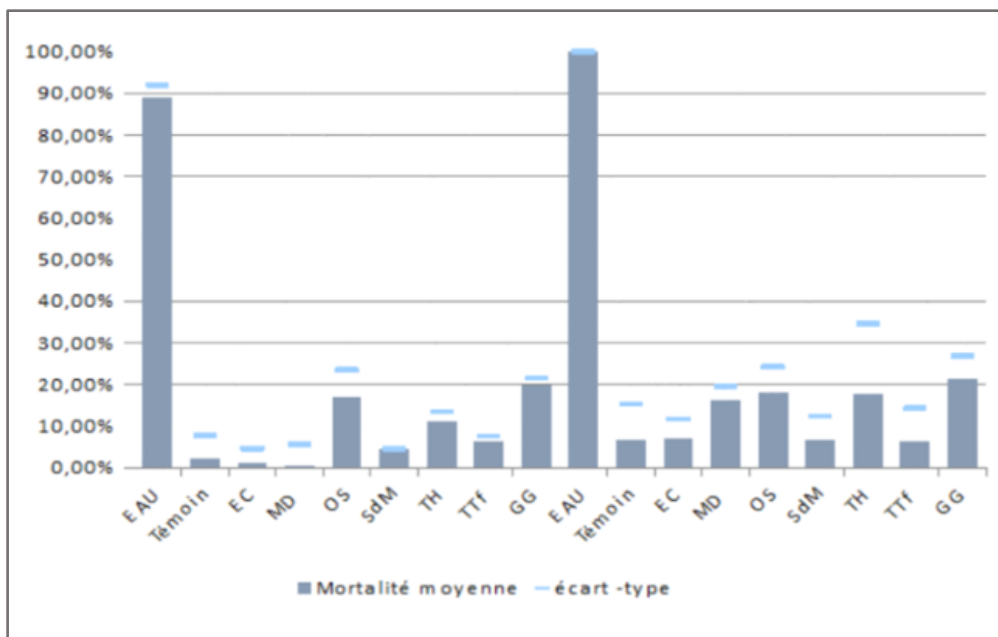
-Par voie orale, à la concentration la plus forte de 1 % (v/v), 3 des huiles essentielles testées (*Thymus vulgaris*, *Melaleuca alternifolia* et *Syzygium aromaticum*) provoquent une mortalité supérieure à 30% et 2 huiles essentielles (*Satureja montana* et *Origanum compactum*) engendrent une mortalité d'environ 15 et 25% et cela dès le premier jour de test. Par contre, les huiles d'*Eucalyptus citriodora* et *Mentha spicata* ne provoquent pas de mortalité significativement différente de la mortalité naturelle (Figure 31). A la concentration la plus faible (0,2%), aucune huile n'a engendré une mortalité significativement supérieure à celle du témoin et cela même après 4 jours d'expérience (Figure 32) (Vidal et *al.*, 2018).

-La toxicité par contact induite par les huiles essentielles est, dans l'ensemble, plus faible que lorsque l'huile est ingérée. A la concentration de 1%, les 3 huiles (*Thymus vulgaris*, *Melaleuca alternifolia*, *Syzygium aromaticum*) induisent une mortalité de l'ordre de 20% dès le premier jour de test mais les données ne montrent pas de différence significative comparées à la mortalité naturelle. Après 4 jours d'expérimentation, la mortalité induite par ces 3 huiles est nettement supérieure à la mortalité naturelle et atteint environ 70%. Les huiles essentielles d'*Eucalyptus citriodora* et *Mentha spicata* et *Origanum compactum* ne présentent pas de toxicité remarquable en comparaison avec le témoin. A la concentration la plus faible (0,2%),

aucune huile n'a engendré une mortalité significativement supérieure à celle du témoin et cela même après 4 jours d'expérience (Vidal et al., 2018).



**Figure 31.** Mortalités des abeilles après 1 jour (gauche) et 4 jours de nourrissage (droite) en fonction des modalités (concentration en HE 1 % v/v) (Vidal et al., 2018).



**Figure 32.** Mortalités des abeilles après 1 jour (gauche) et 4 jours de nourrissage (droite) en fonction des modalités (concentration en H.E. 0,2 % v/v) (Vidal et al., 2018).

-La quantité d'huile résiduelle sur les plantes et/ou ramenée dans la ruche et pouvant se trouver dans l'alimentation de la colonie est inconnue lors d'un traitement aérien ; il est donc délicat de confirmer l'innocuité ou la toxicité de ces huiles. L'auteur suppose, néanmoins, qu'en considérant les concentrations d'huiles essentielles qui seraient utilisées en agriculture dans le cadre d'un traitement réaliste, et la toxicité qui reste négligeable jusqu'à une concentration de 0,5% pour la plupart des huiles, qu'un usage précis de ces huiles en traitement agricole ne présenterait pas de risque majeur pour la survie des colonies d'abeilles environnantes (Vidal et *al.*, 2018).

Selon Moussaoui et *al.*, 2014, les huiles essentielles des plantes aromatiques offre une solution valide aux pathologies apicoles car elles ont un effet antiparasite. Ils ont testé et évalué la mortalité des individus de *Varroa destructor* (un acarien parasite d'abeilles) sous l'effet des bioproduits à base d'huiles essentielles de Thym et d'Eucalyptus. Les résultats montrent que sous faible dose (D1=0,5% H.E.), les bioproduits formulés enregistrent une toxicité maximale dès le 11<sup>ème</sup> jrs d'exposition. A la forte dose (D2=1% H.E.) la toxicité maximale est enregistrée graduellement entre le 6<sup>ème</sup> et le 13<sup>ème</sup> jrs d'exposition. Mais les formulations fortement odorantes perturbent les colonies, accusent des effets secondaires comme le remplacement de reines, le déplacement du couvain et des réserves vers le bas de la ruche voir parfois l'abandon de la ruche.

D'après Shahrouzi (2008), les varroas sont plus vulnérables aux H.E. sous faible dose que les abeilles. Leurs vapeurs s'accumulent à une concentration suffisante pour être toxique pour les varroas, mais pas assez pour nuire aux abeilles. Depuis 1996, des produits commerciaux à base de Thymol, Eucalyptol, Camphre ou de Menthol sont disponibles dans d'autres pays.

## 8.2. Evaluation de la phytotoxicité des huiles essentielles sur les cultures

Des notations concernant la phytotoxicité des huiles essentielles ont eu lieu dans tous les essais sur matériel végétal (plantes en pots, disques foliaires et en plein champ). Les résultats de cette étude font ressortir que les concentrations supérieures à 0.5% ont tendance à «brûler» les plantes (Figure 33). Ces résultats globaux sont à relativiser en fonction de l'adjuvant utilisé, de l'huile essentielle évaluée, de l'espèce et de la variété sur laquelle la substance est testée et en fonction du stade phénologique de la plante lors de l'application (Vidal et *al.*, 2018).



**Figure 33.** Brulures d'huiles essentielles sur les feuilles de vigne et de pommier (Vidal et *al.*, 2018).

### 9. Difficulté et homologation

S'il est clair que les huiles essentielles disposent d'un potentiel intéressant sur les ennemis de cultures, leur utilisation pose un certain nombre de questions. Tout d'abord sur la nature même des huiles qui, lorsqu'elles sont pures, possèdent des phases de risques et nécessitent une manipulation avec précaution. De plus, leur nature hydrophobe pose de véritables problèmes de dilution dans la bouillie de traitement : lors des expérimentations, de nombreux adjuvants naturels ou commerciaux ont été évalués mais ceux qui donnent les meilleurs résultats ne permettent pas une dissolution parfaite et durable (Vidal et *al.*, 2018).

Malgré leur côté naturels, les huiles essentielles ne sont pas dépourvues de toxicité. Pour être utilisées en protection des cultures, elles doivent suivre la réglementation des produits phytopharmaceutiques. Pour inscrire une huile essentielle en Europe par exemple, 3 solutions existent avec chacune des exigences bien spécifiques :

- l'inscription en tant que substance active classique. C'est la démarche qui s'applique à tout produit phytosanitaire ; elle nécessite un dossier dont le coût est très élevé.
- l'inscription en tant que substance à faible risque. Une substance est dite « à faible risque » lorsqu'elle n'est ni un CMR (cancérogène, mutagène, reprotoxique), ni un produit chimique sensibilisant, ni une substance toxique ou très toxique, ni explosive, ni corrosive, ni persistante (demi-vie dans le sol < 60 jours), n'ayant pas un facteur de bioconcentration > 100.

• l'inscription en tant que substance de base : Une substance est considérée comme substance de base lorsque elle n'est pas préoccupante et elle n'a pas d'effet perturbateur endocrinien, neurotoxique ou immunotoxique (Anonyme, 2009).

Les huiles essentielles montrent souvent des résultats intéressants sur les bio-agresseurs en laboratoire, mais dès que les essais sont transposés en plein champ, l'efficacité peut chuter drastiquement. En effet, ces huiles sont très volatiles, et leur persistance sur la culture est en général très faible. De plus, elles sont peu miscibles dans l'eau. Le fait d'appliquer une huile essentielle sans adjuvant sur une parcelle diminue souvent son efficacité, mais utiliser un adjuvant ne fait pas tout. Les produits actuellement homologués (Tableau 3) sont formulés pour conserver leur efficacité en plein champ, ce qui ne sera pas forcément le cas d'huiles essentielles utilisées brutes.

**Tableau 3.** Produits à base d'huiles essentielles homologués en France (Anonyme, 2020).

| Produit commercial  | Substance active                     | Fonction                              |
|---|--------------------------------------|---------------------------------------|
| PREV-AM, LIMOCIDE,<br>PREV-AM PLUS,<br>CAZNARANJ          | Huile essentielle d'orange<br>douce  | Insecticide<br>Fongicide<br>Acaricide |
| BIOXEDA   | Huile essentielle de girofle         | Fongicide                             |
| MEVALONE, YATTO,<br>NIRKA, TRIGEMOL,<br>EUGETI, AGENOLETA | Eugénol + géranol +<br>thymol        | Fongicide                             |
| BIOX-M  | Huile essentielle de menthe<br>verte | Régulateur de croissance              |
| NEMGUARD<br>GRANULES, NAMOTELI                            | Extrait d'ail                        | Nématocide                            |

# Conclusion

En Algérie, la pomme de terre occupe une place très importante dans l'alimentation, sa production a connu une dynamique de croissance intéressante et une hausse très significative. Mais malgré l'augmentation de production et les superficies dédiées à cette culture, elle est insuffisante surtout en matière de semences. Parmi les problèmes majeurs du secteur de la pomme de terre, les maladies et ravageurs qui occasionnent des pertes très considérables, dont la teigne *Phthorimaea operculella* Zeller est le plus redoutable.

Ce micro-lépidoptère a montré une grande résistance aux traitements phytosanitaires et aux mauvaises conditions pédoclimatiques grâce au pouvoir de survie des larves et des chrysalides à l'intérieur des tubercules de pomme de terre jusqu'au retour de bonnes conditions ce qui les rendent une cible difficile à atteindre. De plus la teigne développe de plus en plus des résistances face aux insecticides. Ces derniers sont à l'origine de grave contamination des chaînes alimentaires, des sources d'eau, de l'air et de la santé des agriculteurs et consommateurs.

La lutte culturale et la lutte biologique ont une place importante parmi les nouvelles technologies de contrôle de ce ravageur. Et dans le but de se diriger vers une lutte plus saine et plus efficace, il est favorable d'utiliser de naturelle d'origine végétale tels que les extraits, les poudres et les huiles essentielles des plantes aromatiques qui s'avèrent très efficaces et sans danger.

Les huiles essentielles sont des essences secrétées par les plantes pour se défendre contre ces propres déprédateurs et parasites. Par leurs fortes odeurs elles peuvent agir sur les insectes ravageurs de différentes manières mais sans nuire aux équilibres biologiques. C'est pour cela les huiles essentielles font l'objet de plusieurs études. Plusieurs chercheurs ont testé les effets de ces essences sur bios-agresseurs de la pomme de terre en générale y compris *Phthorimaea operculella*.

La synthèse bibliographique de ces différents travaux de recherche nous a permis de conclure qu'une grande gamme des huiles essentielles testées ont des effets plus au moins toxique sur la teigne de la pomme de terre. Cependant, cette toxicité ne se manifeste pas de la même façon sur les différents stades de développement de cet insecte (Œuf, larve, chrysalide et adulte). Les stades non actifs à savoir les œufs et les chrysalides sont les moins sensibles aux huiles essentielles contrairement aux adultes et les larves. Cela peut s'expliquer par l'activité respiratoire des stades actifs.

Les huiles essentielles peuvent avoir divers effets sur *P. operculella* ; tel qu'une diminution du potentiel reproductif ou inhibition de l'oviposition ou l'éclosion des œufs, perturbation de la croissance et malformations chez les adultes, réduction du potentiel de pénétration larvaire, elles peuvent également provoquer la mortalité des individus. La toxicité des huiles essentielles dépend étroitement de la dose utilisée et la durée d'exposition de l'individu à cette huile.

Toutefois, pour parvenir à maintenir une bonne situation, le meilleur contrôle est de combiner les différentes techniques de lutte de façon raisonnée pour permettre de cultiver la pomme de terre dans des conditions économiquement tolérable et durable.

Il serait judicieux, pour les travaux futurs, de réaliser des essais sur le terrain et d'organiser des campagnes de vulgarisation et de sensibilisation des agriculteurs sur les dégâts que peut occasionner ce ravageur sur la culture de la pomme de terre ainsi que sur les méthodes de lutte les plus appropriées.

**Références**

**bibliographiques**

- **Akli E.Y. et Berbar H., 2008.** Contribution à l'étude de la filière de la pomme de terre en Algérie cas de wilaya de Tizi Ouzou. Mémoire d'ingénieur. Université MMTO.82P.
- **Alexandre J., 2021.** Noctuelle de la pomme de terre *Phthorimaea operculella* : (Caractéristiques, détection, effets et traitement), Petits jardiniers.
- **Alvarez J.M., Dotseth E. et Nolte P., 2005.** Potato Tuberworm : Athreat for Idaho Potatoes. Educ. Public., University of Idaho.4P.
- **Anonyme, 1999.** Techniques de production de la pomme de terre au Maroc. Bulletin de liaison et d'information du PNTTA. Transfert de technologie en agriculture. 52P.
- **Anonyme, 2004.** Les maladies fongiques de la pomme de terre. Guide à l'allocation des plantes maraichères. Ed. INRI (Paris), France, 47P.
- **Anonyme, 2009.** Règlement n° 1107/2009 du Parlement européen et du Conseil du 21 octobre 2009 concernant la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques et abrogeant les directives 79/117/CEE et 91/414/CEE du conseil. Journal Officiel De L'union Européenne, vol. L 309. 1- 50 P.
- **Anonyme, 2010.** Fiche technique favorisée des cultures maraichères et industrielles.10P.
- **Anonyme, 2011.** La pomme de terre primeur, une bonne valeur ajoutée en début de saison. Organisations des nations unies. 2 P.
- **Anonyme, 2012.** Planetoscope. Statistiques mondiales fruits et légumes, Production mondiale de pommes de terre.
- **Anonyme, 2016.** <https://almaconsult-paris.com/aromatherapie/lessence-dune-plante-se-protoger-seduire-communiquer.html>.
- **Balachowsky A.S., 1966.** Entomologie appliquée à l'agriculture : Lépidoptères. Masson et Cie. Paris. 1 vol, 1057 P.
- **Bamouh, 1999.** Technique de production de la pomme de terre au Maroc, bulletin.
- **Belaiche P., 1979.** Traité de phytothérapie et d'aromathérapie. Tome 1 : l'aromatogramme. Ed. Maloine, Paris.120 P.
- **Beloued A., 1998.** Plantes médicinales d'Algérie. 2ème Edition. Office des publications universitaires (Ed). Alger, 274 P.
- **Benjamin C., 2020.** Bulletin semences - n°274. Les huiles essentielles en agriculture.
- **Benouis H., 2016.** Contribution à l'étude de la production de quelques variétés de pomme de terre dans la région de Tlemcen. Master en Agronomie Université de Tlemcen.
- **Bernhards U., 1998.** La pomme de terre *Solanum tuberosum* L. Monographie. Institut National Agronomique Paris – Grignon.

- **Bessaoud O., 2016.** La sécurité alimentaire En Algérie. Le Forum des Chefs d'Entreprise, Alger. 84 P.
- **Blaine P. et Friedlander Jr., 2009.** « Human immunity to a virus set off for first time with plant-based vaccine ([http://www.news.cornell.edu/chronicle/00/7.13.00/BTI-potato\\_vaccine.html](http://www.news.cornell.edu/chronicle/00/7.13.00/BTI-potato_vaccine.html)) », 13 juillet 2000, Cornell Chronicle Online, université Cornell. Consulté le 24 Permanents Paris Ed. Technique PNTTA, N° 58. 1-8 P.
- **Blancard., 2013.** Flétrissement bactérien sur le plant et tubercule de pomme de terre. INRA.
- **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. 108 P.
- **Bruneton J., 1997.** Eléments de phytochimie et de pharmacologie. La voisier, technique et documentation, paris. 405.426 P.
- **Bruneton J., 1999.** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales, 3ème éd. Ed. Tec & Doc, Lavoisier, Paris.
- **Chauhan U. et Verma L. R., 1991.** Biology of potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* Zeller with special reference to pupal eye pigmentation and adult sexual dimorphism. Entomon .16 (1) :63-67 P.
- **Chauvin J., Esnault F. et Ellissèche D., 2008.** Les recherches pour la filière pomme de terre ; verrous et avancées. Ressources génétiques et innovation variétale chez la pomme de terre. Stand Inra. Parc des expositions de Paris.
- **Chebil M., 1983.** Contribution à l'écologie de la teigne de la pomme de terre *Phthorimaea operculella* Z. (lep. : Gelechiidae) Mem.3eme cycle, INA de tunis, 54 P.
- **Chehat F. et Tria M., 2013.** Typologie des producteurs de pomme de terre dans la region d'Ain Defla. Les cahiers du CREAD n°103-2013. 110-111P.
- **Chibane A., 1999** - Techniques de production de la pomme de terre au Maroc. Bull. Mens. De liaison et d'information du PNTTA ; MADRPM/DERD n°52, Janvier 1999, inst. Agro. Hassan II ; Rabat- Maroc, 8P.
- **Cohen D., 2013.** Les huiles essentielles à l'officine : dangers pour la femme enceinte et le nouveau-né. Thèse de doctorat en Pharmacie. Université Joseph Fourier de Grenoble. 6-7P.

- **Cohic F., 1952.** Organe de la Chambre d'Agriculture de la Nouvelle-Calédonie. La teigne de la pomme de terre. 6 P.
- Daoud H. et Doudou O. 2017. Etude comparative de 14 variétés de pomme de terre cultivée (*Solanum Tuberosum* L.) dans la région de Mostaganem. Mémoire de Master. Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem. 76 P.
- **Daoud H. et Doudou O., 2017.** Etude comparative de 14 variétés de pomme de terre cultivée (*Solanum Tuberosum* L.) dans la région de Mostaganem. Master en agronomie, améliorations végétales. Université Abdelhamid Ibn Badis- Mostaganem. 33P.
- **D'Arondel H. et Traore, 1990.** Culture maraîchère en Zone Soudano-Sahélienne : Recueil de fiches techniques, CIRAD-IRAT-INERA, 79 P.
- **Darpoux R et Debelley M., 1967.** Les plantes sarclées. Edition. J.B. Baillière et fils france. Collection d'Enseignement Agricole. 307 P.
- **Deplace P., 2007.** Caractérisation physiologique et biochimique du processus de vieillissement du tubercule de pomme de terre (*Solanum tuberosum* L). Dissertation originale présentée en vue de l'obtention du grade de docteur en sciences agronomiques et ingénierie biologique. Faculté universitaire des sciences agronomiques de Gembloux.
- **Deschepper R., 1999.** Variabilité de la composition des huiles essentielles et intérêt de la notion de chémotype en aromathérapie. Thèse en vue d'obtenir le diplôme d'état de docteur en pharmacie. Faculté de pharmacie de Marseille.
- **Divakar B.J. et Pawar A.D., 1979.** Field recovery of *Chelonus blackburnii* and *Bracon hebetor* from potato tuber moth. Indian J. Plant Prot. 7-214P.
- **Djarri L., 2011.** Contribution à l'étude des huiles essentielles et des métabolites secondaires de trois plantes Algériennes des familles des apiaceae *Daucus reboudii* Coss. ex Batt. & Trab., *Kundmannia sicula* (L.) DC., et *Elaeoselinum thapsioides* Maire. Thèse de doctorat en Phytochimie : Université Mentouri de Constantine.
- **Doré C., Varoquaux F. et Coordinateur., 2006.** Histoire Et Amélioration De Cinquante Plantes Cultivées RINRA.
- **Ellisseche D., 1996.** Aspects physiologiques de la croissance in la pomme de terre, Éditions INRA Paris. 71-121P.
- **FAO, 2014** La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture.
- **FAO, 2018.** La situation des marchés des produits agricoles 2018.
- **FAO-STAT, 2008.** Année international de la pomme de terre.
- **FAO-STAT, 2019.** Production mondiale et locale de la pomme de terre. [www.fao.org](http://www.fao.org).

- **Farhat A., 2010.** Vapo-diffusion assistée par micro-ondes : conception, optimisation et application. Thèse de Doctorat en Sciences (option : Sciences des Procédés, Sciences des Aliments), Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse (France) & Ecole Nationale d'Ingénieurs de Gabès (Tunisie).
- **Ferhat M.A., 2007.** Extraction Sans Solvant Assistée par Micro-ondes des huiles essentielles des Citrus d'Algérie : Compréhension, Application et Valorisation. Thèse de l'Université des Sciences et Technologie Houari Boumediene, Faculté de Chimie, Algérie.
- **Ferreire J. F. S., Simon J. E. et Janick J., 1994.** Developmental studies of *Artemisia annua*: Flowering and Artemisinin production under greenhouse and field conditions. *Journal of Planta Medica*, 61: 167-170P.
- **Fraser N., 1998.** La production biologique de la pomme de terre. Ed. Centre d'agriculture biologique de La Pocatière. Québec. 56P.
- **Gallais A. et Ricroch A. 2006.** Plantes transgéniques : faits et enjeux. «Synthèses», Paris, (ISBN 2-7592-00001-9). 178P.
- **Gaucher D., 1998.** Maladies de la pomme de terre. Institut technique des céréales et des fourrages. Paris, 48 P.
- **Gravouelle M., 1993.** Les sucres de la pomme de terre, in la pomme de terre française, N° 477. 133-146 P.
- **Grogna Ph., 2017.** Biowallonie, Calendrier du bio 2017, dossier spécial : Protection des cultures en agriculture biologique, n°32.
- **Hamdani M., 2008.** Etude comparatif du développement de la teigne de la pomme de terre (Lepidoptera : Gelechiidae) dans la région Ain defla, de Zéralda et Boumerdas-estimation des dégâts. Master en sciences agronomiques. Institut national agronomique-el Harrach. 77P.
- **Hannour K., Boughdad., Mataoui A. et Bouchelta A., 2017.** Laboratoire d'Entomologie Appliquée, Equipe Protection des Plantes et d'Environnement, Département de Biologie, Faculté des Sciences, Meknès, Université Moulay Ismail, B.P. 11201, Meknès, Maroc.
- **Hawkes J. G., 1990.** The potato, Evolution, Biodiversity and genetic resources .London. Belhaven Press. 259P.
- **Haya 2011,** Catalogue néerlandais des variétés de pomme de terre.

- **Henderson J., Jensen A., Deban S., David N., Martin M. et Batchelor D., 1999.** Tuber moth survy. April 1999, potato progress. 6P
- **Hodgson W.A., Pond D.D., et Munro J., 1975.** Maladies et ennemies de la pomme de terre. Ed. Ministère de l'agriculture. Canada. 76P.
- **Hubert B., 2011.** Diagnostic de la culture de pomme de terre et essai variétal dans les bas-fons de karankasso sambla. Mémoire de fin d'études présenté en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur du développement rural, option Agronomie. Université Polytechnique de Bobo-dioulasso. 20-21P.
- **Ilboudo Z., 2009.** Activité Biologique de quatre huiles essentielles contre *Callosobruchus maculatus* Fab. (Coleoptera : Bruchidae), insecte ravageur des stocks de niébé au Burkina Faso. Thèse de doctorat unique.
- **Isman M.B., 2006.** Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. Ann, Rev, Entomol 51, 45-66.
- **ITCMI., 2013.** La culture de pomme de terre, situation de la production de pomme de terre en Algérie, p10
- **Kechid M., 2005.** Physiologie et Biotechnologie de la Micro tubérisation de la Pomme de Terre *Solanum tuberosum*. L. Thèse Magister en Biotechnologie végétale, Université Mentouri, Constantine.
- **Kempen P. V., 1993.** Mise en place de la culture, in La pomme de terre française N° 475,49-52P.
- **Kempen P. V., Corre L. et Bedin P., 1996.** Phytotechnie, in la pomme de terre Éditions INRA Paris, 363-413P.
- **Kevan D., 1965.** The soil fauna-its nature and biology. P.33-51 in : Ecology of soil-borne plant pathogens. Baker KF and Snyder WC, Eds. University of California Press. Berkley.
- **Kim S., Park C., Ohh M., Cho H., Ahn Y. 2003.** Contact and fumigant activities.
- **Kimball D.A. 1999.** Citrus processing : A complete guide, 2ème edition, 435P. Aspen Publication.
- **Kroschel J. et Zeggara O., 2006.** Laboratory experiment towards the development of an attract and kill strategy for the *potato tuber moth* complex, *Phthorimaea operculella* and *symmetrischema tangolias*. International potato center(CIP).

- **Kroschel J., et Schaub B., 2013.** Biology and ecology of potato tuber moths as major pests of potato. *Insect Pests Potato Glob. Perspect. Biol. Manag. Acad. Press Lond.* 165–192P.
- **Kroschel J., Sporleder M. et Carhuapoma P., 2016.** Potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller 1873). 7-23P.
- **Lacey L.A., et Neven L.G. 2006.** The potential of the fungus, *Muscodoralbus*, as a microbial control agent of potato tuber moth (Lepidoptera : Gelechiidae) in stored potatoes. *J. Invertebr. Pathol.* 91 : 195–198P.
- **Lacroix M., 2004.** Bien connaitre les coupables des maladies bactériennes sur solanaceae, MAPA (Qebec), 1-4 P.
- **Lahlou M., 2004.** Methods to study phytochemistry and bioactivity of essential oils. *Phytother*, 435-48 P.
- **Lahouel Z., 2015.** Etude diagSnostique de la filière pomme de terre dans la région de Tlemcen. Cas de deux fermes pilotes : Hamadouche et Belaidouni. Mémoire master. Université Aboubekr Belkaid. Tlemcen. 95P.
- **Lakhdar L., 2015.** Evaluation de L'activité Anti-bactérienne d'huiles essentielles Marocaines Sur *Aggregatibacter Actinomycetemcomitans* : Etude in vitro. Thèse de Doctorat. Université de Rabat. Maroc.
- **Lal L., 1993.** Potato tuber moth - Bionomics and management. In : *Advances in Horticulture*, Vol. 7 - Potato. Eds. K.L. Chadha and J.S. Grewal. Malhotra Publishing House, New Delhi. 591 -602P.
- **Lamara M. R., 2020.** Bio écologie de la teigne de la pomme de terre *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera : Gelechiidae) sur quelques variétés de pomme de terre et essais de lutte. Thèse de doctorat. Spécialité : Sciences Biologiques. UMMTO.107-112P.
- **Lambion J., Taulet A. et Traentle M., 2006.** Protection phytosanitaire en culture de pomme de terre biologique Fiche 2 : Lutte contre les ravageurs.
- **Lamiri A., Lhaloui S., Benjilali B., Berrada M. (2001).** Insecticidal effects of essential oils against hessian fly, *Mayetiola destructor* (Say). *Field Crop Res.* 71: 9-15P.
- **Laummonier R. 1979.** Culture légumière et maraichère Tome III, Ed .J.B, Baillier. Paris. 274P.
- **Lorrain E., 2013.** 100 questions sur la phytothérapie. Ed. La boétie, Italie 2013.

- **Lucchesi M. E., 2005.** Extraction Sans Solvant Assistée par Micro-ondes Conception et Application à l'extraction des huiles essentielles. Docteur en sciences. Université de la Réunion, Faculté des Sciences et Technologies. France. 142P
- **Lutaladio., Nebambi., Parakash. et Adam., 2010.** La pomme de terre histoire et développement économique. Cahiers de nutrition et de diététique, vol. 12-45P
- **MADRP., 2018.** Données statistiques : Evolution de la superficie, de la production, et du rendement de la pomme de terre en Algérie (2018). MADR.2014. Données statistiques.
- **Magan N. et Olsen M., 2004.** Mycotoxins in food detection and control. Ed, CRC Press, Boca Raton, Boston, New York, Washinton DC, 511P.
- **Makhloufi., A., 2013.** Etude des activités antimicrobienne et antioxydant de deux plantes médicinales poussant à l'état spontané dans la région de bechar (*Matricaria pubescens* (Desf.) Et *Rosmarinus officinalis* L) et leur impact sur la conservation des dattes et du beurre cru. Thèse de doctotrat en Microbiologie et sécurité sanitaire des aliments. Universite de Tlemcen. 64-65P.
- **Masiac Y., 2003.** Les insectes. Origines, morphologie, modes d'alimentation, reproduction. Les insectes et les végétaux, comment les reconnaître. Ed. De Vecchi. Paris. 111P.
- **Mattila P. et Hellstrom J. 2007.** Phenolic acids in potatoes, vegetables, and some of their products. Journal of Food Composition and Analysis. Vol. 20, 152-160P.
- **Mazoyer M., 2002.** Larousse agricoles. Edit. INAPG. 374-375P.
- **Merrouche A., Touati H.et Zemmar K., 2016.** Etude préliminaire de l'activité insecticide des extraits des plantes (*Eucalyptus globulus*, *Myrtus communis* et *Nerium oleander*) à l'égard d'une espèce de moustique *Culex pipiens*. MASTER Spécialité : Biologie, évolution et contrôle de population d'insectes Université des Frères Mentouri Constantine 70P.
- **Metcalf C. L. et Flint W. P., 1962.** Destructive and Useful Insects Their Habsits and Control. 4e édition. Revisé par : R. L. Metcalf. Mc Graw-Hill Book Company, Inc. New York, San Francisco, Toronto, London. 646-647P.
- **Meziane D., 1991.** Histoire de la pomme de terre. Diététique, 25-29 P.
- **Miri J. C. et Marek., 2020.** Manejo da traça-da-batata. Revista cultivar.
- **Moawed S. S. et Ebadah I. M. A., 2007.** Impact of some natural plant oils on some biological aspects of the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller)

(Lepidoptera ; Gelechiidae). Research Journal of Agriculture & Biotechnology Science, 3 (2) : 119-123 P.

- **Moussaoui Kamel, Hedjala Ahmed, Zitouni Ghania et Djazouli Zahr-Eddine, 2014.** Estimation de la toxicité des d'huiles essentielles formulées de thym et d'eucalyptus et d'un produit de synthèse sur le parasite de l'abeille tellienne *Varroa destructor* (Arachnida, Varroidae). Université Blida, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie. Agrobiologia, revue scientifique, N 05 janvier 2014. 17-26P
- **Ndiaye I. 1997.** Etude bio-écologique de la teigne de la pomme de terre, *phthorimaea operculella* (zeller) (Lepidoptera, Gelechiidae) et moyens de lutte. Thèse de doctorat, université Cheikh Anta Diop de Dakar 86P.
- **Ortega E. et Fernandez, S., 2000.** Manejo integrado de la polilla minadora de la papa *Phthorimaea operculella*. Fonaiap, Prociandino, Pracipa. Ed. Juan F. Bolaños. IICA. Quito. 40P.
- **Pandey U. K., Srivastava, A. K., Chandel, B. S. et Lekha, C., 1982.** Response of some plant origin insecticides against potato *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidopt. Gelechiidac) infesting solanaccous crops. J. Ent. Zool. 69, 267-270P.
- **Penchev P.I., 2010.** Étude des procédés d'extraction et de purification de produits bioactifs à partir de plantes par couplage de techniques séparatives à basses et hautes pressions. Thèse de Doctorat en : Génie des Procédés et de l'Environnement. Institut National Polytechnique de Toulouse. 9,17, 19P
- **Peron L. et Richard H., 1992.** Epices et aromates, techniques et documentations Lavoisier 1992.
- **Polese J. M. 2006.** La culture des pommes de terre. Ed. Artemis. Paris. 104P.
- **Prokop S. et Albert J., 2008.** Pommes de terre, nutrition et diététique. La Division de la nutrition et de la protection des consommateurs de la FAO.
- **Quezel P. et Santa S., 1962.** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions méridionales. vol2 (CNRS), PARIS, 1087P.
- **Rachdame M., 2010.** Essai de suivi de l'irrigation de la pomme de terre dans la région d'Oued souf. Mémoire d'ingénieur. Université d'Ouargla, 52P.
- **Rafiee-Dastjerdi H., Khorrani F., Razmjou J., Esmailpour B., Golizadeh A. et Hassanpour M., 2013.** The efficacy of some medicinal plant extracts and essential oils against potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera:Gelechiidae). J. Crop Prot. 2 (1) : 93-99 P.

- **Raj B.T., 1991.** Potato Tuber Moth with Special Reference to India. Ed. Central Potato Research Institute : Shimla. 16P.
- **Raman K.V. et Booth R.H., 1986.** Evaluation de technologie de lutte intégrée contre la teigne de pomme de terre en plein champ et en entrepôt, centre international de la pomme de terre.
- **Ravidat M.L. 2010.** Information *Tuta absoluta* à Stelivrade. Direction régionale de l'alimentation, de l'agriculture et de la forêt d'Aquitaine. 4P.
- **Raynaud J., 2006.** Prescription et conseil en aromathérapie. Ed.Tec, Tavoisier. 96P.
- **Reguig L., 2008.** Itinéraire technique de la culture de pomme de terre en Algérie, Journée d'étude sur la pomme de terre : Situation actuelle et perspectives, INA El Harrach, 18 juin 2008. 5P.
- **Robert E., Tivoli. B et Crosnier. C., 1996.** Espoirs et difficultés d'une intégration des méthodes de lutte, in la pomme de terre Editions U'JRA Paris, 335-362P.
- **Rondon S.I. 2010.** The Potato Tuberworm: A Literature Review of Its Biology, Ecology, and Control. Am. J. Potato Res. 87 : 149–166 P.
- **Rondon S.I., et Xue, L. 2010.** Practical techniques and accuracy for sexing the *potato tuberworm*, *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera : Gelechiidae). Fla. Entomol. 93: 113–115P.
- **Rousselle P., Robert Y. et Grossuer J.C., 1996.** La pomme de terre production, Amélioration, Ennemis et Maladies. Utilisation édition R Doun, 278P.
- **Rousselle P., Rousselle-Bourgeois. et Ellisseche D., 1992.** La pomme de terre. In Amélioration des espèces végétales cultivées.
- **Roux D. et Catier O., 2007.** Botanique, Pharmacognosie et Phytothérapie. Wolters Kluwer, France.
- **Sauyer R., 1972.** La pomme de terre, bulletins d'information technique de 1 à 19. Centre internationale de la pomme de terre(CIP). 136P
- **Sefta S., 1998.** Contribution à l'étude de l'influence des extraits foliaires de *Lantana camara* et *Ipomea meari* sur le comportement de ponte de *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera : Gelechiidae) en milieu de stockage. Agro. INA el Harrach Alger, 56P.
- **Selles J. L., 2006.** Les huiles essentielles, synthèse d'aromathérapie. Editions Frison Roche, 2ème édition. 220P.

- **Shahrouzi R., 2008.** Natural and chemical control of *Varroa destructor* and *Tropilaelaps mercedesaein*. Afghanistan.
- **Sharaby A. M. F et Baker F.S, 2019.** Protection of stored potatoes from infestation with the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera : Gelechiidae) using plant powders. Bulletin of the National Research Centre.
- **Sharaby A., 1988.** Effect of Orange, *Citrus sinensis* (L.) Peel Oil on Reproduction in *Phthorimaea operculella* (Zeller.) Insect Sci. Applic. 9 (2). 201- 203 P.
- **Sharaby A.M., Abdel-Rahman H. et Moawad S., 2009.** Biological effects of some natural and chemical compounds on the potato tuber moth, *P. operculella* Zeller (Lepidoptera:Gelechiidae). Saudi Journal of Biological Sciences. 16 :1-9 P.
- **Shelke S. S., Jadhav, L. D. et Solunkhe, G. N. 1987.** Ovicidal action of some vegetable oils and extracts in the storage pest of potato, *Phthorimaea operculella* (Zeller).
- **Soltner D., 2005.** Les grandes productions végétales. 20<sup>ème</sup> édition, Sciences et techniques Agricoles 472P.
- **Soufi R., 2011.** La réponse physiologique de la pomme de terre (variété spunta) à la salinité en présence de fertilisant organique (fumier de volailles) cas de Ouargla. Mémoire d'ingénieur. Université Kasdi Merbah Ouargla.91P.
- **Spire D. et Rousselle P., 1996.** Origine socio-historique de la pomme de terre, Éditions INRA Paris, 25-46P.
- **Traynier R.M.M. 1983.** Influence of plants and adults food on the fecundity of the potato moth *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera : Gelechiidae). Entomologia experimentalis et applicatas 33, 143-283P.
- **Tria M. et Chehat F., 2013.** Typologie des producteurs de pomme de terre dans la region d'Ain defla. Les cahiers du CREAD n°103-2013P.
- **Turner S.J. et Evans, K. 1998.** The origins, global distribution and biology of potato cyst nematodes (*Globodera rostochiensis* (Woll) and *Globoder apallida* Stone). Dans Potato cyst nematodes biology, distribution and control, R.J. Marks et B.B. Brodie, Ed. (Royaume Uni : CAB International), 7-26P.
- **Vidal R., Muchembled J., Deweer. C., Tournant L., Corroyer N. et Flammier S., 2018.** Évaluation de l'intérêt de l'utilisation d'huiles essentielles dans des stratégies de protection des cultures. Innovations Agronomiques, INRAE, 63, 1-20P.
- **Watterson J.C., 1985** -Tomato diseases; a practical guide for seeds men, growers and agricultural advisors. Ed. potato seed company, 1-10P.

- **Yarrata A., 2013.** Etude des relations pucerons-virus en pomme de terre et perspectives de stratégies alternatives de lutte. Thèse à caractère personnel présentée en vue de l'obtention du grade de docteur en sciences agronomiques et ingénierie biologique. Université de Liege. 24P.

## **Résumé**

La pomme de terre est l'un des aliments importants parmi les ressources alimentaires humaines, cette dernière est menacée par plusieurs ravageurs dont beaucoup d'études ont été faites.

Ce présent travail consiste à contribuer à l'étude de la lutte biologique par l'effet insecticide des huiles essentielles contre la teigne de la pomme de terre à travers une synthèse bibliographique assez développée qui pourra permettre aux prochaines études et expérimentations d'avoir un support riche en informations et références.

Le but de ce travail est de promouvoir d'alternatives efficaces mais surtout saines à l'emploi des insecticides chimiques.

Mots clés : *Phthorimaea operculella*, *Solanum tuberosum* L., méthodes de lutte, huile essentielle.

## **Abstract**

The potato is one of the important foods among human food resources, the latter is threatened by several pests of which many studies have been made.

This present work consists in contributing to the study of the biological control by the insecticidal effect of essential oils against the potato moth through a fairly developed bibliographical synthesis which will allow future studies and experiments to have a support rich in information and references.

The aim of this work is to promote effective but above all healthy alternatives to the use of chemical insecticides.

Key words : *Phthorimaea operculella*, *Solanum tuberosum* L., control methods, essential oil.