

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA TERRE

DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

Réf :/UAMOB/F.SNV.ST/DEP.AGRO/2021



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Domaine : SNV

Filière : Sciences Agronomique

Spécialité : Phytopathologie

Présenté par :

REZKALLAH Amel et BOURAI Fatiha

Thème

Les maladies de colza

Soutenu le : 13 /07/2021

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom

Grade

Mme BOUBBEKA Nabila MCA Univ. De Bouira Présidente

Mme MAHDI Khadidja MCA

Univ. De Bouira

Promotrice

Mme MEBDOUA Samira MCB Univ. De Bouira Examinatrice

Année Universitaire : 2020/2021

Remerciements

Par les premières lignes de ce document, j'éprouve une immense gratitude et une reconnaissance infinie à l'égard de Dieu, créateur des Cieux et de la Terre, maître des temps et des circonstances, à mes deux parents qui par leur propos et encouragements me boostent et me poussent à aller aussi loin que possible, à poursuivre mes ambitions. En second lieu, je tiens à remercier notre encadrante Mme MAHDI Khadidja maître de Conférences au sein de la faculté SNV de l'université de Bouira pour l'orientation, la confiance, la patience qui a constitué un apport considérable sans lequel ce travail n'aurait pas pu être menée au bon port. Qu'elle trouve dans ce travail un hommage vivant à sa haute personnalité.

Je manifeste également une grande reconnaissance à tout le corps professoral de la Faculté des Sciences de vie et de nature je suis reconnaissante envers tous ses enseignants.

Mes vifs remerciements vont également au membre du jury composés de Mme BOUBEKKA N et Mme MEBDOUA S. maîtres de conférences au sein de la faculté SNV de l'université de Bouira, Pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant d'évaluer ce travail et de participer à la soutenance et pour l'intérêt qu'elles ont porté à notre recherche et de l'enrichir par leur proposition.

Je m'adresse mes plus sincères remerciements à tous mes proches ; mes camarades ; ma famille pour leurs aides précieuses. Merci à tous et à tout.

Enfin, du point de vue personnel, mes chaleureux remerciements vont à tous mes chers amis qui ont apporté leur support moral et intellectuel tout au long des années universitaires.

Le chemin a été long et pavé d'arbustes peut-être, l'aventure, jonchées d'adversités mais ce qui importe véritablement, c'est la finalité, le dénouement... Et je suis de ceux qui croient que, la fin d'une chose vaut mieux que son début... Au demeurant, que les bénédictions soient ! AMEL .

Dédicace

Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à ceux qui, quels que soient les termes embrassés, je n'arriverais jamais à leur exprimer mon amour sincère.

*A l'homme précieux, qui doit ma vie, ma réussite et tout mon respect :
mon cher père*

A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse: mon adorable mère.

A la mémoire de mes grands-parents : que dieu leur fasse miséricorde et leur pardonne et les mette en paix

A mon petit frère, dada et sa petite famille, nana et sa petite famille qui n'ont pas cessé de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études. Que Dieu les protège et leurs offre la chance et le bonheur.

A mes chères ami (e)s Pour leurs aides et supports dans les moments difficiles, je leur souhaite le meilleur.

A ma chère binôme, Pour sa entente et sa sympathie.

A ma famille, mes proches, à tous les cousins, les voisins et les amis que j'ai connu jusqu'à

Maintenant. Et à ceux qui me donnent de l'amour et de la vivacité.

A tous ceux que j'aime et ceux qui m'aiment.

Merci infiniment

Amel

Dédicace

Du profond de mon cœur, je dédie ce travail à tous ceux qui me sont chers,

A LA MEMOIRE DE MON PERE

Ce travail est dédié à mon père, décédé trop tôt, qui m'a toujours poussé et motivé dans mes études.

J'espère que, du monde qui est sien maintenant, il apprécie cet humble geste comme preuve de reconnaissance.

A ma très chère mère

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être

Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.

Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices. Puisse dieu, les très haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie.

A mes frères

Noureddine et sa petite familles particulièrement mon chouchou houhou , Messouada et sa petite familles, kenza, Hakim,, Mouloud ,Hamza ,Mouh ,Aissa : qui m'avez toujours soutenu et encouragé durant ces années d'études. Ainsi Pour ses soutiens moral et leurs conseils précieux Que Dieu les protège et leurs offre lachance et le bonheur. Et leur donne une longue et joyeuse vie.

A mon adorable petit frère Ghilas qui sait toujours comment procurer la joie et le bonheur pour toute la famille.

A tous mes amis

Qui m'ont toujours encouragé, et à qui je souhaite plus desuccès.

Sans oublier mon cher binôme Amel pour son soutien moral, sapatience et sa compréhension tout au long de ce projet.

A tous les cousins, les voisins. Merci pour leurs amours et leurs encouragements.

A tous ceux que j'aime

Fatiha

Sommaire

Remerciements

Dédicace

Liste des figure

Introduction	1
--------------------	---

Chapitre I : Données bibliographiques sur la culture du colza

I.1. Botanique et Ecophysiologie	3
I.1.1. Biologie du <i>Brassica napus</i>	3
I.1.1.1. Description générale	3
I.1.1.1.1. La classification botanique	4
I.1.1.1.1.1. Classification	4
I.2. Etude morphologique	5
I.2.1. Appareil végétatif	5
I.2.1.1. Système racinaire	5
I.2.1.2. Système aérien	5
I.3. Appareil reproducteur	5
I.3.1. La fleure	5
I.3.2. Les fruits	6
I.3.2.2. Qualité des graines	7
I.4. Développement et croissance du colza	7
I.4.1. Phase végétative	7
I.4.2. Phase reproductrice	8
I.4.3. Phase maturation	8
I.5. Variétés de la culture du colza	8
I.5.1. Colza d'hiver	8
I.5.2. Colza de printemps	9
I.6. Amélioration du colza	10
I.7. Exigences de la plante	10
I.7.1. Exigences climatiques	10
I.7.1.1. La température	10
I.7.1.2. La pluviométrie	11
I.7.2. Exigences pédologiques	11
I.7.2.1. Le sol	11
I.8. Nutrition minérale	11

Sommaire

I.9. Conduite technique de la culture.....	12
I.9.1. Travail de sol et préparation du lit de semence.....	12
I.9.2. Semis.....	12
I.9.3. Fertilisation.....	13
I.9.4. Désherbage.....	14
I.9.5. La récolte du colza.....	14
I.10. Importance du colza.....	15
I.10.1. Place dans la rotation.....	15
I.10.2. Le colza en rotation avec le blé.....	15
I.10.3. Le colza en rotation avec d'autres espèces.....	16
I.10.4. L'huile de colza.....	16
I.10.4.1. Qualité de l'huile.....	17
I.10.4.2. Qualité de tourteau.....	17
I.10.5. Alimentation humains.....	18
I.10.6. Biocarburant.....	18

Chapitre II : Données bibliographiques sur les ennemis du colza

II.1. Les ennemis de la culture de colza.....	20
II.1.1. Les maladies.....	20
II.1.1.1. Le sclérotinia du colza.....	20
II.1.1.2. Oïdium du colza.....	20
II.1.1.3. L'alternariadu colza.....	20
II.1.1.4. La cylindrosporiosedu colza.....	20
II.1.1.5. Phoma du colza.....	20
II.1.1.6. Autres maladies du colza : mildiou, hernie, pseudocecosporella.....	20
II.2. Insectes ravageurs du colza.....	20
II.2.1. Insectes ravageurs du colza en automne.....	20
II.2.2. La grosse altise (<i>Psylliodes chrysocephala</i> L.) et la petite altise (<i>Phyllotetra</i> sp.) ...	21
II.2.3. Les pucerons.....	21
II.2.4. Le charançon de bourgeon terminal (<i>Ceutorhynchus picitarsis</i> Gyll.).....	22
II.3. Insectes ravageurs du colza en printemps.....	23
II.3.1. Le charançon de la tige du colza (<i>Ceutorhynchus napi</i> Gyll.).....	23
II.3.2. La méligèthe du colza.....	23
II.4. Autres ravageurs de colza.....	24

Sommaire

II.5. Les mauvaises herbes de la culture de colza	24
II.5.1. Interaction entre mauvaises herbes et plantes cultivés	25
II.5.2. Gestion des adventices	26
II.5.2.1. Diversifier les rotations	26
II.5.2.2. Travail de sol en interculture.....	26
II.5.2.3. Le labour	26
II.5.2.4. Le faux-semis	27

Chapitre III : Les maladies de colza

III.1. Introduction sur les maladies de colza	28
III.2. Les maladies de colza.....	28
III.2.1. Description et nom scientifique.....	28
III.2.2. Cycle de développement.....	29
III.2.3. Symptôme et dégâts.....	30
III.2.4. La différence entre <i>L. maculans</i> et <i>L. biglobosa</i>	31
III.2.5. Méthodes de luttés	33
III.2.5.1. Contrôle génétique.....	33
III.2.5.2. Le contrôle cultural et la lutte chimique.....	33
III.2.5.3. Contrôle biologique et physique.....	34
III.3. Sclérotinia du colza (<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>).	35
III.3.1. Description et nom scientifique.....	35
III.3.2. Le cycle de vie de <i>S.sclerotiorum</i>	36
III.3.3. Symptômes et dégâts de la sclérotiniose	36
III.3.4. Méthodes de luttés	37
III.3.4.1. Pratiques culturales.....	37
III.3.4.2. Lutte chimique	38
III.3.4.3. Lutte biologique.....	38
III.4. L'œïdium (<i>Erysiphe cruciferarum</i>).	39
III.4.1. Description et nom scientifique.....	39
III.4.2. Cycle de développent.....	39
III.4.3. Symptômes et dégâts	40
III.4.4. Les moyens de luttés.....	41
III.5. Alternariose du colza (alternariose <i>brassicae</i>).	41
III.5.1. Description et nom scientifique.....	41

Sommaire

III.5.2. Cycle de développements	42
III.5.3. Symptômes et dégâts	43
III.5.4. Moyens de luttés	44
III.5.4.1. Lutte culturel.....	44
III.5.4.2. Lutte biologique.....	44
III.5.4.3. Lutte chimique.....	44
III.6. La Cylindrosporiose du colza (<i>Cylindrosporium concentricum</i> ,).....	45
III.6.1. Description et nom scientifique.....	45
III.6.2. Cycles de développements.....	46
III.6.3. Symptômes et dégâts.....	46
III.6.4. Moyens de luttés	46
III.7. La hernie de colza (<i>plasmodiophora brassicae</i>).	47
III.7.1. Descriptions et nom scientifique	47
III.7.2. Le cycle de vie de P. brassicae	48
III.7.3. Symptômes et dégâts	49
III.7.4. Moyens de lutte	50
III.7.4.1. Les pratiques culturales	50
III.7.4.2. Lutte chimique.....	51
III.7.4.3. Lutte biologique.....	51
III.7.4.4. La résistance génétique.....	52
III.8. Le Mildiou du colza (<i>peronosporosa brassicae</i>)	52
III.8.1. Description et nom scientifique.....	52
III.8.2. Cycle de développent.....	52
III.8.3. Symptômes et dégâts	53
III.8.4. Méthodes de luttés	54
III.9. <i>Pseudocercospora capsellae</i> (stade a sexué)	54
III.9.1. Description et nom scientifique.....	54
III.9.2. Cycle de développement.....	54
III.9.3. Symptômes et dégâts	55
III.9.4. Moyens de luttés	55
III.10. <i>Mycosphaerella capsellae</i> de colza (stade sexué).....	55
III.10.1. Description et nom scientifique.....	55
III.10.2. Cycles de développements.....	56

Sommaire

III.10.3. Symptômes et dégâts	56
III.10.4. Méthodes de luttés	58
III.10.4.1. Mesures agronomiques	58
III.10.4.2. Mesures phytosanitaires	58
III.10.4.3. Mesures génétiques.....	58
III.11. La verticilliose (<i>Verticillium dahliae</i>).....	58
III.11.1. Description.....	58
III.11.2. Cycle de développement.....	59
III.11.3. Symptômes et dégâts	60
III.11.4. Moyens de luttés	60
III.11.4.1. Moyens de lutte physique	61
III.11.4.2. La résistance génétique.....	61
III.11.4.3. Moyens de lutte chimique.....	61
III.12. Pourriture grise <i>Botrytis cinerea</i>	61
III.12.1. Description.....	61
III.12.2. Cycle de développement.....	62
III.12.3. Symptômes	63
III.12.3.1. Symptômes sur feuilles.....	63
III.12.3.2. Symptômes sur tiges	63
III.12.3.3. Symptômes sur fleurs	63
III.12.4. Moyens de luttés	64
III.12.4.1. Lutte culturale.....	64
III.12.4.2. Lutte chimique	65
III.12.4.3. Moyens biologique	65
Conclusion.....	67

Référence bibliographique

Résumé

Liste des Figures

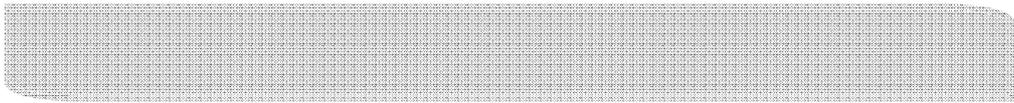
Liste des figure

Figure 1: Champs de culture du colza.....	4
Figure 2: Fleur de la culture du colza.....	5
Figure 3: Prise de vue d'une silique de colza.....	6
Figure 4: Composition de la graine du colza.....	7
Figure 5: Le cycle de développement de la culture de colza.....	8
Figure 6: Un champ de culture de colza (variété d'hiver).....	9
Figure 7: Champs de la culture de colza (colza du printemps).....	9
Figure 8: Un champ de la culture de colza (carence en soufre).....	12
Figure 9: Différentes techniques de semis pour le colza (semi directe ; strip -tell ; semoir ou mono graine).....	13
Figure 10: La fertilisation azotée de colza en fonction de la biomasse).....	14
Figure 11: Colza en rotation avec le blé.....	16
Figure 12: L'huile de colza.....	17
Figure 13: Pucerons cendrés repérés sur les siliques de colza.....	21
Figure 14: Pucerons verts sur feuille de colza.....	22
Figure 15: Le charançon de bourgeon terminal.....	22
Figure 16: Charançon de la tige du colza.....	23
Figure 17: <i>Meligèthes</i> sur colza : le vol s'intensifie.....	24
Figure 18: Un champ de ray- Grass.....	24
Figure 19: Champs de colza envahi par les matricaires.....	25
Figure 20: Gaillet se développe dans un champ de colza.....	25
Figure 21: Le phoma sur le colza (<i>Leptosphaeria maculans</i>).....	29
Figure 22: Dégâts du (<i>Leptosphaeria maculans</i>) sur les feuilles du colza.....	31
Figure 23: Dégâts du colza (<i>Leptosphaeria maculans</i>) sur le collet.....	31
Figure 24: Macules de phoma observe en automne sur colza.....	32
Figure 25: La différence entre à <i>Leptosphaeria maculans</i> et <i>Leptosphaeria biglobosa</i>	33
Figure 26: Sclérotinia (<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>) du colza.....	35
Figure 27: Contamination par les pétales à l'aisselle des feuilles.....	37
Figure 28: l'oïdium (<i>Erysiphe cruciferarum</i>) sur le colza.....	39
Figure 29: L'oïdium (<i>Erysiphe cruciferarum</i>) sur les siliques de colza.....	40
Figure 30: L'oïdium (<i>Erysiphe cruciferarum</i>) sur le colza.....	41
Figure 31: Alternaria de colza (<i>alternariose brassicae</i>).....	42
Figure 32: Taches noires sur la tige très allongées au centre qui s'éclaircissent au fil du temps.....	43
Figure 33: Petites taches noires sur les siliques circulaires aux contours nets.....	44
Figure 34: La cylindrosporios (<i>Cylindrosporium concentricum</i>) sur le colza.....	45
Figure 35: La cylindrosporiose (<i>Cylindrosporium concentricum</i>) sur une feuille de colza....	46
Figure 36: La hernie (<i>P. brassicae</i>) de colza.....	48
Figure 37: Hernie des crucifères (<i>P. brassicae</i>).....	50
Figure 38: Mildiou (<i>peronosporosa brassicae</i>) sur le colza.....	53
Figure 39: Mildiou (<i>peronosporosa brassicae</i>) sur la feuille de colza.....	53

Liste des Figures

Figure 40: <i>Pseudocercospora capsellae</i> sur le colza.....	54
Figure 41: <i>Mycosphaerella capsellae</i> sur le colza	56
Figure 42: <i>Mycosphaerella capsellae</i> sur feuille de colza	57
Figure 43: <i>Mycosphaerella</i> sur tiges	57
Figure 44: <i>Mycosphaerella</i> sur silique.....	57
Figure 45: Verticilliose sur plante tournesole.....	59
Figure 46: Symptômes de Verticilliose sur plante tournesole	60
Figure 47: Botrytis ssp. Sur tournesol.....	62
Figure 48: Botrytis sur le tournesol	64

Introduction



Introduction

Le colza (*Brassica napus* L.) du point de vue étymologique, le colza vient du mot néerlandais *Koozaad* qui signifie littéralement graine de chou. Il est parmi les cultures qui ont été domestiquées par l'homme il y a très longtemps. Les références à son utilisation apparaissent dans les anciens écrits de la civilisation européenne et asiatique. Il a été rapporté que cette espèce a été cultivée en Inde bien avant 2000 ans avant J.C. et a été introduite en Chine et au Japon à peu près durant la période du Christ. En revanche, la culture n'a été développée en Europe que vers le 13^{ème} siècle (**Hougen et Stefansson, 1982**). Le colza appartient à la famille des crucifères ou récemment (*brassicaceae*) genre *Brassica*, genre dans lequel on trouve de très nombreuses espèces potagères. Les plantes constituant ce groupe sont des plantes herbacées annuelles dont les fleurs groupées en grappes sont terminales. Les fruits sont des siliques (**Nabloussi, 2015**).

Le colza (*Brassica napus*) résulte d'hybridation d'un chou (*Brassica oleracea*) et d'un navet (*Brassica campestris*). Le colza est un amphidiploïde naturel (Plante résultant du dédoublement du nombre de chromosomes d'un hybride interspécifique), la création d'un colza synthétique a été réalisée à partir de ces espèces (chou et navette) (**GNIS 2009**). C'est une culture oléagineuse largement répandue dans le monde, notamment dans les zones à climat tempéré et relativement froid (colza d'hiver) et les zones à climat méditerranéen et relativement chaud (colza de printemps). Elle est destinée essentiellement à l'extraction de l'huile à partir de ses graines pour des fins alimentaires et industrielles. (**Nabloussi, 2015**). Les statistiques les plus récentes de la FAO montrent que le colza est devenu en 2010 la deuxième culture oléagineuse du monde après le soja, avec un peu plus de 59 millions de tonnes de graines (**FAO, 2012**).

Comme toute plante cultivée, le colza est affecté par plusieurs maladies et attaqué par un cortège de ravageurs. Les maladies de colza les plus présentes à travers le monde sont l'oïdium, l'alternaria, le sclérotinia, la cylindrosporiose, le mildiou des crucifères et le phoma. Cependant, ce dernier reste l'ennemi le plus redoutable du colza, notamment dans les pays à climat tempéré. Il n'y a pas de stratégie globale de lutte contre ces maladies, chacune d'elles doit faire l'objet d'une action particulière. La première maladie est causée par le champignon *Sclerotinia clerotiorum*. L'infection affaiblit la tige de la plante conduit à des pertes dues à la verse et maturation précoce (échaudage). Sur les parcelles à risques, il faut réaliser un traitement systématique entre le début de la floraison et le début de la chute des pétales (**Deklab, 2015**).

Introduction

.Par ailleurs, le colza permet aux insectes de se reproduire et pratiquement tous ses organes (pétiole, tige, silique, fleurs...) peuvent servir de lieu de ponte ou de site de développement des larves (**Cetiom, 1988**).

La culture du colza reste particulièrement évolutive grâce au progrès continu de la recherche en agronomie et en génétique. L'intérêt croissant des agriculteurs pour cette culture et le dynamisme des travaux de recherche, à travers le monde, ont permis d'adapter cette

Plante aux défis et aux besoins de l'agriculture du 21^{ème} siècle : c'est-à-dire une culture rentable dans le cadre d'une agriculture raisonnée et durable (**Nabloussi, 2015**).

Le présent travail est une synthèse bibliographique sur les différents travaux de recherche concernant les maladies qui se développent sur la culture du colza. Il s'étale sur 3 chapitres. Le premier chapitre résume les généralités sur la culture du colza. Le deuxième chapitre renferme les généralités sur les problèmes phytosanitaires et les bioagresseurs des cultures. Une revue bibliographique sur les maladies de la culture du colza est dressée dans le chapitre trois. Ce document se termine par une conclusion et des perspectives.

***Chapitre I : Données
bibliographiques sur la culture
du colza***



I.1. Botanique et Ecophysiologie

I.1.1. Biologie du *Brassica napus*

I.1.1.1. Description générale

Le colza (*Brassica napus*) est cultivé depuis très longtemps. Il appartient à la famille des crucifères, ou Brassicacées, c'est-à-dire à la famille de la moutarde. Le mot « Crucifères » signifie « qui portent un croix » et fait allusion à la forme des fleurs, dont les quatre pétales sont disposés en forme de croix. Le *B. napus* a des feuilles vertes bleuâtres foncées, glauques, glabres ou portant quelques poils épars près de la marge, partiellement embrassantes. (Figure 1). La tige est assez ramifiée, mais ce caractère varie selon les variétés et les conditions du milieu, les ramifications prennent naissance à l'aisselle des feuilles supérieures de la tige, et chacune se termine par une inflorescence. L'inflorescence est une grappe allongée de fleurs jaunes rassemblées aux extrémités mais ne dépassant pas les bourgeons terminaux. Les fleurs s'ouvrent successivement à partir de la base de l'inflorescence (Musil, 1950). Il existe deux types de colza : le colza oléagineux, dont le canola est un type aux qualités particulières et le rutabaga, ou navet du Québec.

Le colza oléagineux, *Brassica napus* L. var. *oleifera* Metzg, est une espèce amphidiploïde issue de l'hybridation spontanée de *Brassica rapa* (Navet) et *Brassica oleracea* (Chou) lors de laquelle il a reçu l'ensemble des chromosomes diploïdes des deux génomes parentaux (Snowdon *et al.* 2002). Il se reproduit généralement par autofécondation bien qu'un taux de 10 à 30% d'allo fécondation ait été reformes de printemps et d'hiver (Rakow et Woods, 1987). Au regard de la gestion des ravageurs, les repousses de colza colonisant la culture suivante ou les bordures de parcelle (Pessel *et al.* 2001), sont des plantes hôtes qui participent au maintien et à la propagation des nuisibles mais constituent aussi des plantes relais pour les auxiliaires (Ires Pickett et Bugg, 1998). De même, les Brassicaceae spontanées comme la ravenelle, la sanve, la capselle bourse-à-pasteur sont des habitats refuges secondaires que les complexes d'espèces inféodées au colza colonisent également (Jourdeuil, 1960).

Le colza d'hiver est semé à l'automne, entre fin août à début septembre dans le Nord et l'Est de la France et de fin septembre à début octobre dans le Sud-Ouest (Poulain & Barloy, 2012). Il lève les semaines qui suivent, traverse l'hiver au stade rosette et poursuit sa croissance à travers différents stades végétatif (Pilorgé *et al.* 1997). Les stades de sensibilité critiques vis-à-vis des ravageurs se situent soit en début d'hiver (formation de la rosette), à la

sortie de l'hiver (reprise végétative et l'élongation des tiges), ou en début d'été (élaboration du rendement : remplissage des gousses et formation des graines. En effet, les variétés de *B. napus* exigent en moyenne 105 jours de culture du semis à la récolte. (Pilorgé *et al.* 1997).



Figure 1: Champs de culture du colza (Mercenier, 2020).

I.1.1.1.1. La classification botanique

Le nom botanique des colzas cultivés et appartenant à la famille des crucifères (ou *Brassicacées*) est *Brassica napus*. Le genre *Brassica* est très important du point de vue des espèces cultivées. (Mounnah, 2008).

I.1.1.1.1.1. Classification

Classification botanique phyllogénétique du colza (Mounnah, 2008).

Règne :	Plantae
Sous-règne :	Tracheobionta
Division :	Magnoliophyta
Classe :	Magnoliopsida
Sous-classe :	Dilleniidae
Ordre :	Capparales
Famille :	Brassicaceae
Genre :	<i>Brassica</i>



Figure 2: Fleur de la culture du colza (Christensec, 2009).

I.2. Etude morphologique

I.2.1. Appareil végétatif

L'appareil végétatif du colza, comme toute les plantes, se compose de deux systèmes, aériens et racinaires.

I.2.1.1. Système racinaire

S'accroît très rapidement, formant un pivot qui va devenir profond et épais, où la plantule accumule des réserves sur toute sa longueur, le pivot émet des racines secondaires nombreuses (Boyeldieu, 1991).

I.2.1.2. Système aérien

Elle se forme d'une tige rameuse et feuilles glabres. Les feuilles inférieures sont pétiolées et découpées, les supérieures sont lancéolées et entières. (Boyeldieu, 1991).

I.3. Appareil reproducteur

Chaque ramification de la tige porte une inflorescence, formant une grappe simple à croissance indéfinie (Boyelideu, 1991, Gand et Jussiaux M., 1980), qui portent des fleurs de couleur jaune vif foncé à blanc crème (Soltner, 1986).

I.3.1. La fleur

La fleur du colza(Figure 3) est hermaphrodite, la fécondation est autogame, en moyenne, on observe 2/3 d'autofécondation (70 %), et 1/3 de fécondation croisée (30 %) (Bendis, 1984). Elle est composée de :

- ✓ Un calice à 4 sépales libres de couleur verte.
- ✓ Une corolle à 4 pétales libres de couleur jaune.

- ✓ les organes de reproduction comprennent 6 étamines, quatre sont longues avec des anthères situées au-dessus du stigmate, favorise l'autopollinisation.

Un pistil qui se situe au centre de la fleur à ovaire libre contenant deux carpelles à placentation pariétale, surmonté d'un style comportant un stigmate discoïde (**Boyeldieu, 1991**).

- ✓ La fleur présente aussi 4 nectaires situés à la base des étamines très accessibles aux insectes (petites masse jaunâtres) (**Renard et al, 1992**).

I.3.2. Les fruits

Après la floraison, chaque fleur donne une silique à valvée convexe de 5 à 10 cm de long, qui sont déhiscentes à la maturité, chaque silique contient environ 20 petites graines exalbuminées, (2 à 2.5 mm de diamètre) ayant une teneur en huile variable selon les variétés (**Boyeldieu, 1991**).

I.3.2.1. La graine du colza

La graine de colza se détache de ses siliques après le battage (**Figure 4**). Le produit le plus connu du Colza est l'huile. L'extrait de ses graines constitue les principales matières grasses d'origine végétale, consommées dans le monde. (**Anonyme, 1981**).

En outre, une fois extraite il en résulte des résidus qui sont les tourteaux connaissant un regain d'intérêt, notamment pour l'alimentation des animaux monogastriques, grâce à l'amélioration de leur qualité et leur richesse en protéine (**Anonyme, 1981**).

Le Colza contient environ 36 à 40% d'huile et une quantité de protéine qui est égale à 30%. L'huile du Colza est formée d'acides saturés et insaturés. (**Figure 4**) (**Oil World, 2004**)



Figure 5 : Prise de vue d'une silique de colza (**Meier, 2016**).

I.3.2.2. Qualité des graines

D'après Soltner, (1999) la conservation des graines de colza se fait à la ferme en cellules, il est différent de celle des céréales, l'humidité des graines en équilibre avec celle de l'air est de 9%, pas trop humide, pour éviter l'altération de l'huile dans deux cas.

Pour les bonnes règles de conservation de la graine de colza il faut Récolter des graines saines, Eliminer les impuretés au nettoyeur-séparateur (les impuretés sont plus humides et créent des foyers d'échauffement). Il faut aussi Refroidir progressivement les graines dans les cellules de stockage par «dose de ventilation» pour ramener les graines à 10°C à l'entrée de l'hiver. Il faut aussi contrôler régulièrement la température de la masse pour détecter tout début d'échauffement. De même, il est nécessaire d'utiliser des ventilateurs plus puissants que pour le blé ou réduire la hauteur de chargement des cellules si l'installation a été réalisée.

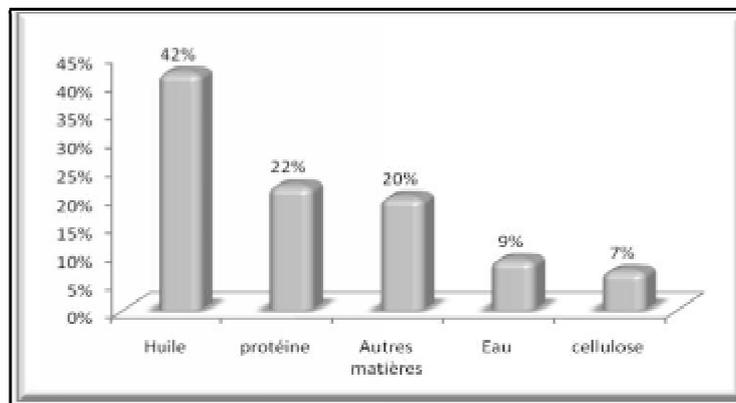


Figure 6 : Composition de la graine du colza (Oil World 2004).

I.4. Développement et croissance du colza (figure 5)

I.4.1. Phase végétative

Semé en automne, le colza d'hiver étale d'abord au-dessus du sol ses deux cotylédons (germination épigée), puis développe une vingtaine de feuilles formant avant l'hiver, une rosette. Au début de l'hiver, la plante possède une tige de 2 à 3 cm, ou de 10 à 20 cm, selon les conditions écologiques ou variétales. Parallèlement à la formation de cette rosette de feuilles, le système racinaire se développe en pivot et la plante y accumule les réserves qui seront utilisées au moment de la montée, de la ramification des tiges et de la maturation. (Cetiom, 2005)

I.4.2. Phase reproductrice

A la fin de l'hiver débute la montée : l'inflorescence s'ébauche au sommet de la tige, et parallèlement commence l'élongation des entre-nœuds supérieurs. La floraison débute bien avant que la tige n'ait atteint sa taille définitive, la ramification de la tige se produit alors que la montée et la floraison se poursuivent. Très échelonnée, la floraison dure de 4 à 6 semaines à l'échelle de la plante, elle est à autogamie prépondérante (70% en moyenne) (Cetiom, 2005)

I.4.3. Phase maturation

La formation du fruit est assez rapide. La maturité des graines est acquise en 6 à 7 semaines après la fécondation. A maturité, le moindre choc peut provoquer la déhiscence de la silique et la chute des graines. (Cetiom, 2005)

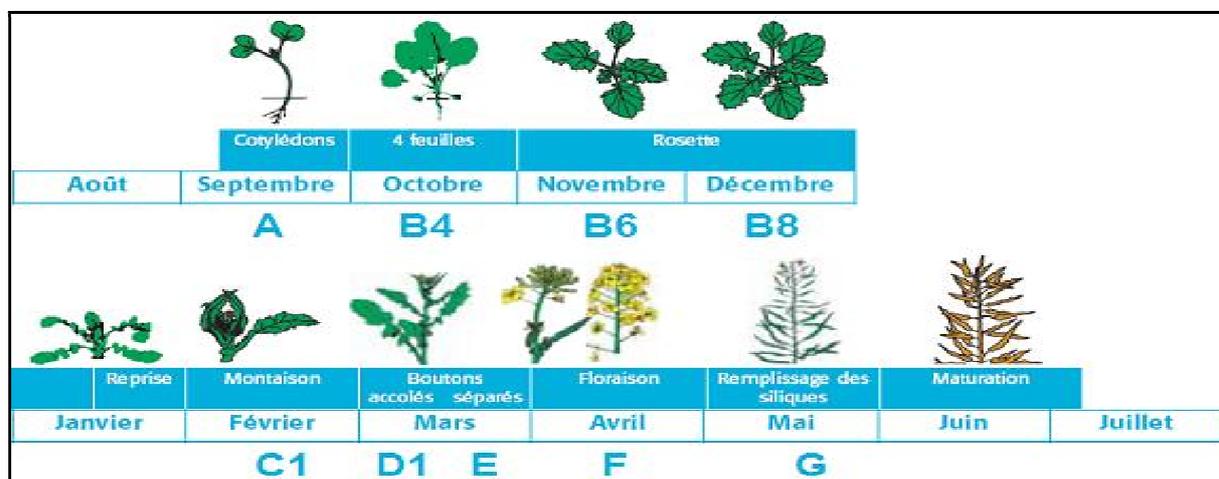


Figure 7: Le cycle de développement de la culture de colza (Yara, 2021).

I.5. Variétés de la culture du colza

Il existe deux principaux types de colza :

I.5.1. Colza d'hiver

À phase rosette longue, qui demande pour accomplir son cycle végétatif une période hivernale vernalisante ($< 7^{\circ}\text{C}$ pendant au moins 40 jours), puis une photopériode longue, il possède une certaine résistance au froid. (Figure 8) Ce type du colza prend la durée de cycle varie entre 250 et 300 jours avec une somme de température de 1700 à 1800 C° (Boyelidieu, 1991). Le colza d'hiver est caractérisé par sa résistance à des degrés de froid de moins de (-20°C) (Soltner, 1999).



Figure 9: Un champ de culture de colza (variété d'hiver) (Sdiste, 2009).

I.5.2. Colza de printemps

Phase rosette très courte, qui ne nécessite aucune phase vernalisante, mais requiert des jours longs, il est sensible au froid. (Figure 7). A l'automne, les organes racinaires (pivot + racines secondaires) représentent 50% de la biomasse totale. Lors de la phase printanière, l'accumulation de matière sèche est essentiellement le fait de l'accroissement des tiges et des ramifications, ceci jusqu'au stade G4 (voir annexes). Au-delà, seules les silicules concourent à l'augmentation de la matière sèche. Le colza de printemps nécessite une durée globale du cycle de développement qui varie entre 120 à 150 jours, pour une somme de température de 1200 à 1400 C° (Boyelidieu, 1991) (Cetiom, 2005)



Figure 10: Champs de la culture de colza (colza du printemps) (Guichon, 2020).

I.6. Amélioration du colza

Les premiers travaux de sélection ont été lancés en Europe par LAMBKE vers 1911 et l'institut de SVALOV. Vers 1940 des programmes importants ont également été évalués au Japon, en Chine, en Australie et surtout au Canada. Jusqu'à 1970 toutes ces recherches d'amélioration de colza portaient sur la productivité, la richesse des graines en huiles, résistances aux maladies et aux herbicides. (Renard *et al*, 1992).

D'après Renard *et al*, (1992) ces recherches ont donné des résultats significatifs à cause de l'existence d'une grande variabilité génétique chez les colzas caractérisés par une huile riche en acide érucique qui provoque des lésions cardiaques et à haute température donne des odeurs désagréables.

Selon Morice, (1989) les premières recherches d'amélioration de colza après 1970, touchent la qualité de l'huile par la création de variétés nouvelles dites simples zéros '0' sans acide érucique. Après l'extraction des huiles à partir du colza le tourteau est utilisé en alimentation animale grâce à sa teneur élevée en protéines. En effet, l'incorporation du tourteau de colza dans la ration des monogastriques, se heurtait à l'existence de constitués soufrés est les glucosinolates, ayant un effet répulsif sur les animaux.

D'après Messane, (1994) les chercheurs d'amélioration de colza ont été consacrés à l'abaissement de la teneur en constituants du tourteau par la création de variétés dites doubles zéros '00', dont la teneur en glucosinolates a été progressivement abaissée.

I.7. Exigences de la plante

I.7.1. Exigences climatiques

Le colza est une plante qu'on rencontre dans les conditions climatiques très diverses, des régions tropicales jusqu'au sud antarctique (Anonyme, 1979).

I.7.1.1. La température

Le colza est le type même de plante de zone tempérée. Il préfère les températures modérées inférieures. La température est un facteur majeur de variation de la production en raison des risques de gelées hivernales et printanières, d'une part, et des hautes températures durant la période de floraison et de formation de siliques, d'autre part. Pour la germination des semences de colza, la température du sol doit être supérieure à 5°C (Morrison *et al*. 1989 ; Akhtar, 1993). Durant la levée, la température du sol est plus influente sur le développement de la plantule que la température de l'air. Le zéro de croissance de la culture du colza est proche de 0°C. Cependant, elle reste très sensible au gel du feuillage pendant la phase hivernale qui peut survenir dès que la température minimale descend en dessous de -

4°C. Le colza de printemps accuse des dégâts foliaires dès - 8°C et la température létale se situe autour de -15°C (**Brisson et Levraut, 2010**). La durée et l'étalement de la floraison sont réduits dans le cas de faibles températures (**Downey et al. 1980**). En revanche, des températures douces en post-floraison (entre 10 et 15°C) sont plus favorables à la biosynthèse de l'huile de la graine que les températures élevées dépassant 25°C (**Akhtar, 1993**). La somme de températures moyenne requise depuis le semis jusqu'à la floraison se situe entre 950 et 1000 degrés-jours à 25°C pendant la phase végétative (**Boukrtoue, 1993**).

I.7.1.2. La pluviométrie

Le colza présente une phase de sensibilité à la sécheresse qui se situe de part et d'autre de la floraison à la période remplissage des siliques, qui a des répercussions sur le poids des graines et la teneur en huile. (**Merrien 1984**) **Soltner (1988)** notez que la période de sensibilité maximale à la sécheresse pour le poids en graines est au stade bouton floral jusqu'à la fin floraison. Tandis que la période de sensibilité maximale pour la teneur en huile se situe de la pleine floraison jusqu'au début de maturation des graines. Le colza, pour accomplir son cycle exige au minimum 400 mm d'eau par an (**Goddard, 1980**).

I.7.2. Exigences pédologiques

I.7.2.1. Le sol

Le colza préfère les sols riches, profonds, ameublés et conservant une certaine humidité tout en étant bien drainés. Il ne tolère pas les sols mal drainés ou inondés (**Sattell et al. 1998**). Cependant, il peut être cultivé sur une large gamme de types de sol. Les sols argilo-sablonneux très fins, argilo-limoneux et argileux lui sont très convenables (**Akhtar, 1993**). Par contre, les sols sablonneux ne sont pas recommandés pour la culture du colza à cause de leur faible capacité de rétention de l'eau. Le meilleur pH du sol se situe entre 6 et 8,5.

I.8. Nutrition minérale

Les besoins du colza en éléments minéraux sont importants et restent liés aux objectifs des rendements visés. (**Figure 11**) Cependant, les restitutions sont très grandes et atteignent en moyenne 50, 31 et 91%, respectivement pour l'azote, le phosphore et la potasse à condition de restituer les résidus de récolte et les incorporer au sol. En sol riche, l'apport des éléments minéraux servira à entretenir et à compenser les exportations, alors qu'en sol pauvre, l'apport servira, en plus de la couverture des besoins à redresser les réserves (**Zerrari et Moustouli, 2001**).



Figure 12: Un champ de la culture de colza (carence en soufre) (Yara, 2019).

I.9. Conduite technique de la culture

I.9.1. Travail de sol et préparation du lit de semence

Le colza fait partie des cultures qui sont exigeantes en matière du travail du sol. (Figure 9). Un long intervalle entre la récolte de la culture précédente et le semis du colza permet une bonne décomposition de la paille par l'action d'un travail du sol adéquat. Pour y parvenir, l'agriculteur doit planifier sa rotation de cultures en choisissant une variété de blé précoce, ou mieux encore de l'orge, comme précédent cultural. Suivant le matériel disponible, le labour peut être réalisé soit à l'aide d'une charrue à socs, une charrue à disques ou bien un chisel, à condition de travailler le sol sec, avant les premières pluies, et de faire un passage croisé. Après labour, le sol doit être préparé en passant un vibroculteur ou un covercrop pour émietter les grosses mottes et niveler la surface (Combara, 1989).

I.9.2. Semis

Le semis du colza doit se faire dans un sol suffisamment réchauffé d'une température de 8 à 10°C à une profondeur inférieure à 5 cm. De cette façon, la germination est rapide et la levée s'effectue le plus rapidement possible, favorisant l'enracinement. Au pays méditerranés il faut semer le plus tôt possible à partir de la mi-octobre. L'époque idéale s'étale du 15 octobre au 15 novembre. Les semis tardifs risquent d'être pénalisés par une mauvaise alimentation en eau durant le printemps et donc par une chute des rendements en graine et en huile. En revanche, la teneur en protéine et la teneur en glucosinolates augmentent avec le retard des semis. Pour le calcul de la dose de semis, il faut tenir compte de l'objectif du peuplement à atteindre, des pertes totales estimées à la levée et du poids de 1000 graines (Cetiom, 1993). Pour avoir 40 à 60 pieds par m² à la sortie de l'hiver, il faut semer 2 à 4 kg de semence par ha. Le semis peut s'effectuer avec un semoir pneumatique (en général à 40 cm

d'écartement) à des doses de l'ordre de 2 kg de semence par hectare. Si l'on doit semer avec un semoir à céréales, il est préférable de semer à écartement réduit (17 à 20 cm entre lignes), à dose de 3 à 5 kg/ha. La profondeur sera toujours faible, 2 à 3 cm au plus, et le semis ne sera roulé qu'en cas de sécheresse ou de surface trop motteuse (**Boyeldieu, 1991**). Le semis doit être effectué lentement avec une vitesse de travail du tracteur ne dépassant pas 4 km/h en sol caillouteux ou motteux et 6 km/h dans les autres situations (**Cetiom, 1993**).



Figure 13: Différentes techniques de semis pour le colza (semi directe ; strip -tell ; semoir ou mono graine) (**Cortiva, 2019**).

I.9.3. Fertilisation

La fertilisation doit être raisonnée en fonction des besoins en éléments fertilisants tout au long du cycle de la culture, d'une part, et du type de sol et de sa richesse en éléments minéraux, d'autre part. (**Figure 10**) Par exemple Pour produire un rendement de 30 q/ha, les besoins de la culture du colza de printemps s'élèvent à 156 kg/ha d'azote, 84 kg/ha de phosphore, 165 kg/ha de potasse, 228 kg/ha de chaux, 24 kg/ha de magnésium et 128 kg/ha de soufre. Les quantités restituées au sol sont respectivement 56, 32, 136, 205, 10 et 90 kg/ha (**Cetiom, 1988**).



Figure 14: La fertilisation azotée de colza en fonction de la biomasse (Jung, 2018).

I.9.4. Désherbage

Il est important que le colza soit débarrassé de la concurrence des mauvaises herbes tôt avant la reprise de la végétation. Le contrôle des principales mauvaises herbes les plus gênantes est suffisant pour ne pas handicaper l'implantation et le rendement de la culture, pour cela, il faut reconnaître les espèces qui infestent la culture et sélectionner les produits efficaces contre ces espèces. Il faut prendre en considération que le désherbage du colza est difficile à rentabiliser et coûte souvent trop cher, mais le colza peut supporter un certain enherbement (Essahat, 1995).

Les dicotylédones constituent plus de 80% de la flore rencontrée dans les champs de colza (Compara, 1990). La contrainte majeure réside dans la concurrence des espèces crucifères entrant en compétition précoce avec le colza, d'où l'intérêt d'un traitement chimique de pré-semis. En plus du traitement chimique, le recours au binage peut contribuer à mieux contrôler les adventices, améliorer l'aération du sol, faciliter l'infiltration des eaux de pluies et réduire l'évaporation de l'eau. Des expérimentations menées ont montré que la meilleure stratégie de désherbage du colza consiste à faire un traitement chimique de pré-semis combiné à un ou plusieurs binages effectués à un stade précoce avant la reprise de la végétation (Essahat *et al.* 1997).

I.9.5. La récolte du colza

La récolte du colza est une opération dure qui nécessite un grand soin pour l'effectuer dans les meilleures conditions, et ce pour deux raisons. La première est le problème de déhiscence des siliques à maturité avancée conduisant à une chute de graines ou à ce qu'on appelle égrenage. La deuxième raison est l'échelonnement de la maturité des siliques de la

même plante dû à un échelonnement de la floraison, phénomène typique des plantes à croissance indéterminée comme le colza. Une récolte très précoce (humidité des graines > 20%) cause aussi bien des pertes importantes de siliques vertes non battues et de graines que des pertes au raffinage de l'huile. Une récolte tardive implique l'égrenage. La date de récolte serait optimale à une humidité de la graine située entre 9 et 15% (**Boyeldieu, 1991**).

Cependant, cette date est très influencée par l'environnement de la culture et par le mode de la récolte. Deux techniques de récolte sont utilisables : la récolte directe et la récolte par andaïnage. La récolte directe se fait à l'aide de la moissonneuse batteuse. Il faut récolter avant l'égrenage des siliques les plus mûres (celles du haut) et lorsque toutes les siliques s'ouvrent facilement au battage. A ce stade, les graines les plus avancées sont noires et les autres sont brunes avec une humidité entre 9 et 15% (**Comrarra, 1989**). Il est recommandé d'utiliser une machine à large barre de coupe afin de réduire le nombre de passages et d'éviter de récolter pendant les heures chaudes de la journée. Il est conseillé de réduire la vitesse des éléments qui entrent en contact avec les plantes. Pour réduire les pertes liées aux rabatteurs et aux diviseurs de la moissonneuse-batteuse, il serait convenable de se passer des rabatteurs en essayant de les relever au maximum et d'équiper les diviseurs de scies latérales pour limiter les effets d'arrachement. L'andaïnage, ou récolte indirecte, consiste à couper les plantes de colza précocement quand l'humidité des graines est entre 25 et 35% et à laisser dessécher jusqu'à un niveau d'humidité de l'ordre de 9% avant de reprendre ces plantes coupées ou andains à la moissonneuse batteuse pour battage (**Cetiom, 1993**). L'avantage de cette technique est qu'elle assure une meilleure homogénéité de la maturation de siliques de la base et donc une limitation des risques d'égrenage (**Hebinger et Pinochet, 2013**).

I.10. Importance du colza

I.10.1. Place dans la rotation

L'intérêt du colza comme tête de rotation dans les systèmes céréaliers est reconnu depuis longtemps, en effet, les restitutions d'azote, de potasse et de soufre à la récolte sont intéressantes en termes de fertilisation. Le colza est aussi considéré comme permettant de limiter les facteurs de risque face aux mycotoxines se développant dans de nombreuses espèces, dont les céréales. (**Yara, 2016**).

I.10.2. Le colza en rotation avec le blé

D'après (**Cetiom, 2010**) un gain net d'environ 10 % sur le rendement d'une culture de blé tendre qui suit un colza, comparé à une monoculture de blé. De même auteur indique

qu'une augmentation de 27 % du rendement en blé en moyenne sur quatre ans. La qualité de la récolte est également améliorée, avec un gain de poids spécifique de 1,1 et maintien de la teneur en protéines malgré une fertilisation azotée constante. **(Figure 11)**

D'après **(Yara, 2016)** Un blé de colza a également des avantages environnementaux et économiques comparés à un blé de blé :

- ✓ L'implantation se fait sur un sol plus meuble et nécessite donc un travail du sol moins important, ce qui se traduit par une baisse de la consommation d'énergie et de l'émission des gaz à effet de serre
- ✓ La flore adventice est mieux maîtrisée et la pression parasitaire plus faible, ce qui se traduit par une baisse des coûts des produits phytosanitaires.

I.10.3. Le colza en rotation avec d'autres espèces

Le tournesol, culture de printemps, est souvent implanté après un colza, Les problèmes principalement relevés dans cette association sont d'ordre sanitaire. Colza et Tournesol sont attaqués par la pourriture blanche provoquée par le champignon *Sclerotinia sclerotiorum*. Cette maladie n'est pas contrôlable sur tournesol. Une attaque de ce champignon peut donc entraîner une contamination du sol longue à se résorber. **(Yara, 2016)**



Figure 15: Colza en rotation avec le blé **(Yara, 2016)**.

I.10.4. L'huile de colza

L'huile de colza a une couleur variant du jaune au jaune d'or. **(Figure 12)** Les seules variétés admises pour l'alimentation humaine sont celles sans acide érucique dites '0' (simple zéro dont les premières ont été sélectionnées à la fin des années 60). Leur intérêt au plan

nutritionnel réside dans la composition équilibrée de leur huile en acide gras. En effet, cette huile ne contient que 7 à 8% d'acides gras saturés, plus de 60% d'acide gras mono insaturé (acide oléique) et approximativement 30% d'acides gras polyinsaturés, dont 21% d'acide linoléique, acide gras essentiel précurseur de la famille des acides gras oméga 6 et 9% d'acide alpha-linoléique, acide gras essentiel précurseur de la famille des acides gras oméga 3. L'huile de colza est donc une source des deux acides gras essentiels indispensables à l'organisme et une source importante d'oméga 3 que l'homme ne consomme pas en quantité suffisante et qui ont un rôle important dans la prévention des maladies cardiovasculaires (FAO/OMS, 1977).

I.10.4.1. Qualité de l'huile

La qualité de l'huile est principalement déterminée par la composition en acide gras. Pour l'alimentation humaine, il a été décidé de sélectionner des variétés de colza sans acide érucique (Soltner, 1999). Ce même auteur rapporte qu'en 1970 l'acide érucique (en 2) dont l'huile de colza était très riche fut accusé d'effet négatif pour la santé humaine, À partir de 1973 les premières variétés « primo sans acide érucique et productives ont été sélectionnées.



Figure 16: L'huile de colza (Godineau, 2020).

I.10.4.2. Qualité de tourteau

D'après Renard, (1992) l'amélioration de la qualité du tourteau de colza concerne également la teneur en protéines surtout, depuis le développement des techniques de transfert de gènes, la composition en acides aminés des protéines de réserves. Soltner, (1999) rapporte que Le tourteau du colza a trois inconvénients :

- ✓ Une teneur trop élevée en glucosinolates provoquant l'hypertrophie du foie, des reins et thyroïde et des chutes de croissance.
- ✓ Un goût peu apprécié par les bovins, surtout des vaches laitières provoquant inappétence et un refus.
- ✓ Une teneur trop élevée en cellulose assure un abaissement de la digestibilité de l'azote et de l'énergie.

D'après **Soltner (1987)** les sélectionneurs et les technologues ont corrigé de plus en plus ces inconvénients par :

- ✓ Création des variétés et sélectionnée des variétés dit doubles zéros '00' sans acide érucique ni glucosinolates.
- ✓ Améliorer l'appétibilité de la consommation par l'abaissement de la teneur en glucosinolates.
- ✓ Création des variétés à un taux de cellulose réduit par dépelliculage.
- ✓ Améliorer le nouveau tourteau de colza, particulièrement par l'équilibre en acides aminés et en éléments minéraux.

I.10.5. Alimentation humains

Environ 60% des deux acides gras essentiels (alpha-linoléique et linoléique) de l'huile de colza se trouvent en position interne des triglycérides et par conséquent sont bio disponibles pour l'organisme. La consommation quotidienne d'huile de colza permet de maintenir les paramètres lipidiques sanguins à un niveau favorable à la prévention de la formation de la thrombose artérielle et l'hypertension chez des sujets sains (**Vles et Gottenbos, 1989**). Après extraction de l'huile des graines de colza oléagineux, les résidus sont valorisés sous forme de tourteaux utilisés pour l'alimentation animale. Néanmoins, ces tourteaux doivent contenir une teneur très faible en glucosinolates, substances soufrées goitrigènes ayant des effets adverses en alimentation animale. Le type de colza oléagineux sans acide érucique et à teneur très faible en glucosinolates est communément appelé '00' (double zéro) ou canola (**Canadian Oil Low Acid**).

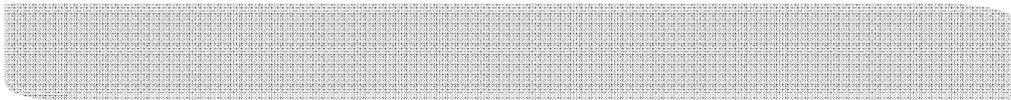
I.10.6. Biocarburant

L'idée d'utilisation des huiles végétales en tant que carburant n'est pas du tout nouvelle. Le carburant à base d'huiles végétales est utilisé sous forme d'ester de méthyle après un processus d'estérification de ces huiles. Après combustion, les esters méthyliques laissent moins de résidus dans les moteurs que les huiles non traitées et produisent moins de polluants que le diesel dérivé du pétrole. En outre, le biodiesel, sous forme d'esters de méthyle, produit moins de substances organiques volatiles, moins de dioxyde de carbone et moins d'hydrocarbures que le diesel et ne produit pratiquement pas de soufre (**Van Gepen, 2004**). Ayant une stabilité oxydative élevée, les huiles riches en acide oléique, à l'image de l'huile de colza, sont les plus recommandées pour la production des lubrifiants (**Harold et al. 1995**) ou du biodiesel (**Körbitz, 1995**).

Aujourd'hui, le coût de revient du biocarburant produit par la transformation des huiles végétales se trouve encore un peu plus élevé que le diesel. En Allemagne, 20% uniquement de la production d'huile de colza est destiné à la consommation humaine. Environ 60% de l'huile produite est soumis à un processus d'estérification pour produire du biodiesel. Le 20% restant est utilisé directement dans les moteurs diesel des tracteurs et camions (**Friedt et Snowden, 2009**).

D'après le **Ministère d'Agriculture français (1997)**, il y a déjà plus de 10 ans, un certain nombre d'axes prioritaires ont été retenus pour le développement des productions non alimentaires des oléagineux annuels, en général, et le colza, en particulier, dont les biocarburants, les biolubrifiants et les solvants.

***Chapitre II : Données
bibliographiques sur les
ennemis du colza***



II.1. Les ennemis de la culture de colza

II.1.1. Les maladies

Le colza est une culture assez sensible aux maladies. Il est donc essentiel de les repérer tout au long du cycle pour éviter d'importants dégâts. Les principales maladies du colza sont le sclérotinia, le phoma, la cylindrosporiose, l'oïdium et l'alternaria. **(BASF, 2019)**

II.1.1.1. Le sclérotinia du colza

Très préjudiciable au rendement, le sclérotinia du colza peut être contrôlé par une protection fongicide appliquée au bon moment. Le stade clé pour intervenir est le stade G1, c'est-à-dire la chute des premiers pétales. **(BASF, 2019)**

II.1.1.2. Oïdium du colza

L'oïdium peut apparaître dans les zones assez chaudes et sèches. En cas d'hiver et de printemps. Il peut alors être contrôlé par une intervention fongicide. **(BASF, 2019)**

II.1.1.3. L'alternaria du colza

L'alternaria se développe au printemps sur les siliques, au cours des périodes orageuses. Le risque est plus élevé dans les fonds de vallée, en bordure maritime et surtout sur cultures versées. **(BASF, 2019)**

II.1.1.4. La cylindrosporiose du colza

La cylindrosporiose se manifeste ponctuellement, principalement lors d'automnes et de printemps pluvieux. Elle sera, dans ce cas, à surveiller de près. **(BASF, 2019)**

II.1.1.5. Phoma du colza

Le phoma est l'une des maladies les plus préjudiciables du colza. Pour l'éviter, il est important de mettre en oeuvre les mesures de prophylaxie connues et d'opter pour les variétés les moins sensibles. Dans les situations à risque, il est possible d'intervenir avec un fongicide efficace à l'automne. **(BASF, 2019)**

II.1.1.6. Autres maladies du colza : mildiou, hernie, pseudocecosporella

Le mildiou, la hernie, ou encore le pseudocercospora peuvent aussi provoquer ponctuellement des dégâts sur le colza. **(BASF, 2019)**.

II.2. Insectes ravageurs du colza

II.2.1. Insectes ravageurs du colza en automne

L'altise d'hiver, le charançon de bourgeon terminal et le puceron sont les ravageurs d'automne les plus fréquents, et qui peuvent s'attaquer à la culture de colza, de manière fréquente ou plus localisée **(Barari et al. 2005)**.

II.2.2. La grosse altise (*Psylliodes chrysocephala* L.) et la petite altise (*Phyllotetra* sp.)

Deux espèces d'altise peuvent attaquer le colza, qui est la grosse altise (*Psylliodes chrysocephala* L.), fréquents et très nuisibles, et la petite altise (*Phyllotetra* sp.) (Tourton, 2016). Elles peuvent occasionnent des morsures circulaires, perforantes ou non de quelques millimètres dans les cotylédons et les jeunes feuilles, ainsi que les dégâts sont d'autant plus importants que les plantules touchées sont peu développées (Robert et Ruck, 2020).

II.2.3. Les pucerons

Les pucerons cendrés de chou (Figure 13) et les pucerons verts de pécher (Figure 14) sont les plus fréquents parmi nombreuses espèces de pucerons qui peuvent coloniser le colza (Ballanger et Delorme, 2002). Ils sont nuisibles de manière direct, en prélevant la sève ce qui affaiblit la plante et dans les situations plus extrêmes peut entraîner la mort de la plante, et indirect par leur capacité de transmettre de virus (Ruck, 2020).



Figure 17: Pucerons cendrés repérés sur les siliques de colza (Lannuzel ; 2012).



Figure 18: Pucerons verts sur feuille de colza (Lannuzel ; 2012).

II.2.4. Le charançon de bourgeon terminal (*Ceutorhynchus picitarsis* Gyll.)

Les adultes de charançon de bourgeon terminal (*Ceutorhynchus picitarsis* Gyll.) (Figure 15) ne sont pas nuisibles mais ils pondent leurs œufs dans les pétioles où les larves se développent pendant l'automne, avant de migrer vers le cœur du colza où elles s'installent et se nourrissent (Barberis, 2019). Dans certaines situations le bourgeon terminal peut être détruit et entraîner la mort de pied ou un port buissonnant qui provoque une mauvaise alimentation de la plante, et même si le bourgeon terminal n'est pas détruit la plante est sensibilisée au gel et la tige devient plus ou moins handicapée selon l'importance des attaques (Baillet *et al.* 2013).



Figure 19: Le charançon de bourgeon terminal (Jung ; 2018).

II.3. Insectes ravageurs du colza en printemps

Les larves d'altise, de charançon de bougeons terminal et de mouche de chou continuent de se développer sur colza au printemps. Le charançon de la tige et le méligèthe sont les deux principaux ravageurs qui causent le plus de dégât (**Baillet *et al.* 2013**).

II.3.1. Le charançon de la tige du colza (*Ceutorhynchus napi* Gyll.)

Le charançon de la tige du colza (*Ceutorhynchus napi* Gyll.), (**Figure 16**) il est connu aussi comme ravageur du chou (**Hänni et Günthart, 1947**). C'est la ponte qui est essentiellement nuisible pour la culture. Elle engendre une forte réaction des tissus de la tige en cours d'élongation (**Le Pape et Bronner, 1987**). La tige se déforme, se creuse et peut éclater dans les plus extrêmes des cas. L'intensité de la réaction dépend de la croissance de la tige pendant la ponte (**Lerin, 1993**).



Figure 20: Charançon de la tige du colza (**synganta ,2021**).

II.3.2. La méligèthe du colza

Le méligèthe du colza est un adversaire important des cultures de colza (**Figure 17**) (**Daniel et Messerli, 2014**). Les adultes provoquent les dégâts en attaquant les boutons pour se nourrir de pollen, les adultes blessent le pistil engendrant l'avortement de boutons (**Büchi, 2002**)



Figure 21: *Meligèthes* sur colza : le vol s'intensifie ((Syngenta ; 2021).

II.4. Autres ravageurs de colza

D'autres ravageurs peuvent être observés sur le colza pendant l'automne mais leur nuisibilité reste modérée, comme le baris (*Baris coerulescens*), la larve de la tenthrède de la rave, le charançon gallicole du chou, la mouche du chou, les thrips et les taupins (**Guillermou et Bruzeau, 2014**).

II.5. Les mauvaises herbes de la culture de colza

Y a une cinquantaine d'adventices différents dans les champs de colza. Celles-ci varient beaucoup d'une région à une autre, et même d'une parcelle à une autre. Les espèces comme le vulpin, le ray-grass, les géraniums, les matricaires, le gaillet ou le coquelicot sont les plus représentées. (**Figures : 18,19 ,20**) Ceci s'explique par la pression de sélection exercée par les rotations de type colza-blé-orge. (**2019 ; Basf**)



Figure 22: Un champ de ray- Grass (**Bayer ; 2018**).



Figure 23: Champs de colza envahi par les matricaires (BASF ; 2018).



Figure 24: Gaillet se développe dans un champ de colza (BASF ; 2019).

II.5.1. Interaction entre mauvaises herbes et plantes cultivées

La nuisibilité directe due à la flore adventice, nuisibilité dont les effets négatifs sont mesurés sur le rendement du produit récolté, résulte de diverses actions dépressives auxquelles sont soumises les plantes cultivées pendant leur cycle végétatif de la part des mauvaises herbes qui les entourent (Caussanel, 1988). Dans un peuplement végétal, la présence d'une plante change l'environnement des plantes voisines, dont elle peut altérer la croissance et la forme. De telles «interférences», selon la dénomination de Harper (1977), comprennent dans la définition d'origine les effets dus aussi bien à la consommation de ressources en disponibilités limitées qu'à la production de toxines ou qu'aux changements environnementaux qu'apporte la protection contre le vent, ou que crée le comportement des prédateurs.

II.5.2. Gestion des adventices

Le contrôle des 4 ou 5 principales mauvaises herbes les plus gênantes est suffisante pour ne pas pénaliser le rendement. On sélectionne les produits plus efficaces contre la mauvaise herbe dominante. Puis, parmi les produits ainsi retenus, on élimine ceux qui ne sont pas les plus efficaces contre le seconde adventice la plus gênante et ainsi de suite. **(Anonyme, 2003)**.

Selon **Sahraoui, (1991)**, une expérience en 1974 dans la Mitidja sur l'oxalis la chute de rendement allait jusqu'à envahir 2/3 de la culture.

Par des traitements, la production a augmenté de 40 %. **Cetiom (2002)**

II.5.2.1. Diversifier les rotations

La rotation de cultures diversifiées sur une même parcelle constitue un des leviers agronomiques les plus efficaces dans le cadre d'une gestion à long terme des adventices. En effet, chaque créneau de date de semis est favorable à des adventices dont les levées préférentielles coïncident avec celles des cultures (exemple : vulpin et blé d'hiver, géraniums et colza, sanve et pois de printemps, morelle et tournesol, etc.). Varier les successions culturales dans les rotations permet donc de perturber la germination et la croissance des adventices. Eviter les rotations courtes (colza-blé, colza-blé-orge, par exemple) qui aboutissent à la prédominance d'espèces spécialisées, calées sur les cycles culturaux. **(Vuillemin, 2020)**.

Anticiper la gestion. Par exemple contrôler les géraniums dans les céréales ou durant l'interculturel limitera le problème dans le colza.

II.5.2.2. Travail de sol en interculture

Le travail du sol a des effets importants sur l'évolution de la flore adventice dans les systèmes de culture.

- ✓ Effets directs (destruction de plantes en interculture).
- ✓ Effets indirects sur le stock semencier présent dans les premiers horizons de sol (enfouissement ou remontée de graines, levée de dormance ou mise en dormance des graines, etc.). **(Vuillemin, 2020)**

II.5.2.3. Le labour

Ce qui fait que le labour n'est malheureusement pas le levier idéal pour les gérer. . L'effet du premier labour sur les mauvaises herbes est principalement lié au type d'instrument utilisé et à la profondeur du labour. Ces facteurs influencent considérablement la distribution des semences et des propagules des mauvaises herbes à travers le profil du sol et de ce fait ils

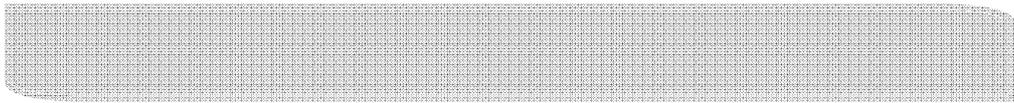
affectent directement le nombre de mauvaises herbes qui peuvent émerger dans un champ. **(Berbari, 2005)**, ce qui fait que le labour n'est malheureusement pas le levier idéal pour les gérer.

II.5.2.4. Le faux-semis

Consiste à préparer un lit de semences fin et rappuyé très tôt avant le vrai semis, pour favoriser la levée des adventices. La destruction des adventices levés peut s'envisager de façon mécanique (outil de déchaumage, herse étrille) ou de façon chimique par un herbicide non sélectif. Sur le long terme, le faux-semis permet de réduire le stock semencier de la parcelle et peut s'avérer très utile sur les adventices problématiques en colza. **(Vuillemin, 2020)**.

Le semis direct, il se produit une évolution de la flore de mauvaises herbes. En premier lieu il se produit une sélection d'espèces, en petit nombre, qui ne sont pas bien contrôlées par l'herbicide de contact employé en pré semis. En deuxième lieu, il se produit une sélection d'espèces qui préfèrent végéter dans des sols peu modifiés par l'homme, et ainsi certaines espèces rudérales se voient favorisées, **(Aibar, 2005)**.

Chapitre III : Les maladies de colza



III.1. Introduction sur les maladies de colza

Le colza est, comme toute plante, a des infections et des maladies. Les maladies foliaires et du collet ont des impacts désastreux sur le rendement ; sont basées sur la tige limitent inévitablement et dans une certaine mesure la performance du colza oléagineux d'hiver. Elles peuvent s'avérer dévastatrices lorsque les pressions liées à l'infection sont élevées et que la pulvérisation du fongicide n'intervient pas à temps. Donc Le colza étant assez sensible, il est important de repérer les maladies du colza au cours du cycle végétatif afin d'éviter d'irréremédiables dégâts au moment de la récolte. (Deklab, 2015)

III.2. Les maladies de colza

Le Phoma (*Leptosphaeria maculans* et *Leptosphaeria biglobosa*) (Aubertot *et al.* 2004),

III.2.1. Description et nom scientifique

Le phoma est l'une des maladies les plus préjudiciables à la culture du colza, (Figure 21) qui existe partout où elle est présente (Hall, 1992, West *et al.* 2001; Fitt *et al.* 2006). Il est causé par le complexe d'espèces *Leptosphaeria maculans* et *Leptosphaeria biglobosa*. Cette maladie est d'une importance économique majeure puisqu'elle provoque, selon les années, des pertes de rendement comprises entre 5 et 20 % de la production (Aubertot *et al.* 2004), mais pouvant atteindre 100% dans des situations exceptionnelles (West *et al.* 2001).

L'infection est généralement initiée par un nuage d'ascospores aériennes, qui proviennent des pseudothèces qui se forment sur les résidus de culture de l'année précédente, restés en surface. Les ascospores, spores issues de la reproduction sexuée et contenues dans les asques des pseudothèces, sont libérées après humidification par la pluie ou la rosée et dispersées par le vent (Hall, 1992 ; West *et al.* 2001). Elles sont déposées sur les plantules de colza, germent et pénètrent dans les feuilles par les blessures ou les stomates. Le mycélium colonise les espaces intercellulaires (Howlett, 2004) et des lésions apparaissent sur les feuilles, 5 jours après l'infection si les conditions sont favorables. On assiste alors à l'apparition du premier symptôme, la macule foliaire. Les ascospores sont considérées comme l'inoculum responsable des infections primaires, même s'il peut aussi exister une infection par les semences (McGee, 1977 ; West *et al.* 2001). Cette infection des semences peut entraîner l'exportation de la maladie dans des nouvelles régions de culture où elle n'est pas présente et la survie à long terme du parasite qui peut y vivre plus de 10 ans (Hall, 1992). Des infections secondaires peuvent exister, par libération de conidies (ou pycnidiospores), spores issues de multiplication asexuées et contenues dans les pycnides formées sur les macules, et

dispersion par la pluie sur les plantes adjacentes (Travadon *et al.*, 2007). La maladie est considérée comme monocyclique (en population de grandes tailles, seule les infections primaires par les ascospores sont responsables de l'essentiel de la maladie) (Salam *et al.*, 2007). A partir des macules, le mycélium progresse de façon systémique jusqu'au collet où le deuxième symptôme, la nécrose, apparaît. Contrairement aux macules, qui apparaissent rapidement après l'infection la nécrose apparaît tardivement et n'est pas toujours visible extérieurement, sauf si elle conduit à la verse de la plante, ce qui peut se produire dans les cas les plus graves. (Brunin et Lacoste, 1970).



Figure 25: Le phoma sur le colza (*Leptosphaeria maculans*) (Lebourgeois, 2019).

III.2.2. Cycle de développement

Leptosphaeria maculans est un dothideomycète pathogène des espèces de Brassica. Ce parasite est biotrophe jusqu'à la reprise de végétation, puis saprophyte. Deux types de reproduction existent dans le cycle du champignon : reproduction asexuée donnant naissance aux conidies (ou pycnidiospores) formées dans les pycnides, et reproduction sexuée impliquant deux types sexuels différents et donnant naissance aux ascospores formées au niveau des pseudothèces (souvent appelés périthèces). Les pycnides se forment sur les macules foliaires et les tiges nécrosées. Les conidies ($3-5 \times 1.5-2 \mu\text{m}^2$) sont unicellulaires, dispersées par les gouttelettes d'éclaboussure, processus aussi appelé « splashing » (Travadon *et al.*, 2007). Les pseudothèces se forment sur les résidus de culture infectés. Ils sont de taille variable, 300 à 500 μm de diamètre en général plus gros que les pycnides. Ils contiennent des asques ($80-125 \times 15-22 \mu\text{m}^2$), qui contiennent eux-mêmes à maturité 8

ascospores. Chaque ascospore ($35-70 \times 5-8 \mu\text{m}^2$) est composée à maturité de 6 cellules. Les ascospores sont dispersées par le vent.

III.2.3. Symptôme et dégâts

La perturbation de la photosynthèse par les macules ne semble pas avoir un impact systématique sur le développement de la plante, puisque la corrélation entre le nombre de macules et les dommages est très irrégulière (Sun *et al.* 2000). Les macules sont cependant révélatrices de la présence du champignon. (Figure 22). La nécrose provoque une altération de la nutrition hydrique et minérale de la plante, et parfois des phénomènes de verse parasitaire. Elle est ainsi à l'origine de pertes de rendement (McGee et Emmett, 1977). Ces pertes sont plus importantes si l'infection est précoce, c'est-à-dire avant le stade 6 feuilles (Brunin et Lacoste, 1970). Souvent, la libération des ascospores coïncide avec le stade plantule de la culture, où la plante est plus sensible aux infections : en mai après les averses d'hiver, de septembre à novembre pendant la période végétative. La corrélation entre le nombre de macules et la sévérité de la nécrose est variable (Sun *et al.*, 2000). *Leptosphaeria maculans* se développe principalement sur les parties inférieures de la tige, contrairement à *L. biglobosa*, qui se développerait plutôt sur les parties supérieures (Figure 25) (West *et al.*, 2001). Après la récolte, *L. maculans* se développe rapidement sur les résidus, en produisant des fructifications : pycnides et pseudothèces, organes contenant respectivement les pycnidiospores et les ascospores. La durée de vie de l'agent pathogène sur les résidus peut aller jusqu'à 5 ans, mais dépend de l'espèce, de la variété de l'hôte et du climat, qui favorise ou non la décomposition des résidus (Baird *et al.*, 1999). Quand les pseudothèces sont matures, les ascospores produites sont libérées, dispersées par le vent sur plusieurs kilomètres et peuvent infecter les nouvelles cultures de colza. La majorité des ascospores semble se déposer sur les 500 premiers mètres (Marcroft *et al.*, 2004). La prédominance d'une espèce de *Leptosphaeria* ou de l'autre varie en fonction de la situation géographique. Les espèces ont d'abord été séparées en deux groupes, selon leur agressivité : Ces deux groupes ont les mêmes hôtes et la même morphologie de spores (West *et al.*, 2001), mais présentent des différences pour les symptômes sur les cultures, les parties de la plante infectées, la génétique ou la production de métabolites (Toscano-Underwood *et al.* 2003).

Les pertes de rendement peuvent atteindre plusieurs quintaux par hectare (nuisibilité forte). Sur Feuilles et cotylédons, (Figure 22) ces taches mesurent 2 à 3 mm sur les cotylédons et peuvent mesurer jusqu'à 15 mm sur les feuilles. Sur tiges, (Figure 23) les macules sont plus ovales et bordées de noir. Tandis que sur le collet, la nécrose gris-brun

jusqu'à noire, pouvant entraîner la verse par sectionnement du pivot en cas d'attaque importante (Acta, 2009).



Figure 26: Dégâts du (*Leptosphaeria maculans*) sur les feuilles du colza (Jung, 2019).



Figure 27: Dégâts du colza (*Leptosphaeria maculans*) sur le collet (Lebourgeois, 2019).

III.2.4. La différence entre *L. maculans* et *L. biglobosa*

Les groupes considérés comme deux espèces différentes depuis 2001, appelées *L. maculans* et *L. biglobosa* (Schoemaker et Brun, 2001). En plus d'être plus pathogène, il semble que *L. maculans* survive plus longtemps sur les résidus de culture enterrés, du fait qu'il est situé sur les parties inférieures de la tige, plus résistantes à la décomposition que les parties supérieures, où l'on retrouve plus fréquemment *L. biglobosa*. De plus, *L. maculans* colonise plus profondément l'intérieur de la tige, ce qui permet d'augmenter la durée de sa

survie dans les résidus(**Figure 25**)(**Huang *et al.*, 2003**). Le rôle du climat est prépondérant dans le cycle de l'agent pathogène. Les précipitations et la température ont un impact important sur la survie de l'inoculum, la maturation des pseudothèces, la date de libération des spores, les conditions d'infection et de résistance de l'hôte. Une humidité relative dans l'air suffisamment élevée est nécessaire pour la maturation des spores et l'infection (**Hall, 1992**).

La température optimale pour la formation et la maturation des pseudothèces est de 14-15°C (**Pérès *et al.* 1999 ; Huang *et al.* 2003 ; Toscano-Underwood *et al.* 2003**). L'infection peut avoir lieu entre 6°C et 24°C, mais les lésions apparaissent plus rapidement entre 14 et 16°C, alors que les symptômes du collet apparaissent entre 20 et 24°C (**McGee, 1977 ; Hall, 1992**). De plus, l'augmentation de la température amplifie le phénomène de déficit hydrique entraîné par la nécrose du collet (**West *et al.* 2001**). La pluie et la température jouent également sur la dégradation des résidus et donc sur la persistance de sources d'inoculum primaire, enfin, la pluie est responsable de la libération des ascospores alors que le vent est responsable de leur dispersion. (**West *et al.* 2001**).



Figure 28: Macules de phoma observe en automne sur colza (**Terres inovia ,2017**).

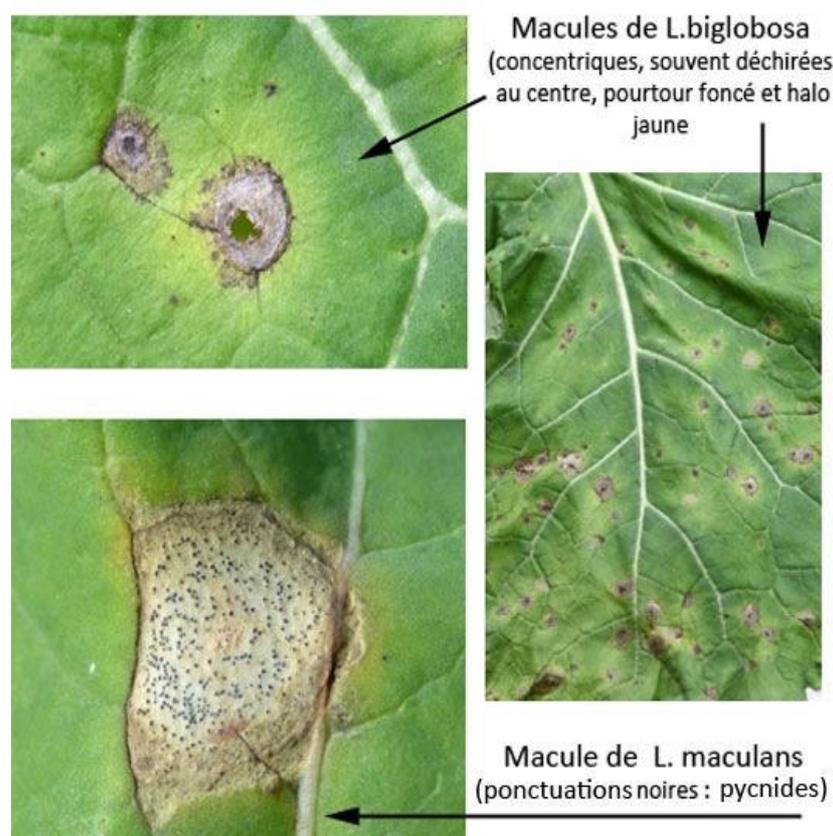


Figure 29: La différence entre à *Leptosphaeria maculans* et *Leptosphaeria biglobosa* (Terres inovia, 2017).

III.2.5. Méthodes de luttes

III.2.5.1. Contrôle génétique

Contrôle génétique La principale méthode de lutte efficace contre le phoma est l'utilisation de variétés résistantes, présentant des résistances spécifiques et/ou quantitatives (Delourme *et al.* 2006). Parmi les variétés semées actuellement, 80 à 90 % sont classées très peu sensibles (Pinochet *et al.* 2004). Les variétés de colza ont été classées en quatre groupes selon qu'elles possèdent une résistance quantitative et/ou une résistance spécifique contournée ou non, et des recommandations existent pour leur utilisation dans le paysage (Pinochet *et al.* 2004). De plus, la durabilité des résistances spécifiques contre le phoma du colza devrait pouvoir être augmentée si on raisonne l'utilisation de ces variétés en combinaison avec les variétés présentant des résistances partielles, et les méthodes de lutte chimiques et culturales (Gladders *et al.* 2006).

III.2.5.2. Le contrôle culturel et la lutte chimique

Des méthodes complémentaires au contrôle génétique existent pour lutter contre le phoma : le contrôle culturel et la lutte chimique. L'enfouissement des résidus grâce au travail du sol permet de diminuer la quantité de résidus en surface (Schneider *et al.* 2006) et

d'accélérer la décomposition des résidus donc de limiter la quantité d'inoculum primaire disponible pour les cultures suivantes. (Turkington *et al.* 2000). Un traitement chimique des résidus pour diminuer la quantité d'ascospores produites peut également exister dans des systèmes de travail du sol simplifié (Turkington *et al.* 2000). Concernant la succession culturale, un délai de retour du colza de 4 ans est recommandé pour permettre une baisse du risque d'infection par les ascospores issues de résidus encore présents sur la parcelle (West *et al.* 2001). Afin de limiter les risques d'infection par les ascospores issues de résidus de parcelles adjacentes, un éloignement d'au moins 500 m est recommandé entre une parcelle avec des résidus infectés et une parcelle semée en colza (Marcroft *et al.* 2004). Les ascospores, dispersées sur de longues distances, représentent un risque faible pour les pertes de rendement puisqu'elles sont en faible nombre. Par contre, la dispersion de nouveaux pathotypes virulents à des distances élevées peut entraîner leur introduction par migration dans des régions où ils étaient absents, si l'infection causée conduit à la reproduction de ces pathotypes en fin de cycle cultural. La date de semis a un impact sur le stade phénologique de la culture au moment de l'arrivée des ascospores : une date de semis précoce peut permettre d'éviter la coïncidence entre la libération des ascospores et le stade sensible de la culture (c'est-à-dire avant le stade 6 feuilles). Enfin, la densité de semis et l'azote disponible dans le sol au moment du semis (éventuellement lié à un apport d'azote organique avant semis) ont un impact sur la surface foliaire de la plante susceptible d'intercepter les ascospores au moment des pics (Aubertot *et al.* 2004). Un traitement fongicide peut permettre de diminuer les infections. Cependant, son efficacité est fortement liée à la date et à la dose d'application (Penaud *et al.* 1999 ; West *et al.* 2002 ; Steed *et al.* 2007) : le traitement foliaire est efficace quand il est appliqué juste après les premières contaminations, pour limiter l'infection de nouvelles feuilles ou la progression de l'infection vers le collet. Ceci nécessite de prédire précisément l'arrivée des pics d'émission d'ascospores et d'évaluer régulièrement l'état sanitaire de la culture, même si l'apparition des premières macules indique que la culture est déjà contaminée. L'efficacité du fongicide est donc souvent limitée, d'autant plus que sa rémanence est souvent faible (Gladders *et al.* 2006)

III.2.5.3. Contrôle biologique et physique

Ces méthodes de lutte sont plus ponctuelles voire non utilisées pour le cas de la lutte biologique. Plusieurs agents biologiques ont montré un effet antagoniste sur *L. maculans* lors d'expérimentations *in vitro*. La germination des ascospores ou le développement du mycélium, par exemple, peuvent être empêchés par *Erwinia herbicola* (Chakraborty *et al.* 1994). Certaines expériences ont même été conduites en chambre climatique ou au champ

pour réduire la survie du champignon sur résidus (Kharbanda *et al.* 1999) ou réduire le nombre de macules (Hysek *et al.* 2002). Aucune de ces méthodes n'est cependant utilisée par les agriculteurs. Des méthodes de lutte physique comme la brûlure des résidus sont utilisées pour la gestion des résidus, particulièrement dans les régions sèches où la décomposition des résidus est lente. (West *et al.* 2001).

III.3. Sclérotinia du colza (*Sclerotinia sclerotiorum*) (Richard *et al.* 1994).

III.3.1. Description et nom scientifique

La sclérotiniose est une maladie fongique qui a deux agents causals, principalement le *Sclerotinia sclerotiorum* (Figure 26) causant la pourriture à sclérotés (c'est celle de colza) et le *Sclerotinia minor* causant la sclérotiniose mineure. (Richard *et al.* 1994). La pourriture à sclérotés touche plus de 360 espèces de plantes, toutes de la grande famille des dicotylédones. En grandes cultures, elle affecte notamment le tournesol, le haricot, le pois, le soya et le colza. La pourriture à sclérotés sévit particulièrement les années fraîches et humides. Les températures oscillant entre 15 et 21°C sont très propices à la maladie (Jones *et al.* 1991). L'infection de la plante par l'agent pathogène peut se faire via du mycélium ou, le plus souvent, via des ascospores (Abawi et Grogan, 1975; Boland et Hall, 1988; Cline et Jacobsen, 1983; Grau *et al.* 1982). Celles-ci utilisent les pétales sénescents de la plante comme source d'énergie pour initier l'infection (Grau et Hartmann, 1999; Heran *et al.* 1999)



Figure 30: Sclérotinia (*Sclerotinia sclerotiorum*) du colza (BASF, 2019).

III.3.2. Le cycle de vie de *S.sclerotiorum*

Le cycle de développement de cette maladie comprend 3 stades qui incluent une phase de dormance, une phase saprophyte (germination mycélienne et carpogénique), et une phase de parasitisme (Saharan *et al.*, 2008). Les sclérotés, les structures de conservation du champignon, sont dispersés lors de la récolte et les labours. Ils peuvent demeurer dans le sol durant de longues périodes et conserver leur pouvoir germinatif (Ben-Yephet *et al.* 1993) Briard *et al.* 1997). Avant de produire des apothécies, les sclérotés doivent être conditionnés en demeurant sous des conditions fraîches et humides durant un certain temps (Abawi et Grogan, 1975; Ferraz *etal.* 1999). Seuls les sclérotés situés à moins de 5 cm, voire 2 cm, de la surface du sol peuvent développer des stipes qui atteindront la surface et formeront des apothécies (Abawi et Grogan, 1979; Grau et Hartmann, 1999; Mitchell et Wheeler, 1990). La production d'apothécies se fait entre 10 et 25°C, avec une température optimale de 10°C (Abawi et Grogan, 1975). Des fluctuations de température quotidienne de 8°C seraient optimales (Mila et Yang, 2008). Au champ, la production d'apothécies peut débiter à la fermeture du couvert végétal. Cette fermeture occasionne de longues périodes d'humidité élevée, une situation nécessaire à la germination des sclérotés et à l'apparition des apothécies. (Grau et Hartmann, 1999; Mila et Yang, 2008). La production d'apothécies débute à la fin du mois de juillet, environ quatre semaines après la fermeture du couvert végétal. À ce moment la floraison de la plante est déjà avancée. La production d'apothécies se poursuit jusqu'à la fin octobre. Les apothécies produisent des ascospores qui sont libérées de façon continue lorsque le taux d'humidité varie entre 65 et 95% (Clarkson *et al.* 2003). Leur germination sur les pétales sénescents n'est pas tellement affectée par la température, mais 25°C est optimal pour la croissance du tube germinatif (Abawi et Grogan, 1975). Le début de l'infection ainsi que l'apparition de nouvelles lésions sont associés avec la colonisation des fleurs par l'agent pathogène et à des périodes prolongées d'humidité saturante à la surface de la plante (Boland et Hall, 1988; Grau et Hartmann, 1999). La température optimale pour la croissance du mycélium se situe entre 20 et 25°C.

III.3.3. Symptômes et dégâts de la sclérotiniose

Là où le champignon fait son entrée, le pétiole et la tige montrent une décoloration gris-verdâtre, (Figure 27) qui éventuellement devient beige. Le champignon progresse dans la tige vers le haut et vers le bas de la plante. Lorsque les lésions entourent complètement la tige, le transport de l'eau, des minéraux et des produits de la photosynthèse est perturbé. Conséquemment, le développement et le remplissage des gousses s'en trouvent réduits (Grau

*et al.*1982; Grau et Hartmann, 1999). À maturité, les gousses sont mal développées et les plantes sont blanches ou décolorées. De gros sclérotés de forme irrégulière, partiellement couverts d'un mycélium blanc et dense, sont présents à la surface et à l'intérieur de la tige (Grau *et al.*1982; Grau et Hartmann, 1999). Si l'infection a lieu tôt, les graines ont une forme aplatie et ratatinée et peuvent même être remplacées par des sclérotés (Grau et Hartmann, 1999).



Figure 31: Contamination par les pétales à l'aisselle des feuilles (Lannuzel, 2019).

III.3.4. Méthodes de luttes

Plusieurs travaux ont été faits pour mettre au point des moyens de lutte permettant de réduire les pertes causées par la sclérotiniose. Présentement, on combat le champignon avec des pratiques culturales appropriées, la lutte chimique, la lutte biologique et le développement de cultivars résistants. (Rousseau *et al.* 2007)

III.3.4.1. Pratiques culturales

Aucune pratique culturale ne peut éliminer à elle seule la sclérotiniose d'un champ (Rousseau *et al.* 2007); c'est en les combinant qu'on peut réduire la banque de sclérotés au fil des ans. L'incidence de la sclérotiniose peut être aggravée par toute pratique culturale qui favorise des températures modérées ou un degré d'humidité élevé sous le feuillage (Ferraz *et al.* 1999). La fermeture du couvert végétal influence grandement ces deux paramètres. Lorsque les rangs sont rapprochés elle survient plus tôt, ce qui augmente le degré d'humidité sous le couvert, abaisse la température et favorise l'apparition des apothécies (Boland et Hall, 1988; Grau et Hartmann, 1999; Kurle *et al.* 2001). Il est donc

important de favoriser un écartement plus large afin de réduire le degré d'humidité (**Grau et Radke, 1984; Mila et Yang, 2008**). Un mauvais désherbage dans les champs crée également un couvert végétal plus dense et les mauvaises herbes peuvent elles-mêmes être atteintes par le *S. sclerotiorum*, deux facteurs qui favorisent la formation des sclérotés (**Maheu, 1999**). L'application de fumier liquide ou de compost urbain augmente la gravité de la maladie (**Mila et al. 2003**). Cet effet serait indirect puisque le fumier encourage une croissance vigoureuse qui crée des conditions environnementales propices au développement de la maladie. La date de semis est également un facteur à considérer. Les cultivars qui fleurissent avant la libération des ascospores, soit parce qu'ils sont hâtifs ou parce qu'ils ont été semés tôt, ne sont pas infectés (**Kim et Diers, 2000; Hoffman et al. 2002**). Finalement, une rotation des cultures est recommandée car, en présence d'espèces non-hôtes (comme les céréales), il y aura germination d'une portion des sclérotés présents dans le sol, réduisant d'autant le nombre de sclérotés pouvant fructifier l'année suivante (**Gracia-Garza et al. 2002; Kurle et al. 2001; Müller et al. 2002b; Rousseau et al. 2007**).

III.3.4.2. Lutte chimique

Certaines études rapportent avoir obtenu une bonne répression de la sclérotiniose avec des fongicides (**Jones, 1974; Mueller et al. 2004**) ou des herbicides (**Dann et al. 1999**) alors que d'autres rapportent le contraire (**Mila et al. 2003**). L'efficacité varie considérablement en fonction de l'intensité de la maladie au champ et de la sensibilité des cultivars employés (**Mueller et al. 2002; 2004**). Elle pourrait être due à l'induction de mécanismes de résistance chez la plante et serait plus prononcée chez les cultivars sensibles lorsque la pression de la maladie est forte (**Dann et al. 1999**).

III.3.4.3. Lutte biologique

Il existe plusieurs organismes vivant à la surface des sclérotés qui peuvent être utiles dans la lutte biologique contre la sclérotiniose. Des travaux rapportent des résultats de répression biologique encourageants à l'aide du *Sporidesmium sclerotivorum*, *Trichoderma harzianum*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Streptomyces lydicus*, *Bacillus subtilis*, *Epicoccum purpurascens* et *Ulocladium atrum* (**Abdullah et al. 2008; del Rio et al., 2002; Gerlagh et al., 1998; Huang et al. 2000; Li et al., 2003; Zeng et al., 2012b; Zhang et Xue, 2010**).

III.4. L'oïdium (*Erysiphe cruciferarum*). (Acta ,2019).

III.4.1. Description et nom scientifique

Plusieurs formes de la maladie sont cependant spécifiques à des cultures précises, et ne provoquent pas d'infections croisées (Anonyme, 2014). Et celle de colza c'est une maladie cryptogamique causé par *Erysiphe cruciferarum*.(Acta ,2019). Les premiers symptômes apparaissent sous forme d'un duvet blanchâtre ou gris pâle sur les limbes des feuilles,(Figure 28) puis se développent sur les feuilles des étages supérieurs (Ezzahiri, 2001 ; Anonyme, 2008 ; Aouali et Douici-Khalfi, 2009). En cas d'attaque sévère les taches apparaissent aussi sur les gaines des feuilles (Ezzahiri, 2001 ; Aouali et Douici-Khalfi, 2009).

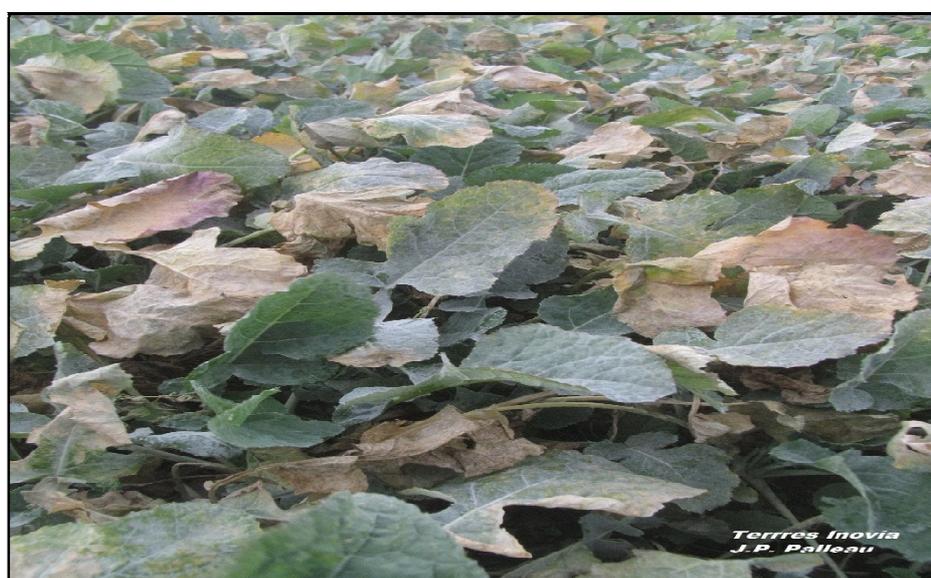


Figure 32: l'oïdium (*Erysiphe cruciferarum*) sur le colza (Palleau, 2018).

III.4.2. Cycle de développement

Cette maladie hiverne essentiellement sous forme de mycélium sur les repousses des cultures à semis automnal. Les cléistothèces produits en fin d'été résistent aux faibles températures et à la sécheresse (Anonyme, 2014). En présence d'une forte hygrométrie, les cléistothèces libèrent les ascospores produites par voie sexuée, qui peuvent alors provoquer des infections automnales. On estime par ailleurs que les cléistothèces ont une importance secondaire pour le mycélium (Anonyme, 2014). Au printemps, avec les montées de température, le mycélium en dormance commence à se développer, et des spores sont rapidement produites. Leur germination se produit dans une large fourchette de températures (5 °C à 30 °C), même si 15 °C, elle reste la température optimale, avec un taux d'humidité relativement supérieur à 95 %. L'eau libre inhibe la germination des spores. Dans des conditions de sécheresse, des spores fraîches peuvent se former au bout de sept jours

(Anonyme ;2014) . À la fin de la saison, les repousses de céréales et les cultures à semis automnal précoce peuvent à leur tour être contaminées, constituant ainsi l'inoculum pour la culture suivante (Anonyme, 2014).

III.4.3. Symptômes et dégâts

De façon générale, il s'attaque à tous les organes. Le symptôme le plus commun est le des taches blanches à grises qui font penser à de la poussière.(Figure 30).Et bien que les colzas malades en meurent rarement, le champignon peut les affaiblir année après année jusqu'à leur abandon (Galet, 1977). L'oïdium affecte autant les rendements via la diminution de la photosynthèse, que la qualité de la production par sa présence (Lakso *et al.*1982; Pool *et al.* 1984; Moriondo *et al.* 2005). Par ailleurs, c'est toute la croissance de la culture qui semble affectée par le déficit énergétique. Il en résulte une réduction de la vigueur de la plante et une moindre résistance aux stress hivernaux (Pool *et al.* 1984).

Les symptômes de l'oïdium sur colza apparaissent d'abord sur feuilles, parfois dès l'automne. Ils sont par la suite également observables sur tiges et siliques.(Figure 29). Ils consistent en un feutrage blanc étoilé de mycélium qui peut recouvrir l'ensemble des organes touchés. Des ponctuations noires sont également susceptibles d'apparaître. (Terres inovia, 2018).

Les siliques atteintes peuvent produire des graines en moindre quantité et de petite taille. Des pertes de rendement pouvant atteindre 13 q/ha, les attaques sur siliques retardent leur maturation. L'hétérogénéité de maturité ainsi générée perturbe la récolte. D'où l'intérêt d'intervenir avant que la maladie soit déjà bien installée sur les siliques. (Acta, 2009).



Figure 33:L'oïdium (*Erysiphe cruciferarum*) sur les siliques de colza (Perny, 2018).



Figure 34: L'oïdium (*Erysiphe cruciferarum*) sur le colza (Raimbault, 2018).

III.4.4. Les moyens de lutttes

Plusieurs matières actives fongicides existent et qui sont efficaces contre l'oïdium. Plus les attaques sont tardives, moins la nuisibilité est importante, donc la lutte contre l'oïdium n'est donc pas systématique (Penaud, 2021) dans le double but d'une meilleure efficacité et d'une moindre pollution chimique, on tâchera de mener une action préventive comme Seuils de nuisibilité, historique de la parcelle, date du premier traitement, qualité des produits, qualité de la pulvérisation... Tout ce qu'il faut savoir pour lutter efficacement contre l'oïdium. (Gerbeaud, 2019)

III.5. Alternariose du colza (alternariose *brassicae*) (Champion, 1997) in (Anonyme, 2011).

III.5.1. Description et nom scientifique

La brûlure alternarienne, ou alternariose, est une maladie commune du feuillage qui s'attaque à plusieurs cultures et plantes. Bien qu'elle apparaisse plus tôt que le mildiou, elle cause souvent de plus grands dommages au feuillage en fin de saison lorsque la température lui est favorable (Munro, 1975). Certains spécialistes aux Pays-Bas la considèrent même comme la deuxième maladie en importance après le mildiou (Ryckmans, 2006). Le genre *Alternaria* regroupe plus de 100 espèces ubiquitaires extrêmement répandues dans les sols, la végétation, l'air ou les aliments (Joly, 1964 ; Ellis, 1971, 1976 ; Simmons 1992) in (Anonyme, 2011). Si certaines espèces vivent à l'état saprophyte pouvant occasionnellement être des agents pathogènes opportunistes, d'autres sont responsables de maladies atteignant les plantes (Schell, 2000 ; Ferrer *et al.* 2002). Cependant la majorité des espèces du genre *Alternaria* sont des champignons phytopathogènes inféodés à une famille de plantes ou à une

plante spécifiquement. Ils sont généralement présents sur les semences provoquant des manques à la levée ou des fontes de semis. Les jeunes pousses atteintes constituent une source importante d'inoculum primaire pour les plantes matures où tous les organes aériens peuvent être affectés, La gamme de plantes hôtes concernées par l'alternariose est très variée et certaines espèces peuvent provoquer d'importants dégâts sur des espèces cultivées occasionnant des pertes financières significatives. C'est le cas, par exemple d'*A. triticina* sur les céréales, *A. douci* et *A. radicina* sur cultures maraîchères comme la carotte. *A. brassicicola* qui fait partie d'un complexe fongique avec *A. japonica* et *A. brassicae*, est responsable de la maladie de la tache noire spécifique des Brassicacées, famille végétale qui comprend notamment le chou (*Brassica oleracea*), la moutarde (*Brassica juncea*) ou le colza (*Brassica napus*)(Figure 31)(Champion, 1997) in (Anonyme, 2011).



Figure 35: Alternariose de colza (*alternariose brassicae*) (Lebourgeois, 2018).

III.5.2. Cycle de développements

L'alternariose est favorisé par un cycle infectieux similaire pour toutes les espèces d'alternaria, responsable de cette maladie (Farrar *et al* ; 2004). L'alternaria peut se conserver dans les résidus de culture, les sols contaminés et les tubercules infectés durant plusieurs années (Christine jean, 2000). Les chlamydospores peuvent également servir de structure de survie (Basu, 1974 ; Pattersson, 1991).Elle serait aussi capable de se maintenir d'une saison à l'autre sur d'autres (Neegaard, 1945 ; Ellis et Gibson, 1975 ; Blancard *et al* ; 2012) Une fois les spores d'alternaria sont en contact avec les cellules végétales, elles sont capables de germer et produisent un ou plusieurs tubes germinatifs, la pénétration dans les tissus végétaux se fait soit directement à travers les stomates ou les blessures (Sherf et Macneb, 1986 ; Agrios, 2005), ou soit par pénétration enzymatique, cette stratégie est la plus évidente chez

les alternaria. La colonisation de l'hôte est facilitée par des enzymes (cellulase, pectine galacturonase de méthyle). Le champignon envahit rapidement les tissus foliaires, les lésions deviennent visibles 2 à 3 jours après l'infection, la production de spores se produit 3 à 5 jours plus tard (Sherf et ManNab, 1986 ; Blancard *et al* ; 2012). Sporulation et dissémination Les conidies et les conidiophores sont produits dans des intervalles de températures compris entre 8 et 28C°, en présence d'une humidité relative de 96à 100% (Strandberg, 1977). Les spores sont disséminées par le vent, la pluie et les insectes ; les conidies produites assurent des contaminations secondaires et par la suite plusieurs cycles parasitaires peuvent avoir lieu dans la culture (Sherf et MacNeb, 1986 ; Andersen et Frisvad, 2004 ; Leiminger *et al* ; 2010 ; Blancard *et al* ; 2012).

III.5.3. Symptômes et dégâts

Les premiers symptômes apparaissent sur les feuilles de la base, puis ils s'étendent au reste du feuillage. A la face supérieure des feuilles on observe des taches dispersées, très bien délimitées, brunes à brun-noir entourées d'un halo jaune clair(Figure 32) ; ces taches apparaissent. De type nécrotique avec un contour anguleux, de quelques mm jusqu'à 2 cm de diamètre. Sur les plus grosses taches, on voit à l'œil nu les plages desséchées peuvent se déchirer, tomber et se rejoignant de proche en proche, provoquer le dessèchement et la mort de la feuille toute entière (Magnenat, 1991). Les tiges attaquées par l'Alternaria présentent des plages superficiellement colorées en brun, qui s'agrandissent avec le développement de la maladie, (Figure 33), puis le dessèchement de la tige peut entraîner sa mort ou celle de toute la plante (Magnenat, 1991).



Figure 36: Taches noires sur la tige très allongées au centre qui s'éclaircissent au fil du temps(Brun, 2018).

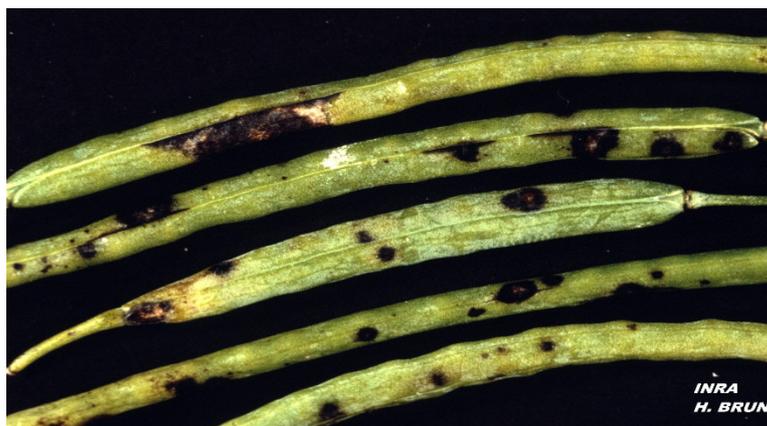


Figure 37: Petites taches noires sur les siliques circulaires aux contours nets (Brun, 2018).

III.5.4. Moyens de luttés

III.5.4.1. Lutte culturel

Les bonnes pratiques culturales contribuent à minimiser l'incidence et la propagation de la maladie de la brûlure foliaire, elles comprennent l'utilisation de semences propres et la rotation des cultures assez longues, de l'ordre de 3 à 4 années, faisant intervenir des céréales à petits grains comme le maïs, qui sont souvent envisagées dans les parcelles fortement affectées. Il convient aussi d'éliminer complètement les débris de plantes à la fin de la saison de récolte pouvant servir d'hôtes intermédiaires (Blancard *et al.* 2012). Sachant aussi, les différentes techniques d'irrigation agissent directement sur la survie et la dispersion de l'inoculum au sein des cultures, elle varie selon la technique appliquée (déversement, irrigation à la raie, irrigation au goutte à goutte, aspersion). (Lepoivre, 2003).

III.5.4.2. Lutte biologique

L'utilisation des extraits de plantes et produits naturels est très encouragée, car ces produits sont sans danger pour la santé et ne causent pas de pollution (Mamgain *et al.* 2013). Plusieurs travaux au laboratoire menés sur différents tissus végétaux, tels que les racines, les feuilles, les graines et les fleurs possèdent des propriétés bactéricide, fongicide et insecticide (Davicino *et al.* 2007). Dans le même registre, divers extraits de plantes, des huiles essentielles comme celle de l'acacia le concinna, et l'*Azadirachtaindica*... permettrait de limiter le développement de ce parasite (Blancard *et al.* 2012).

III.5.4.3. Lutte chimique

A côté des méthodes de luttés culturales et biologiques, les traitements chimiques sont largement utilisés pour combattre les maladies fongiques. Le chiffre d'affaire mondial des produits phytosanitaires avoisine les 44015 millions de dollars est en hausse de 15% en 2011,

la part de fongicides s'élève à 25,8% (UIPP, 2011). Les fongicides sont couramment utilisés pour contrôler la brûlure foliaire et sont constitués de produits protecteurs comme le mancozèbe (Dithane) et le chlorothalonil, le manébe, l'iprodione, le difénoconazole, le cymoxanil et famoxadone, le thiophanate-méthyle (Blancard *et al.* 2012). Au cours de culture, les plantes doivent être traitées dès que les premiers symptômes sont constatés le plus rapidement possible. Les applications doivent être renouvelées après des fortes pluies et des irrigations, car ces derniers favorisent l'extension de la maladie.

III.6. La Cylindrosporiose du colza (*Cylindrosporium concentricum*,) (Penaud, 2016).

III.6.1. Description et nom scientifique

Parmi les maladies moins fréquentes, qui se manifestent principalement avec des symptômes sur feuilles (nécroses, perforations, aspect plombé) (Kohler, 1985) mais l'évolution de ces maladies s'accompagne de mort de jeunes des fendillement des branches, déshydratation des tissus ligneux et même la mort de la plante. Les champignons sont responsables des pourritures du collet et des racines ; généralement la plante dépérit et meurt suite à l'interruption de la circulation de sève descendante causée par ce champignon (Lichoux *et al.*, 1990 ; Santini *et al.*, 2006) *Cylindrosporium concentricum*, est le champignon responsable la maladie de la cylindrosporiose du colza., soit toujours présent dans les parcelles, il ne s'exprime que dans des conditions climatiques très spécifiques. Mais sa faible fréquence d'apparition a fait oublier à nos agriculteurs que le champignon était toujours là, et le choix variétal ne s'est pas forcément porté vers les espèces tolérantes. Mais lorsque les conditions sont favorables, la maladie explose explique (Penaud, 2016).



Figure 38: La cylindrosporios (*Cylindrosporium concentricum*) sur le colza (Penaud ,2021).

III.6.2. Cycles de développements

Les spores émises à partir des résidus de récolte contaminés et de crucifères adventices constituent la source d'inoculum primaire. Projetées par la pluie et disséminées par les vents sur de longues distances, elles germent sur les organes aériens du colza (feuilles, tiges ou siliques). Le mycélium se développe entre l'épiderme et la cuticule ; les premiers symptômes (acervules) après une quinzaine de jours. Ils déchirent la cuticule et libèrent de nouvelles spores. Plusieurs cycles imbriqués interviennent ainsi au cours de la culture. (Syngenta, 2021)

III.6.3. Symptômes et dégâts

Des déformations des siliques qui arborent alors une forme arquée et des taches diffuses beiges sur leur épiderme avec un craquèlement à l'aspect liégeux. Le pédoncule peut également voir apparaître des nécroses liégeuses. Sur les feuilles, des décolorations souvent situées à l'endroit où l'eau stagne sur le limbe. On peut observer aussi une déformation des feuilles et l'apparition de taches beiges à fauves de type brûlure à l'aspect liégeux. (Figure 35) Quand une plante est atteinte, les tiges sont marquées de taches allongées, beiges à marron clair, avec des fendillements transversaux à l'aspect liégeux également. Partout sur la plante on peut alors apercevoir des acervules (points blancs ou noirs). (Loucortier, 2017)



Figure 39: La cylindrosporiose (*Cylindrosporium concentricum*) sur une feuille de colza (BASF, 2019).

III.6.4. Moyens de luttés

Avant même d'imaginer la moindre intervention phytosanitaire contre la maladie déclarée, il existe deux mesures préventives contre la maladie dont le fond d'inoculum. La première des vigilances est de réduire le risque de contamination entre une parcelle récoltée et une autre nouvellement implantée (Loucortier, 2017). La destruction et l'enfouissement

systematiques des résidus de récolte de colza dans un rayon de 500 m autour de la parcelle nouvellement emblavée réduit systématiquement la proportion de plantes atteintes dans le champ. La gestion des pailles est un levier de lutte important contre la cylindrosporiose. **(Loucortier ,2017)**

Le second moyen de lutte, qui est en réalité le premier, est la tolérance variétale rappelle **Aurore Baillet (2016)** Suite à la réévaluation du comportement de 66 variétés face à la cylindrosporiose, nous avons pu mettre en avant que plus de la moitié des variétés (54%) étaient sensibles (6%) ou assez sensibles (48%) à la cylindrosporiose. Il est donc important que la maladie redevienne un enjeu de sélection et de choix variétal, donc la principale méthode de lutte reste la tolérance variétale **(Penaud ,2016)**.

III.7. La hernie de colza (*plasmodiophora brassicae*) (Burki *et al.* 2010 ; He *et al.* 2014).

III.7.1. Descriptions et nom scientifique

P. brassicae est un eucaryote unicellulaire, parasite biotrophe obligatoire de la division des Rhizaria, et de l'ordre des Plasmodiophorida **(Burki *et al.* 2010 ; He *et al.* 2014)**. C'est à partir de la première moitié du XXème siècle que la hernie a été décrétée comme l'une des principales maladies des Brassica légumières **(Dixon, 2009)**. De nos jours, la hernie est présente dans plus de 60 pays dans le monde, particulièrement dans les zones au climat doux et tempéré, où la culture de Brassica est présente **(Figure 36),(Dixon, 2009)** la hernie des crucifères n'est pas la principale maladie des Brassicacées. Toutefois, elle est la maladie racinaire majeure et semble progresser régulièrement, étant considérée comme une maladie émergente ou ré émergente **(Terres Inovia, 2008)** Cependant, le développement de la hernie est beaucoup plus préoccupant **(Chai *et al.* 2014 ; Strelkov et Hwang, 2014)**.



Figure 40: La hernie (*P. brassicae*) de colza (Yara ,2021).

III.7.2. Le cycle de vie de *P. brassicae*

Constitué de trois stades distincts : la survie dans le sol, l'infection des poils absorbants et l'infection des cellules corticales (Ayers, 1944 ; Ingram et Tommerup, 1972 ; Naiki, 1987) L'inoculum primaire est composé de spores de repos, dispersées par les tissus infectés lors du cycle d'infection précédent dans le sol alentour. Les spores de repos ont la forme d'une sphère, couverte d'épines, d'environ 3 μm (Williams et McNabola, 1967 ; Buczacki et Cadd, 1976 ; Ikegami *et al.* 1978). Ces spores de repos ont une capacité de survie très importante dans le sol, hors de leur plante hôte, permettant à l'agent pathogène d'attendre une nouvelle plante hôte. En effet, la période de demi-vie d'un inoculum est estimée entre 3 et 6 ans (Wallenhammar, 1996). De plus, il est nécessaire d'attendre plus de 17 ans pour que le niveau d'infestation des champs les plus infectés passe sous le seuil de détection (Wallenhammar, 1996). Lors de leur germination, chaque spore de repos haploïde relargue une zoospore primaire biflagellée, de 2.8 à 5.9 μm , en forme de bâton ou de poire (Ayers, 1944). Les deux flagelles diffèrent par leur taille ainsi que par la forme de leur terminaison. Lorsqu'une zoospore primaire atteint la surface du chevelu racinaire, elle pénètre la paroi cellulaire. Cette étape est appelée infection du chevelu racinaire ou infection primaire. La formation de plasmode primaire s'effectue ensuite dans les cellules du chevelu racinaire. Au sein des plasmodes, de nombreuses divisions nucléaires se produisent de façon synchronisée, jusqu'à ce que le plasmode se clive en zoosporanges. Ces zoosporanges s'agrègent entre eux dans les cellules du chevelu racinaire, puis relarguent 4 à 16 zoospores secondaires. Suite à cette étape, les zoosporanges vides restent dans le chevelu racinaire. Les zoospores secondaires ne peuvent être différenciées visuellement des zoospores primaires.

Des zoospores secondaires binucléées ont été observées et interprétées comme résultant de la fusion de deux zoospores secondaires, et non d'une division du noyau (**Tommerup et Ingram, 1971 ; Ingram et Tommerup, 1972**). Les zoospores secondaires pénètrent dans les cellules du tissu cortical, une étape appelée infection corticale ou infection secondaire. Une fois à l'intérieur de ces cellules, il y a de nouveau production de plasmodes, cette fois-ci secondaires. Ces plasmodes secondaires permettent la prolifération de l'agent pathogène et sont responsables de l'hypertrophie et l'hyperplasie des cellules de la plante hôte ce qui entraîne l'apparition d'une galle. Les plasmodes secondaires transitent de l'état mononucléé à l'état plurinucléé grâce à des divisions successives de leur noyau au cours de l'infection secondaire (**Garber et Aist, 1979**). Pour finir, un clivage complexe des plasmodes plurinucléés s'effectue et aboutit au relargage dans le sol de spores de repos lors de la décomposition des tissus racinaires de la plante hôte (**Ikegami *et al.*, 1982**).

III.7.3. Symptômes et dégâts

La hernie des crucifères est caractérisée par le développement de galles au niveau du système racinaire, qui perturbe grandement l'alimentation hydrique, et par conséquent minérale, de la plante. Au niveau des parties aériennes, le déficit d'alimentation hydrique et minérale entraîne un flétrissement, (**Figure 37**), un retard de croissance ainsi qu'une sénescence prématurée de la plante du fait de sa capacité à potentiellement infecter la totalité des 3 700 espèces de la famille des Brassicacées, parmi lesquelles des espèces cultivées telles que *B. napus* (colza), *B. oleracea* (choux) et *B. rapa* (navette), l'impact économique de la hernie des crucifères est très important. A l'échelle mondiale, cette maladie entraînerait une perte de l'ordre de 10 à 15 % de rendement (**Dixon, 2009b**). Cependant dans certains cas, elle peut entraîner la destruction complète de la culture (**Howard *et al.* 2010**).



Figure 41: Hernie des crucifères (*P. brassicae*) (Syngenita, 2021).

III.7.4. Moyens de lutte

Différents moyens de lutte contre la hernie ont été utilisés ou envisagés (Dixon, 2009 ; Howard *et al.* 2010 ; Hwang *et al.* 2014) et sont spécifiés dans les paragraphes suivants.

III.7.4.1. Les pratiques culturales

Les rotations culturales classiques ne sont pas suffisamment efficaces pour stopper le développement de la hernie. En effet, la demi-vie des spores de repos de *P. brassicae* est de 3 à 6 ans et il faut plus de 17 ans avant de réduire suffisamment la quantité d'inoculum pour empêcher l'initiation d'une nouvelle infection (Wallenhammar, 1996). L'utilisation de cultures intermédiaires, telles que la pomme de terre, l'oignon, l'épinard et la fraise ont un effet très limité sur la réduction de la population de spores de repos dans le sol (Ikegami, 1985). Une autre stratégie est l'utilisation dans l'interculture de plantes non hôtes mais stimulant la germination des spores de repos telles que le poireau, le seigle et le ray-grass. Toutefois dans les sols fortement infestés, cette solution ne permet de réduire significativement les symptômes sur un hôte sensible comme le chou chinois (Murakami *et al.* 2000 ; Friberg *et al.* 2006 ; Ahmed *et al.* 2011). Dans les sols acides étant plus favorables au développement de la hernie des méthodes telles que le chaulage sont utilisées notamment en traitement des pépinières. (Gossen *et al.* 2014), En effet, en conditions contrôlées le développement des symptômes de la hernie est réduit dans un sol dont le pH est maintenu au-dessus de 7,2 (Murakami *et al.* 2002). Des résultats similaires ont été obtenus au champ, cependant le surcoût entraîné par le chaulage est trop important pour rendre viable cette méthode (Hwang *et al.* 2011). De plus, les résultats sont fluctuants en fonction des années et des types de sols et très dépendants des conditions de température et d'humidité favorables au développement de l'agent pathogène (Gossen *et al.* 2013). La mise en place d'un apport

nutritionnel combiné de potassium, de calcium, de magnésium et de bore, aurait pour effet de limiter le développement de la maladie (**Dixon et Page, 1997**). L'utilisation individuelle de calcium, dans un sol à pH élevé, a pour effet de diminuer la viabilité des spores de repos (**Myers et al. 1985 ; Webster et Dixon, 1991 ; Lee et Hsieh, 1992**) et de réduire le nombre d'infections primaires (Webster, 1986). Les effets du calcium sur la hernie seraient dus à un renforcement de la paroi cellulaire de la plante hôte (Palm, 1963), limitant ainsi la pénétration de *P. brassicae* (**Webster et Dixon, 1991 ; Donald et Porter, 2009**). **Walker et Hooker (1945)** ont mis en évidence que de faibles concentrations en potassium contribueraient à réduire le développement de la maladie. En effet, il semblerait que le potassium joue un rôle important dans le développement de *P. brassicae* (**Donald et Porter, 2009**). Suite à l'utilisation d'apport en bore, une limitation du développement de la hernie a été observée au cours de la phase primaire et secondaire d'infection (**Webster, 1986 ; Webster et Dixon, 1991**). Cet élément aurait un rôle dans la régulation de la teneur en auxine endogène ainsi que dans le maintien de l'intégrité des parois et membranes cellulaires (**Marschner, 1995, .(Bohnsack et Albert, 1977)**)

III.7.4.2. Lutte chimique

L'option de la lutte chimique a elle aussi été envisagée, cependant la plupart des molécules efficaces sont aujourd'hui interdites en raison de leur toxicité et des problèmes environnementaux qu'elles engendraient (**Donald et Porter, 2009**). Le pentachloronitrobenzène (PCNB), un fongicide efficace contre la hernie est toujours utilisé (**Donald et Porter, 2009**). Le flusulfamide, inhibant la germination des spores de repos (**Tanaka et al. 1999**), le fluazinam, interrompant la production d'énergie chez les champignons pathogènes, et le cyazofamide, inhibant le transport des électrons dans la membrane mitochondriale et permettant de réduire de 80% la germination des spores de repos (**Mitani et al. 2003**)

III.7.4.3. Lutte biologique

La lutte biologique constitue un moyen de lutte potentiel pour limiter les symptômes de la hernie. En effet, **Peng et al. (2011)** ont mis en évidence l'effet du biofongicide SerenadeTM, contenant des spores de *Bacillus subtilis* QST713 ainsi que de son filtrat de culture, sur la hernie du colza en conditions contrôlées. Ce biofongicide jouerait un rôle dans la stimulation des défenses de la plante (**Lahlali et al. 2011 ; 2013**). Les effets bénéfiques de champignons endophytes racinaires, tel qu'*Acremonium alternatum* et *Heteroconium chaetospira*, ont également été mis en évidence sur le développement de la maladie (**Narisawa et al. 1998, 2005 ; Doan et al. 2008**).

III.7.4.4. La résistance génétique

La totalité des Brassicacées, soit plus de 3 700 espèces, sont potentiellement des plantes hôtes pour *P. brassicae*. Cependant, les analyses génétiques de la résistance à cet agent pathogène se sont majoritairement focalisées sur *A. thaliana*, *B. rapa*, *B. oleracea* et *B. napus*. (Piao *et al.*, 2009).

III.8. Le Mildiou du colza (*peronosporosa brassicae*) (Wikiagri, 2019).

III.8.1. Description et nom scientifique

Le mildiou est une maladie qui sévit quand le climat est régulièrement pluvieux avec une température comprise entre 12 et 25°C (Blancard *et al.* 2012). Le mildiou du colza, ou *peronosporosa brassicae*, est une maladie fongique qui ne s'avère nuisible pour la culture du colza (Figure 37) que dans des cas rares et seulement si l'attaque s'avère précoce, sur les semences. (Wikiagri, 2019). Cette infestation n'est généralement pas la préoccupation première des agriculteurs. Mais c'est une erreur puisque le rendement peut toutefois être impacté. (Wikiagri, 2019).

III.8.2. Cycle de développement

La source d'inoculum traditionnellement invoquée comme étant à l'origine des foyers primaires de mildiou est constituée de sporocystes produit sur les organes infectés, (Figure 38) laissés en bordure de champs, soit restants dans la parcelle ou à proximité immédiates de celle-ci durant la phase hivernale (repousses, tas de triage), (Boyd, 1974). Concernant les plants, un grand nombre d'étude a montré que seule une faible proportion des organes contaminés donne des poussées porteuses de mycélium et de fructification du champignon. Selon Robertson (1991), ceci s'explique par le fait que le mycélium situé trop loin des jeunes pousses ne les atteint pas à temps pour être entraîné hors de terre lors de la croissance de la tige.



Figure 42: Mildiou (*peronosporosa brassicae*) sur le colza (Panaud ,2019).

III.8.3. Symptômes et dégâts

Les symptômes de la maladie sont variés. Les premiers signes sont visibles sur feuille et se présentent sous la forme d'une tache d'huile de 2 à 3 cm de diamètre (Galet, 1977) et des taches jaunâtres qui occupent généralement le centre des feuilles sur leur face supérieure. Les symptômes évoluent avec l'avancée et la propagation des champignons : l'intérieur des feuilles peut se voir doter d'un voile ou feutrage blanchâtre, d'un aspect poudreux ou cotonneux. (Figure 39) La plante se montre très vulnérable du stade de cotylédons au stade 2/3 feuilles : à cette période, la maladie peut conduire au pourrissement et à la destruction du végétal. (Wikiagri, 2019). La nuisibilité du mildiou s'établit à 3 niveaux que sont la qualité et la quantité de la production de l'année présente, et l'affaiblissement de la plante l'année suivante (Dubos, 2002)



Figure 43: Mildiou (*peronosporosa brassicae*) sur la feuille de colza (Dakalb ,2007).

III.8.4. Méthodes de luttés

Le mildiou est capable de se conserver plus de 10 ans dans le sol. L'inoculum, produit à la suite d'attaques, accroît le risque mildiou pour les 3 à 4 années qui suivent l'allongement des rotations : le retour du tournesol une année sur trois (ou plus) permet de limiter la pression mildiou et semer dans un sol bien ressuyé et réchauffé, et retarder le semis si de fortes précipitations sont annoncés les jours suivants afin d'esquiver les conditions favorables aux infections ainsi que la destruction dans les parcelles toutes les espèces pouvant héberger le mildiou et mauvaises herbes comme l'ambroisie, le bidens, le xanthium par un désherbage adapté et l'élimination les plantes hôtes du mildiou en interculture, telles que le niger, susceptibles de multiplier le mildiou. (Mestries et Panaud, 2020).

III.9. *Pseudocercospora capsellae* (stade a sexué) (Wikiagri, 2019)

III.9.1. Description et nom scientifique

C'est une maladie fongique à l'impact relativement modéré sur la culture du colza. La pseudocercosporose ou *pseudocercospora capsellae* peut cependant entraîner des pertes de l'ordre de 5 à 6 quintaux par hectare si l'infection se propage aux siliques et atteint les graines. (Wikiagri, 2019) ce dernier engendre des Petites taches brunes qui deviennent blanches-beige, de forme arrondie à anguleuse de 5 à 15 mm, délimitées par un liseré brun et, dans un premier temps, sans ponctuation. (Benaud, 2019)



Figure 44: *Pseudocercospora capsellae* sur le colza (syngenita ,2021).

III.9.2. Cycle de développement

Le champignon persiste dans le sol sous forme de pseudosclérotés sur les débris de culture. Les spores libérées entraînent l'apparition des taches blanches sur feuilles. Taches qui vont elles-mêmes produire de nouvelles spores qui contaminent alors les autres feuilles, les

tiges puis les siliques lorsque les conditions sont humides au printemps, avec des températures comprises entre 14 et 20°C. (Cetiom ,2018).

III.9.3. Symptômes et dégâts

Les symptômes sur feuilles consistent en des taches blanches entourées d'une bordure brune.(Figure 40).Sur tiges, les taches sont allongées, d'un gris-violet.Sur siliques, les taches sont noires, avec une dépression claire. (Bayer ,2018)

III.9.4. Moyens de lutttes

Il est d'abord conseillé d'utiliser des semences peu ou pas sensible à la maladie. Il existe plusieurs variétés dans ce cas. L'élimination approfondie des résidus et pailles des cultures précédentes par broyage et enfouissement permettra d'exterminer l'inoculum initial. (Wikiagri, 2019). Une rotation raisonnée et un semis tardif (infections d'automne) limiteront le danger du piétin-verse ainsi que leur disponibilité en tant que plante hôte pour le parasite. En même temps, les conditions climatiques deviennent moins favorables au champignon. Aussi un semis moins dense donnera une culture plus aérée dans laquelle le mycélium s'étendra moins vite. En même temps, les gaines foliaires meurent plus rapidement. Il s'ensuit une moindre fragilité vis-à-vis du piétin-verse. (Morvan, 2006)

III.10. *Mycosphaerella capsellae* de colza (stade sexué)(Ephytia ,2017).

III.10.1. Description et nom scientifique

Le *Mycosphaerella* est un champignon microscopique agent de plusieurs maladies des plantes car les champignons sont responsables du près de la moitié des maladies connues. (Le Poivre, 2003)Le genre *mycosphaerella* est un des genres les plus représentés des ascomycètes avec plus de 3000 Taxa. Environ 23 genres an amorphes ont été liés à *Mycosphaerella*. (Jacom et al 2003). L'espèce *Mycosphaerella capsellae* c'est celle de la culture de colza qui entraîne l'infection primaire sous forme de taches blanches sur les feuilles (Figure 41). D'autres spores sont produites et entraînent l'infection des feuilles, des tiges et des siliques. Un temps humide et des températures fraîches (13-18°C) favorisent le développement du champignon. (Ephytia ,2017).



Figure 45: *Mycosphaerella capsellae* sur le colza (Aumailly ,2016).

III.10.2. Cycles de développements

Mycosphaerella se conserve dans les résidus de récoltes et dans les graines. Sous la forme de mycélium et de conidies Un temps humide et doux lui permet un développement rapide. Les spores germent sur les feuilles basses et contaminent peu à peu les organes supérieurs par projections ou par le vent. (Dakalb ,2016)

III.10.3. Symptômes et dégâts

Sur feuilles et tige (**Figures :42,43**) : le premier symptôme apparaît sur la face supérieure, sous forme de tirets jaunes pâles ou marron foncé sur la face inférieure de 1 à 2 mm de long, qui s'élargissent pour former des lésions nécrotiques à halo jaune et centre gris clair. Les lésions peuvent devenir coalescentes et détruire de vastes portions de tissus foliaires, entraînant une réduction du rendement et une maturation prématurée des grains (**Philipotte et al, 1913**). Ses symptômes se manifestent sur les feuilles à un plus jeune âge et causent donc davantage des dégâts au système foliaire. (**Zapater et al 2008**). En outre, elle affecte beaucoup les cultivars résistants. Les pertes de production peuvent atteindre dans certains cas plus de 50% (**Carlier et al, 1997**). Sur siliques(**Figure 44**)des petites taches brunes et irrégulières apparaissent, elles deviennent noires puis grises à blanches à maturité et sont déprimées. Les fructifications du champignon peuvent être visibles au centre des taches.



Figure 46: *Mycosphaerella capsellae* sur feuille de colza (Benaud ,2019).



Figure 47: *Mycosphaerella* sur tiges (Terres inovia ,2016).



Figure 48: *Mycosphaerella* sur silique (Dekalb, 2016).

III.10.4. Méthodes de lutttes

Pour contrôler la tache blanche des crucifères, il faut éradiquer les mauvaises herbes des crucifères et les volontaires, favoriser une longue rotation (3 ans) des cultures avec des plantes non hôtes.

III.10.4.1. Mesures agronomiques

Enfouir les résidus de la culture et éviter l'utilisation de graines de ferme (le champignon pouvant se conserver sur les graines). (Dekalb, 2016)

III.10.4.2. Mesures phytosanitaires

Il n'y a aucun produit homologué pour ce champignon. Les traitements fongicides à base de triazole permettent toutefois d'en limiter le développement. (Dekalb, 2016)

III.10.4.3. Mesures génétiques

A ce jour, aucune résistance génétique n'a été identifiée face à cette maladie. Sur les essais touchés par *mycospharella* certaines variétés ont parfois un meilleur comportement, mais ce comportement semble plus lié au stade de la plante au moment de l'attaque qu'à une résistance génétique. Ainsi, les variétés présentant ce « bon comportement », ne sont pas les même d'une année sur l'autre. (Dekalb, 2016)

III.11. La verticilliose (*Verticillium dahliae*) (Toueni, 2014).

III.11.1. Description

La verticilliose est l'une des maladies les plus graves. Elle est causée par un champignon présent dans le sol, *Verticillium dahliae*, qui affecte d'abord les racines puis le système vasculaire de la plante et cause des dommages dans les parties aériennes. Selon l'ampleur de l'atteinte, la verticilliose se manifeste par le dessèchement brutal d'un ou plusieurs des organes de la plante, parfois même de plantes entier. Les feuilles prennent une teinte grise puis brune, et le bois se colore de brun-rouge (Clémentine, 2016). Le genre *Verticillium* a une longue histoire taxonomique. Il a été évoqué pour la première fois en 1816 par Von Ness. Il désignait un groupe de Deutéromycètes caractérisés par un conidiophore verticillé d'où le nom *Verticillium*, à l'époque cette définition incluait plus de 50 espèces dont les parasites d'insectes, de nématodes ou d'autres champignons et un groupe d'espèces particulières qui provoquent des maladies de flétrissement vasculaire chez les dicotylédones. Ces derniers se distinguent des autres par le fait qu'elles forment des structures de dormance. dans ce groupe on trouve *Verticillium albo-atrum*, *Verticillium dahliae*, *Verticillium tricorpus* et *Verticillium nigrescens*. L'agent causal le plus important économique et le plus étudié est *verticillium dahliae* ce dernier et celui de colza (Toueni, 2014).



Figure 49: Verticilliose sur plante tournesole(Raffin ;2017).

III.11.2. Cycle de développement

Le cycle de développement de *Verticillium dahliae* déroule en deux phases, une phase non parasitaire et une phase parasitaire. A. La phase non parasitaire Les microsclérotés sont des structures de résistance, incorporés dans le sol lors de la dégradation des débris végétaux pendant la phase non-parasitaire du cycle de vie de *Verticillium dahliae*. Ces structures de repos peuvent résister aux facteurs biotiques et abiotiques défavorables, se trouvant habituellement dans les sols, et restant viables pour un maximum de 15 ans en attendant que les conditions environnementales soient favorables. En revanche, les hyphes et les conidies de *Verticillium dahliae* perdent leur viabilité dans les sols pendant une courte période de temps (Prietoet *et al*, 2009). Cette phase du cycle biologique commence avec la germination dans le sol, stimulée par la présence de racinaires de plantes sensibles ou non sensibles. Cette germination donne lieu à la formation d'hyphes qui pénètrent dans les racines. La pénétration d'hyphes infectieux dans le système racinaire de la culture se fait par les blessures produites naturellement (nématodes), ou par les dommages causés par l'homme (pratiques culturelles). Une fois installé dans le système vasculaire des racines, la colonisation du pathogène des tissus de la partie aérienne des plantes peut être très rapide, et peut éventuellement atteindre les pétioles des feuilles (Heinz *et al*. 1998). En effet, *Verticilliumdahliae* peut progresser sur toute la longueur de la plante à l'aide d'un processus cyclique comprenant la prolifération des hyphes, la production et la germination des conidies. La production de conidies semble être favorisée dans les vaisseaux duxylème des arbres, probablement dû à un environnement physico-chimique particulier (Prietoet *et al.*, 2009).

III.11.3. Symptômes et dégâts

La sévérité des symptômes de cette maladie dépend principalement du type de sol, la densité d'inoculum, la virulence du pathogène, la susceptibilité et les conditions environnementales (**Hiemstra et Harris, 1998 Pegg et Brady, 2002**). Les symptômes sont très fréquents et grave dans les années humides ou dans les zones où le sol est excessivement humide en été. L'intensité de la maladie varie de saison en saison, les cultures atteintes peuvent sembler saines l'année suivante et pendant ensuite plusieurs année (**Levin, 2003**). Les feuilles de la partie attaquée se recroquevillent légèrement vers la nervure centrale de la face inférieure, perdent leur coloration vert franc pour virer au brun clair, puis se dessèchent complètement. Les fleurs restent suspendues. Les attaques sont brutales .elles peuvent s'accompagner d'une émission abondante de rejets soit au pied de la plantes soit à la base de la charpentière infestée (**Argenson et al. 1999**). Aussi les organes de la plante peuvent montrer un teint violacé, ou des lésions longues un peu enfoncées correspondant à la distribution longitudinale des vaisseaux de xylème. Si cet infection est rapide et ne laisse pas à l'arbre le temps d'émettre des rejets, elle peut être mortelle. (**lopez-Escudero et al. 2010 ; Martin-Lapierre, 2011**)



Figure 50: Symptômes de Verticilliose sur plante tournesole (**Raffin,2017**).

III.11.4. Moyens de luttés

Ce sont, pour l'essentiel, des méthodes préventives permettant de diminuer l'incidence de la maladie en plantation. Parmi celles-ci, l'élimination des organes souffrant de verticilliose, l'utilisation de fumure potassique. La pratique culturale consiste aussi l'amendement de sol avec les débris organiques d'animal ou végétale pour réduire divers agents phytopathogènes (**Jordanie et al. 1972 ; Subbarao et Hubbard ; 1999 ; Blok et al. 2000 ; Lazarovits et al ; 2000**).

III.11.4.1. Moyens de lutte physique

En dehors des mesures préventives permettant d'éviter la désinfection du sol, soit par la solarisation ou traitement à la vapeur, semble la seule méthode de contrôle éprouvée. Cette technique consiste à bien mouiller et à la recouvrir d'une toile plastique pendant les périodes les plus chaudes de l'été (Skoudriadakis et Bourdos, 1989). Les travaux de Bourdos et Skoudridakis (1996) sur la verticilliose démontrent l'efficacité de cette méthode.

III.11.4.2. La résistance génétique

Le meilleur contrôle de la maladie se fait par l'utilisation de variétés résistantes (Romane et Vigouroux, 1999, in Boukendal, 2002).

III.11.4.3. Moyens de lutte chimique

Des fongicides systémiques (thiabendazole, ole, benomyle, carbendazim et méthylthiophanate) utilisés pour traiter les plantes entières sont absorbés par le feuillage et les racines et transportés par le xylème (Erwin et Buchenauer, 1971). Un mélange d'acide aminé méthionine et de vitamine A semblé être un fongicide efficace contre *V. dahliae* dans la mesure où la luminosité est suffisante (Tzeng, 1989). Cependant, aucune lutte chimique efficace n'a été mise au point (Tawil, 1979 ; Tawil *et al.* 1991 ; Tjamos, 1993). La mesure efficace pour le contrôle de ce pathogène est la biofumigation du sol par le bromure méthylique et la chloropicrine. Des études ont montré que l'ammoniac et l'acide nitreux des amendements azotés tuent les microsclérotés de *V. dahliae* (Iglesias *et al.*, 1999). Les traitements chimiques montrent une efficacité limitée due en particulier au développement de résistance chez les pathogènes cibles et participent à la destruction de l'équilibre microbien des sols. Ces constatations justifient le développement d'autres moyens de lutte et en particulier la lutte biologique utilisant différents micro-organismes, champignons ou bactéries, libre ou symbiotiques et bénéfiques pour la culture (Lille, 2002).

III.12. Pourriture grise *Botrytis cinerea* (Leroux *et al.*, 1999)

III.12.1. Description

La pourriture grise, causée par *Botrytis cinerea* est l'une des maladies la plus redoutable et les plus destructives des cultures (Leroux *et al.*, 1999); ce pathogène, responsable de la maladie, est un champignon omniprésent dans l'environnement (Elad *et al.*, 2007) et capable de s'attaquer à une très grande variété de plantes hôtes, Il est capable de se développer aussi bien en saprophyte, sur des débris végétaux, qu'en parasite, aux dépens d'une plante vivante, (Dubos, 2002) et ainsi, causer la pourriture grise des feuilles, des pétioles, des tiges et des fruits (Kalogiannis *et al.*, 2006), sous serre et en plein champ, mais

elle est particulièrement sévère dans les conditions de lumière faible et d'humidité élevée des serres (O'Neill *et al.*, 1997).

Botrytis cinerea est un pathogène cosmopolite et très polyphage qui provoque de grave perte dans nombreux cultures, légumes et plantes ornementales (Schwinn, 1992) et qui peut être particulièrement plus sévère dans les cultures sous serres (Jarvis, 1980). C'est un phytopathogène aérien qui colonise les débris végétaux (parties de plantes sénescentes ou mortes), s'y développe vigoureusement, et à partir de cette base contamine les organes verts et sains (Lafon *et al.* 1970). De ce fait, il est considéré comme un champignon necrotrophe et saprophyte du sol et des débris végétaux en décomposition (Melvin *et al.*, 2006 ; Martinez *et al.*, 2005). L'étymologie de son nom fait référence directement à sa morphologie : « Botrytis » signifie « en forme de grappe », indiquant ainsi la morphologie des conidiophores, et « cinerea » renvoie à la couleur gris cendrée de la sporulation (Walker, 2013).



Figure 51: Botrytis ssp. Sur tournesol (Raffin, 2017).

III.12.2. Cycle de développement

Au cours de son cycle biologique, *B.cinerea* peut produire du mycélium, des spores sexuées, des spores asexuées (conidies), ainsi que des sclérotés (Agrios, 2005 ; Ajouz, 2009). *B.cinerea* se reproduit majoritairement par la voie asexuée (Nicot et Alain, 1996). Durant l'hiver, le champignon se conserve principalement sous forme de sclérote dans les débris morts de l'hôte, la plupart du temps les feuilles tombées au sol (Elad *et al.* 2007). Les sclérotés sont d'abord blancs, puis ils brunissent et enfin noircissent, par la suite leur surface est brillante et marquée de fines ponctuations régulières (Ibrahim Ghaleb, 1999). Lorsque les conditions de température et d'humidité redeviennent favorables à la végétation, les sclérotés germent, leur croissance commence au début du printemps dans les régions tempérées (Elad *et al.* 2007), pour produire du mycélium qui va perforer la cuticule végétale grâce à ses appressoria (Williamson *et al.* 2007). Il y aura par la suite le développement des

conidiophores portant des macroconidies (spores asexuées) qui serviront d'inoculum primaire **(Romanazzi et Erica, 2004)**

Une autre voie de développement de la pourriture grise existe mais elle est très rare, même quasi inexistante, c'est la reproduction sexuée par la production des apothécies **(Elad et al 2007)**. L'infection par *B.cinerea* commence généralement sur les fleurs puis se propage sur les fruits en développement **(Elad et al. 2007)**. Le Botrytis est surtout considéré comme un saprophyte qui s'attaque d'abord aux cellules altérées (blessures mécaniques ou d'insectes, dessèchement) pour ensuite envahir les tissus sains **(Elmer et Michailides, 2004)**. Lorsque les conditions sont favorables ce champignon peut produire plusieurs millions de spores dans quelques jours sur des plantes malades. Ces spores sont facilement dispersées par les courants d'air et peuvent provoquer un développement rapide des épidémies **(Leyronas et al. 2015)**. Une fois l'infection de l'hôte par *B.cinerea* est établie, une multitude de symptômes peut apparaître. Il s'attaque aux fleurs, aux pédoncules et aux fruits à toutes les étapes de la croissance de la plante, puis la culture entraînant ainsi leur pourriture et la formation d'une couche uniforme de matière soyeuse épaisse et grise qui abrite les spores **(Agrios, 2005)**.

III.12.3. Symptômes

III.12.3.1. Symptômes sur feuilles

Sur les feuilles, *B.cinerea* peut provoquer des nécroses et des lésions et laisse apparaître des taches brunes à l'extrémité des folioles permettant ainsi l'apparition d'un duvet grisâtre sur la feuille. Lors d'une épidémie grave, le feuillage entier va être détruit **(Elad et al. 1995)**.

III.12.3.2. Symptômes sur tiges

Lorsque la tige est envahie par *B. cinerea*, le plant meurt entièrement ce qui va engendrer des pertes de rendement **(Elad et al. 1995)**. A ce niveau, l'infection aura lieu à la faveur d'une blessure, et commence généralement à la base des pétioles de la feuille **(Elhadi, 2012)**.

III.12.3.3. Symptômes sur fleurs

Lorsqu'une fleur est infectée elle avorte et ne produit pas de graine, cette infection, dans certains cas, se développe pour atteindre également la tige **(Elad et al. 1995)**.



Figure 52: Botrytis sur le tournesol (Terres inovia, 2018).

III.12.4. Moyens de lutttes

La lutte contre la pourriture grise nécessite une combinaison de plusieurs moyens. Les méthodes de lutte telles que les techniques culturales (Elad *et al.* 2007), la gestion du climat (Jeannequin *et al.* 2011), et la lutte chimique sont développées (Billard *et al.* 2011), tandis que la lutte biologique est abordée comme une perspective prometteuse (Hmouni *et al.* 2005).

III.12.4.1. Lutte culturale

Le site et la méthode de plantation doivent faire en sorte d'assurer un séchage rapide du feuillage et des fleurs afin de limiter le développement du champignon. Ainsi, il faut choisir un site où l'air circule facilement, avec une bonne exposition au soleil, sur un sol qui se draine bien. Il est préférable d'orienter les rangs dans le sens des vents prédominants, toujours pour assurer un séchage rapide du feuillage (Wilcox, 1993).

Les conditions environnementales, en particulier l'humidité relative, joue un rôle clef pour l'infection de la plante par *B. Cinerea* et le développement de la maladie. L'idée générale encore une fois est d'éviter que le feuillage reste humide longtemps. Ainsi, le (CPVQ, 1985) recommande d'irriguer de préférence le jour et lorsque la température dépasse 20 °C. (Hofstetter, 1990) recommande quant à lui d'irriguer tôt le matin par journée ensoleillée de façon à accélérer le séchage de la surface du sol et donc réduire la sporulation du champignon. L'irrigation goutte-à-goutte permet de réduire les risques de maladie en gardant le feuillage sec. Rotation Une façon simple d'éviter les problèmes de pourriture grise est de faire une rotation courte, c'est-à-dire de ne faire la récolte qu'une année. Variétés résistantes Pour l'ensemble des cultures attaquées par le champignon, il n'existe aucune variété commerciale

résistante à la pourriture grise (**Dik et Wubben, 2004**). Il est très important de contrôler la fertilisation afin de pouvoir limiter le développement de *B. cinerea* (**Elad et al. 1992**).

III.12.4.2. Lutte chimique

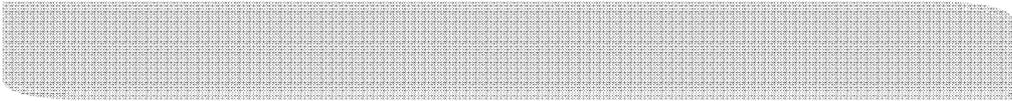
La lutte chimique constitue la principale méthode de contrôle pour réduire l'impact de la pourriture grise sur les cultures dans le monde (**Leroux et al. 2004**). Elle est définie par l'utilisation de fongicides pour tuer le champignon ou réduire sa nocivité. En absence de variétés de colza résistantes à ce pathogène, le contrôle de cette maladie est basé sur l'usage répété de ces fongicides, comme par exemple des benzimidazoles et des dicarboximides, qui n'empêchent pas des pertes considérables de rendement, (**Hmouni et al. 2003**). Le mécanisme d'action de ces produits peut survenir à différents niveaux du fonctionnement de l'organisme, comme par exemple la respiration, la biosynthèse des stérols ou la division cellulaire (**Rocher, 2004**). L'application du traitement sur les plantes peut se faire de manières différentes, la pulvérisation sur le feuillage est une méthode de lutte très fiable (**Bhatt et Vaughan, 1962**) ; bien que les souches de *B. cinerea* tendent à devenir résistantes aux substances chimiques habituellement utilisées (**Hmouni et al., 2005**), on a l'exemple des dicarboximides, relativement plus efficaces, ont été confrontés au phénomène de résistance (**Hmouni et al., 2003**). L'application de la lutte chimique est devenue de plus en plus inapplicable, ceci est le résultat de plusieurs facteurs, tels que l'apparition de résistance dans les populations de champignons (**Hmouni et al. 2003**), le coût élevé des fongicides, leurs effets sur l'environnement, ainsi que leur incompatibilité avec l'agriculture durable (**Mouden et al. 2010**). De ce fait, les préoccupations environnementales et sanitaires résultantes de l'utilisation prolongée des pesticides exigent une bonne gestion de l'utilisation de ces produits (**Wahab, 2015**).

III.12.4.3. Moyens biologique

Une autre méthode utilisée pour lutter contre la pourriture grise est le contrôle via les méthodes biologiques (**Monaco et al. 2009**). L'application de certains agents, dit antagonistes, est efficace et permettent de réduire le potentiel d'infection et de sporulation de ce pathogène sur plusieurs plantes (**Hmouni et al. 2005**), comme il est possible d'utiliser des produits issus de ces mêmes organismes (**Kasmi, 2017**). Un autre intérêt a été accordé à l'utilisation des extraits aqueux de compost pour supprimer les maladies des plantes (**Mouria et al. 2013**). Ces antagonistes peuvent agir aussi par la sécrétion de substances volatiles capables de ralentir à distance le développement de l'agent pathogène ainsi que sa sporulation (**Hassine et al. 2013**). Des résultats encourageants ont été obtenus d'après les études qui ont

été menées au moyen de *Penicillium sp.*(Card, 2005), et *Gliocladium spp.*(Senthilkumar et al., 2011).

Conclusion



Conclusion

Ce travail est une synthèse bibliographique sur quelques maladies de la culture colza. Il renferme des informations précieuses sur le colza, sa phénologie, ses ravageurs, et les maladies qui peuvent se développer sur les différentes parties de la plante, ainsi que les méthodes de lutte utilisées pour diminuer les dégâts économiques.

Les maladies identifiées appartiennent à différentes espèces, leur influence sur le colza est néfaste et dangereuse tel que le phoma ;Sclérotinia (*Sclerotinia sclerotiorum*) ;L'oïdium (*Erysiphe cruciferarum*) ;Alternariose (*alternariose brassicae*) La Cylindrosporiose (*Cylindrosporium concentricum*,) ;La hernie (*plasmodiophora brassicae*) Le Mildiou (*peronosporosa brassicae*) ; *Pseudocercospora capsellae* .- *Mycosphaerella capsellae* ; La verticilliose (*Verticillium dahliae*) Pourriture grise (*Botrytis cinerea*). (Le rendement d'une culture de colza est relié principalement aux conditions climatiques et à la méthode de lutte choisie selon le cycle de développement de la plante.

Références bibliographiques



Référence bibliographique

1. **Abawi G.G et Grogan R.G, 1975**, Source of primary inoculum and effects of temperature and moliture on infection of beans by *Whetzelinia sclerotiorum*. *Phytopathology*65 p300-309. Disponible en ligne:https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1975Articles/Phyto65_n03_300.PDF
2. **Abawi et Grogan, Yield 1975. Abawi g.s et Grogan R.G, 1979**. Epidemiology of diseases caused by *Sclerotinia* species. *Phytopathology*, 69: p899-904. Disponible en ligne:https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1979Articles/Phyto69_n08_899.PDF
3. **Abdullah R; Rahman A, Shariff FM, Simeh MA .,2008**. The Malaysian palm oil supply chain: the role of the independent smallholder. *Oil Palm Industry Economic Journal* 2008 ; 8 : 17-27.
4. **Acta ,2019**. Disponible sur le lien :
5. **Acta, 2009**. Etude du comportement de trois variétés de colza (*Brassica napus*) dans les conditions du Haut Cheliff, réalise par Ismail Guttaa ; Centre Universitaire de Khemis- Miliana- Ingénieur en Agronomie spécialité Phytotechnie.2010
6. **Agrios, G.N., 2005**. Plant pathology. Elsevier Academic Press, Burlington, MA, 922 p. Aguera, E., Cabello, P., de la Haba, P., 2010. Induction of leaf senescence by low nitrogen nutrition in sunflower (*Helianthus annuus*) plants. *Physiologia Plantarum* 138, 256-267.
7. **Aibar, 2005**. La lutte contre les mauvaises herbes pour les céréales en semis direct : Principaux problèmes. *Options Méditerranéennes, Série A, Numéro 69*, 8p.
8. **Akhtar, 1993**. Status and potential of some oilseed crops in the WANA region. Special study report, ICARDA...
9. **Anonyme, 1979**. La culture de colza oléagineux, Bilan de l'étude variétale, Haut Cheliff (1978-1985) pp4.33, revue.
10. **Anonyme, 1981**. La culture de colza oléagineux, Bilan de l'étude variétale, Haut Cheliff (1978-1985) pp4.33, revue.
11. **Anonyme, 2003** .Agriculture biologique, École nationale des travaux agricoles de Bourdon., Lavoisier. PP: 97-100.
12. **Anonyme, 2003**. Actes des travaux de l'atelier sur l'introduction et le développement des cultures Oléagineuses en système de production diversifiés en Algérie, Edition l'LT.G.C. (PNDAR) Alger, p112.

Références bibliographiques

13. **Anonyme, 2004.** Colza d'hiver, les techniques culturels le contexte économiques, Revue Edition CETIOM centre de Grignon Mai 2004 p.40
14. **Anonyme, 2011.** (Page consultée le 12/12/2011). Insectes nuisibles dans les céréales en végétation .http://www.orne.agri.com/iso_album/tc_ins
15. **Anonyme, 2014.** Article : Mesurer La Sécrétion Nectarifère : exemple d'une lignée hybride F1 et de son parent male stérile chez le colza d'hiver (*BRASSICA NAPUS L.*)
16. **Aouali et Douici-Khalfi, 2009).** A mechanistic model simulating ascosporic infections by *Erysiphe necator*, the powdery mildew fungus of grapevine. Plant Pathology.,
17. **Argenson C.1999.** L'olivier : Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes
18. **Asdrubale, M., 2010.** La défense des cultures .Educagrér, Dijon Cedex, 98 pp
19. **Aubertot J.N., Barbier J.M., Carpentier A., Gril J.J., Guichard L., Lucas P., Savary S., Savini I., Voltz M. (éditeurs) ,2004.**Pesticides, agriculture et environnement. Réduire l'utilisation des pesticides et limiter leurs impacts environnementaux. Stratégies de protection des cultures. In Rapport d'expertise scientifique collective, INRA et Cemagref (France) ,117p.
20. **Aumailly ,2016.** Disponible en ligne :
21. **Ayers, 1944 :** Disponible en ligne : https://www.agro.basf.fr/fr/cultures/colza/maladies_du_colza/oidium_colza.html
22. **Baillet A, Champolivier L, Flenet F, CETIOM. 2013.** Perspectives agricoles, colza nouveau calcul de la fertilisation azotée, n° 416. Berry PM, Spink JH. 2006. Centenary Review. A physiological analysis of oilseed rape yields, Past and future. J Agric Sci 144: 381–392.
23. **Baird, Dedryver C.A., Gary C., Guichard L., Jacquet F., Meynard J.M., Nicot P., Pitrat M., Reau R., Sauphanor B., Savini I., Volay T.1999.**Phoma black stem of sunflowers. Phytopathology. Chiffres clés 2011-2012 - Oléagineux France.
24. **Ballanger et Delorme, 2002.** « Résistance aux insecticides chez pucerons du colza à l'automne », Oléoscope, n°68, pp.31-36
25. **Barari H, Cook SM, Clark SJ, Williams IH .2005.** Effect of a turnip rape (*Brassica rapa*) trap crop on stem-mining pests and their parasitoids in winter oilseed rape (*Brassica napus*). BioControl 50, 69–86. ISSN: 1386-6141, 1573-8248 (fév. 2005).

Références bibliographiques

26. **Barbeau G., Blin A., Duc A., Lemaitre C., Panneau JP. (1998).** Essais « mode de taille » sur les cépages Cabernet Franc et Chenin en Val de Loire. La viticulture en Val de Loire. Janvier 1998. 12p.
27. **Barberis, 2019.** Interaction Chêne-oïdium : Caractérisation moléculaire et adaptation locale du parasite, résistance génétique de l'hôte. Thèse de doctorat. L'université Bordeaux 1.paris
28. **BASF - The Chemical Company. 2014.** Mildiou, oïdium, botrytis, black-rot : les principales maladies de la vigne. Disponible sur http://www.agro.basf.fr/agroportal/fr/fr/cultures/la_vigne/les_maladies4/les_maladies_5.html (consulté le 15/05/2014)
29. **Basu, 1974 .**Caractérisation et prévision des effets de la conduite de culture du tournesol sur la dynamique épidémique du phomopsis (*Diaporthe helianthi*). Mémoire Ingénieur ENITA Bordeaux, France, 55 p.
30. **Bayer, 2018.** Disponible en ligne:<https://www.bayer-agri.fr/cultures/combiner-performance-et-biocontrole->
31. **Belkaid, M., Zenaidi.N.Tabet Derraz.O. et Hamrioui.B.1991.**Cours de Parasitologie. Presse des publications universitaires. Place centrale-Ben-Aknoun Alger
32. **Bensid 1984.** Contribution à l'étude du phénomène d'hétérosis chez quelques hybrides F1 du colza : Thèse d'ingénieur .ITA de Mostaganem. Pp 25-30.
33. **Ben-Yeph ., Masirevic S., Gulya T.J. 1993.** *Sclerotinia* and *Phomopsis* - two devastating sunflower pathogens. Field Crops Res. 30, 271-300 p
34. **Beynaud ,2019.** La maladie des taches noires du tournesol causée par *Phoma macdonaldii* Boerema : Variabilité phénotypique et moléculaire - Evaluation de la sensibilité des génotypes à la maladie - Modalités de l'infection. Thèse de doctorat ès sciences. Institut National Polytechnique de Toulouse.
35. **Bhatt et Vaughan, 1962.** Antagonism of white mold(*Sclerotinia Sclerotiorum*) of bean bye fungi from bean and rapeseed flowers. Publication: Canadian Journal of Botany • June 1989 .<http://doi.org/10.1139/b89-225>
36. **Blancard villeneuve F., Mention p., Maignien G., Fournier C.2012.**Les maladies des plantes maraichères, INRA Paris.
37. **Bohnsack et Albert, 1977 .**Quantitative disease resistance under elevated temperature: genetic basis of new resistance mechanisms to *Ralstonia solanacearum*. Frontiers in Plant Science 8.

Références bibliographiques

38. **Boland et Hall, 1988.**Influence of simulated rainfalls with 'Rain tower' on the falling, sticking and leaching flowers on bean leaves.
39. **Boland et Hall, 1988;** A methodical way of prototyping integrated and ecological arable farming systems (I/EAFS) in interaction with pilot farms. *European Journal of Agronomy* 7, 235-250.
40. **Boukertaoue, 1993.** Apport de la lutte génétique contre les maladies du colza. *Phytoma*. 404 : 36-41.
41. **Boyd 1974.** Contribution à l'estimation des besoins en eau de la culture de la pomme de terre dans le périmètre de haut Chélif. *Mém. Ing., Centre Universtaire de Khemis Miliana.*
42. **Boyeldieu, 1991.** Produire des graines oléagineuses et protéagineuses. *Agriculture d'Aujourd'hui, Sciences Techniques Applications. Chapitre II, le colza.* p : 46-49, 56.
43. **Brisson et Levrault, 2010.** Changement climatique et culture du colza : l'essentiel des impacts. *Livre Vert du Projet CLIMATOR 2007-2010 ; Changement climatique, agriculture et forêt en France : simulations d'impacts sur les principales espèces.* p : 192.
44. **Brune H., M. Renard, M. Tribodet, J. Plessis et X. Tanguy, 2005.**Study on invasive plants in the Mediterranean Basin. *Rencontre Environnement, n° 59 : 49 - 50 p.*
45. **Brunin et Lacoste, 1970.** Evaluation of components of partial resistance to oat crown rust using digital image analysis. *Plant Disease.*
46. **Büchi, 2002.** « Mortality of pollen beetle (*Meligethes* spp.) larvae due to predators and parasitoids in rape fields and the effect of conservation strips », *Agriculture, Ecosystems and Environment*, vol. 90, pp. 255-263.
47. **Burki ., Candido v., dumontet S., Miccolis v., 2010 .**Evolution of Rhizaria ; new insights from phylogenomique analysis of uncultivated protists.
48. **Calvet, 1980.** Manuel de protection des végétaux-B. BAILLIERE. Paris, 220p
49. **Card, 2005 .**The *Arabidopsis thaliana* genome contains at least 29 active genes encoding SET domain proteins that can be assigned to four evolutionarily conserved classes. *Nucleic Acids Research* 29: 4319–4333.
50. **Caussanel, 1988.**Les parasites intestinaux chez le macaque crabier (*Macacafascicularis*).Etude expérimentale et recommandation pour la diagnose et la

Références bibliographiques

- gestion des rhizoflagellés et des ciliés. Thèse de doctorat. Ecole nationale vétérinaire D'alfort, Faculté de Médecine de Créteil, France. pp.30-34.
51. **Cetiom, 1988.** Le colza de printemps.
 52. **Cetiom, 1988.** Absorption et Répartitions de l'azote par la plante
 53. **Cetiom, 1993.** Colza d'hiver : le contexte économique, les techniques culturales et les débouchés.
 54. **Cetiom, 2005.** Insectes et autres ravageurs du colza. Cahier technique.
 55. **Cetiom, 2010.** Médecine tropicale et parasitologie. Ed médecine Science flammation.p124.
 56. **Cetiom, 2014.** Les stades repères du tournesol. CETIOM - Centre technique interprofessionnel des oléagineux et du chanvre. Disponible à l'adresse : <http://www.cetiom.fr/tournesol/cultiver-du-tournesol/atouts-points-cles/stadesreperes/>
 57. **Cetiom,2002.**<http://www.cetiom.fr/dossiers-phares/techniques-innovantes-dimplantations/couverts-associes>
 58. **Champion, 1997.**La résistance du colza à la hernie peut-elle être modulée par la fertilisation azotée
 59. **Champion, 1997.**Responsables de la détérioration des plantes maraichères par des systèmes enzymatiques et moléculaires. Mémoire doctorat. Université d'Oran.
 60. **Christine jean, 2000.** Freins et leviers à la diversification des cultures. Etude au niveau des exploitations agricoles et des filières. Synthèse du rapport d'étude, INRA, 52 p
 61. **Clémentine, 2016.**Etiologie, importance, and Plant Soil ditribution of Verticillium wilts of cotton in Southern Spain.
 62. **Cline et Jacobsen, 1983.**Effects of irrigation and tillage on temporal and spatial dynamics of Sclerotinia minor sclerotia and lettuce drop incidence, Phytopathology
 63. **Combara, 1989.** Colza : fiche technique
 64. **Compara, 1990.** Etude du désherbage chimique du colza. pp. 87-89.
 65. **Daniel et Messerli, 2014.** La cysticercose maladie négligée. Cysticercose 9.P309-345
 66. **Deklab, 2015.** Les maladies du colzadisponible en ligne :
 67. **Dik et Wubben, 2004.**Predicting diseases caused by *Sclerotinia sclerotiorum* on canola and bean a western Canadian perspective. Pages 489-497 | Accepted 09 Sep 2004.

Références bibliographiques

68. **Dixon, 2009.** Clubroot (*Plasmodiophora brassicae*) on canola and other Brassica species –disease development, epidemiology and management Pages 1-4 | Accepted author version posted online: 13 Dec 2013, Published online: 06 Mar 2014
69. **Dixon, 2009b** Identification of winter and spring *Brassica napus* genotypes with partial resistance to Canadian isolates of *Plasmodiophora brassicae*. Pages 538-546. Accepted 21 Jan 2020, Accepted author version posted online: 31 Jan 2020, Published online: 21 Feb 2020
70. **Donald et Porter, 2009.** Clubroot in Australia: the history and impact of *Plasmodiophora brassicae* in *Brassica* crops and research efforts directed towards its control. Pages 66-84 | Accepted 20 Nov 2013, Accepted author version posted online: 24 Jan 2014, Published online: 06 Mar 2014
71. **Downey. R.K., A.J. Klassen et G.R. Stringam. 1980.** Rapeseed and mustard. In W.R. Fehr et H.H. Hardley (eds.) Hybridization of crop plants. pp. 495-509
72. **Dubos, 2002.** Grape berry skin features related to ontogenic resistance to *Botrytis cinerea*. European Journal of Plant Pathology,
73. **Dubos, B. 2002.** Maladies cryptogamiques de la vigne. Editions Feret, Bordeaux, France. 200p.
Early fungicide treatment reduces blackleg on canola but yield benefit is realized only on susceptible cultivars under high disease pressure.
74. **Adrienne C., Athol R. Whitten, and Barbara .J .Howlett. 1995.** Population structure of *Sclerotinia sclerotiorum* in an Australian canola field at flowering and stem-infection stages of the disease cycle
77. **Elad Y., Williamson B., Tudzynski P., Delen N. (2007)** Botrytis spp. and Diseases They Cause in Agricultural Systems – An Introduction. In: Elad Y., Williamson B., Tudzynski P., Delen N. (eds) Botrytis: Biology, Pathology and Control. Springer, Dordrecht.
75. **Elhadi, 2012.** Disponible en ligne : https://www.agro.basf.fr/fr/cultures/colza/maladies_du_colza/
76. **Ephytia ,2017.** tache noir du chou ; maladies des taches noires article consulte le 24/02/2017.
77. **Erwin et Buchenauer, 1971.** The challenge and possibilities for control of *Verticillium* Symp., Septembre 20-22, Wyde College, England, pp.12-21

Références bibliographiques

78. **Essahat, A. 1995.** Détermination et caractérisation par des critères morphologiques de la période optimale de récolte du colza (*Brassica napus*) au Maroc. Mémoire de titularisation, INRA, juin 1995. 89 pp.
79. **Essahat, A., M. Alghoum et M. Meziati Driouch , 1997.** Désherbage du colza. In : Intensification du programme de recherche sur les cultures oléagineuses. pp. 73- 95. Convention de recherche entre INRA et DPV (Ministère de l'Agriculture) n° 2/93. Document de synthèse, novembre 1997.
80. **Ezzahiri, 2001.** Occurrence of *Erysiphe necator chasmothecia* and their natural parasitism by *Ampelomyces quisqualis*. *Phytopathology*. 2009
81. **Ezzahiri, B. (2001).** Les maladies du Blé Identification, facteurs de développement et méthodes de lutte (Bulletin Mensuel d'information et de liaison du PNTTA) N°77.
82. **FAO (FAOSTAT). 2012.** Statistiques de 2010 de superficies, rendements et productions de la culture du colza dans le monde. Extrait de www.faostat.fao.org.
83. **FAO/OMS, 1977.** Les graisses et huiles en nutrition humaine. Etude FAO : Alimentation et nutrition, n° 3. FAO, Rome, Italie. 90pp.
84. **Farrar, Roux D., Henriet L., Tschuy F., Wirth J., 2004.** Caractérisation de la communauté fongique impliquée dans la minéralisation du soufre organique dans les rhizosphères de colza et d'orge
85. **Ferraz ,Mailliard, A.; Gardet, O.; Heumez, E.; Walczak, P.1999.** Effects of bud phenology and foliage chemistry of balsam fir and white spruce trees on the efficacy of *Bacillus thuringiensis* against the spruce budworm, *Choristoneura fumiferana*
86. **Fitt, Illiescu, H., Ionita, A., Csep, N., lordache, E. 2006.** Phoma et dessèchement précoce du tournesol. CETIOM. Les points techniques du CETIOM
87. **Friedt et Snowdon, 2009.** Oilseed Rape. In J. Vollmann et I. Rajcan (eds.). *Oil Crops, handbook of Plant Breeding* 4. DOI 10.1007/978-0-387-77594-4-4. Springer Science+Business Media, LLC 2009. pp. 91-126
88. **Galet, 1977.** Identification of a plant nitric oxide synthase gene involved in hormonal signaling. *Science*, 302, 100-103.
89. **Garber et Aist, 1979.** Dispersal of ascospores of *Sclerotinia sclerotiorum* in relation to *Sclerotinia* stem rot of rapeseed.
90. **Gausson. Hanson, H.I., Smith, H.G., et Hedlund, K., 2014.** Agricultural management reduces emergence of pollen beetle parasitoids. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, volume 205, p. 9-142
91. **GINS 2009 .** Maitrise des repousses decrucifières cultivées.

Références bibliographiques

92. **Goddard, 1980.** Développement du colza comme plante Oléagineux en Aigle projet. Ed gucci. « ALG 175023 » pp3-1.
93. **Gonde et Jussiaux M., 1980.** Cours d'agriculture ,9 en édition Paris pp109-225
94. **Gondran, J. et Leclercq P. 2006.** Variabilité génétique du soja pour la résistance à la sclérotiniose (*Sclerotinia sclerotiorum* Lib de Bary). Liaisons statistiques avec certains caractères de la culture. INRA, France. Publication interne.
95. **Grau ,Goodwin, S.B. and Drenth1982 .**Sclerotinia sclerotiorum (Lib.) de Bary: Biology and molecular traits of a cosmopolitan pathogen. Mol Plant Pathol.. Calla, B., T. Vuong, O. Radwan, G.L. Hartman, et S.J. Clough. 2009. Gene expression profiling soybean stems tissue early response to Sclerotinia sclerotiorum and In Silico mapping in relation to resistance markers. Plant Genome.
96. **Grau et Hartmann, 1999.** Common Bean for Resistance to four Sclerotinia sclerotioru Isolates Collected in Northern Spain. Plant Disease.
97. **Grau, C.R. et Radke, V.L., 1984.** Effects of cultivars and cultural practicies on Sclerotinia stem rot of soybean. Plant Dis. 68: 56-58.
98. **Guillermou et Bruzeau, 2014.** Interaction Chêne-oïdium : Caractérisation moléculaire et adaptation locale du parasite, résistance génétique de l'hôte. Thèse de doctorat. L'université Bordeaux 1.paris
99. **Hall, 1992.** Additional notes on Phoma (*Leptosphaeria maculans*)
100. **Hall, 1992.** Pea and Bean. In R.J. Howard, J.A. Garland et W.L. Seaman (réds). Diseases and pests in vegetable crops in Canada. Ottawa. CPS et ESC. p. 211-223.
101. **Hänni et Günthart, 1947.** Soll der L andwirt noch Ra ps anbauen .Die Gürne 75(31), 888-891
102. **Harold et al. 1995.**Varieties of rapeseed oil and derived products for use in fuels and lubricants. In: Proc. 9th. Int. Rapeseed Conf., Cambridge, Royaume Uni, 4-7 juillet 1995. pp. 1341-1344
103. **Hassine. Herrera B. J., Velasco A. R., Ortiz A. S., Tovar M. L., & Muñoz M. Ú. 2013 .**Influencia del proceso de maduración del fruto en la calidad sensorial de aceites de olivavirgen de las varied des Picual, Hojiblanca y Picudo. Grasas y aceites. 63, 403-410.
104. **Hebinger et Pinochet, 2013.** La plante : classification botanique, élaboration du rendement, sélection. In : Le colza. Ed. France Agricole. ISBN : 978-2-85557- 241-3. Paris, France.

Références bibliographiques

105. **Heinz ,Neumann, S., Paveley, N.D., Beed, F.D., et Sylvester-Bradley, R.1998.**Current knowledge of the interaction between *Brassica napus* and *Leptosphaeria maculans*
106. **Heinz,Pérès A., Allard L.M 1998.** La verticilliose: étude épidémiologique et diversité génétique de *Verticillium dahlia* kleb. France, 171 p. <http://ethesis.inp-toulouse.fr/archive/00001103/01/seassau.pdf>
107. **Hiemstra et Harris, 1998 .**Evaluation de l'efficacité de certains champignons antagonistes vis-à-vis de *Verticilium dahliae* .*Crypt., Mycol.8,pp* 203-207
108. **Hiemstra et Harris, 1998** Vegetative compatibility of *Verticillium dahlia* isolated from olive trees (*Olea europea* L.) in Algeria. *Afric. J. Biotechn*
109. **Hmouni,Jirage, D., Tootle, T.L., Reuber, T.L., Frost, L.N., Feys, B.J., Parker, J.E 2005 .***Arabidopsis thaliana* PAD4 encodes a lipase-like gene that is important for salicylic acid signaling. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, 96, 13583-13588.
110. **Hmouni. Jee, H.J., Cho, W.D. and Kim, C.H. 2003.**Effects of potassium phosphonate on the control of *Phytophthora* root rot of lettuce in hydroponics. *Plant Pathology*, 18, 142-
111. **Hofstetter, 1990 .**Antifungal activity of nettle (*Urtica dioica* L.), colocynth (*Citrullus colocynthis* L. Schrad), oleander (*Nerium oleander* L.) and konar (*Ziziphus spina-christi* L.) extracts on plants pathogenic fungi. *Pak J Biol Sci*, 12, 58-63.
112. **Howlett, 2004.** Déterminisme génétique de la résistance du tournesol au Phoma. Thèse de doctorat ès sciences. Institut National Polytechnique de Toulouse (
113. **Hougen et Stefansson, 1982.**Hougen F.W.; Stefansson B.R.; Pakistan Agricultural Research Council, Islamabad (Pakistan). Social Sciences Div. [Corporate Author)
114. **Hwang, Smit J. T., Reemer M. & Aukema B., 2011.** Een invasie van de nieuw-zeelandse tarwewants *Nysius huttoni* in Nederland (Heteroptera: Lygaeidae). *Nederlandse Faunistische Mededelingen*, 27 : 51-70
115. **Iglesias,Moussart A, Duparque M, Rouxel F.1999.**Further Contributions to the Development of a Differential Set of Pea Cultivars(*Pisum sativum*) to Investigate the Virulence of Isolates of *Aphanomyces euteiches*. *Eur J Plant Pathol*, 109: 47
116. **IresPickett et Bugg, 1998.** INRA. UMR 0211 Agronomie, F-78850 Thiverval – Grignon, France.
117. **Jarvis, 1980.**Biosuppression of *Botrytis cinerea* in grapes, *Plant Pathology*,

Références bibliographiques

118. **Joly, 1964.** Réponses adaptatives d'*Alternaria brassicicola* au stress oxydatif lors de l'interaction avec les brassicacées. Mémoire doctorat Ecole doctorale VENAM. Université d'Angers
119. **Jones, 1974 .** Recherches sur la maladie du colza due à *Leptosphaeria maculans* (Desm.) Ces. Et de Not. IV. Pouvoir infectieux des pycniospores et sensibilité variétale. *Annales de Phytopathologie* 1974 ; 6 : 265-75
120. **Jones, J.P., Stall, R.E., and Zitter, T.A., 1991.** Compendium of tomato diseases. American *Phytopathological Society*, St Paul.MN.p.15.
121. **Jourdheuil, 1960.** Proceeding of the meeting at Rothamsted (UK) March 30-31, 2004 Edited by Birger Koopmann, Neal Evans, Samantha Cook and Ingrid H. Williams. IOBC wprs srop Vol .27(10).2004.
122. **Jung, 2018.** La cysticerose maladie négligée. *Cysticerose* 9.P309-345.
123. **Kalogiannis, Dechamp- Guillaume. G., Mestries E., Debaeke P., 2006.** Aggressiveness and In Planta Interactions of *Botrytis cinerea* and other Filamentous Fungi Quiescent in Grape Berries and Dormant Buds in Central Washington State, *J. Phytopathology*. Res. 115, 99-106.
124. **Kohler, 1985.** Identification of Stream Drift Mechanisms: An Experimental and Observational Approach. *Uni* .pp.559-563
125. **Körbitz, 1995.** Utilisation of oil as a biodiesel fuel. In D. Kimber et D.I. McGregor (Eds.). *Brassica Oilseeds: production and Utilization*. CAB International, Wallingford, Royaume Uni. pp. 353-372.
126. **Lafferty.K.D. (2008).** General Ecology: Parasites. P. 505-509.
127. **Lafon, Vear F., Muller M.H., 1970.** Chambre d'Agriculture de la Charente, Stewart A. *Botrytis Biology pathology and Control Qualite*.
128. **Lahlalie Diby P., Saju K.A., Jisha J.P., Sarma Y.R., Kumar A., Anandaraj M., 2011.** Mycolytic Enzymes produced by *Trichoderma* and *Pseudomonas* fluorescent spp. Against *Phytophthora capsici*, foot rot pathogen of the black pepper (*Piper nigrum* L.). *Annals of Microbiology*, 55, (2), pp 129-13
129. **Le Bourgeois T. 2019.** Les mauvaises herbes dans la rotation cotonnière au Nord-Cameroun (Afrique). Amplitude d'habitat - Degré d'infestation, Thèse Doc, Montpellier II, Montpellier, France, 249p. Disponible en ligne :
130. **Le Pape et Bronner, 1987.** The effect of *Ceutorhynchus napi* (Curculionidae, Coleoptera) on stem tissues of *Brassica napus var oleifera*, 207-212. In: Labeyrie V., Fabres G., Lachaise D. (eds). *Insects-Plants*. Junk Publishers, Dordrecht, 1987

Références bibliographiques

131. **Lerin, J.1993** .Influence of the growth rate of oilseed rape on the splitting of the stem after an attack of *Ceutorhynchus napi* Gyll. IOBC WP RS Bullet in 16, 160-163.
132. **Leroux Wagner D., Lieven J. 1999**.Elmer P A G, Michailides T-J. Botrytis Biology pathology and control : Epidemiology of Botrytis cinerea in Orchard and Vine Crops.
133. **Levin, 2003**.Agent de la verticilliose. Thèse. Doct. D'Etat. Univ. Oran (Algerie). Bellahcene M., Fortas Z., Geiger J.P., Matallah A
134. **Leyronas, Davis, R. M., Kimble, K.A., and Farrar, J.J., 2015**. Etude des potentialités des entomophages autochtones en vue de lutter contre le nouveau ravageur de la tomate *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep. : Gelechiidae) dans la région du sud-est algérien. Thèse Doctorat. Univ. Mostaganem, p 103.
135. **Lichoux.Eilenberg J, Hajek A, Lomer C, 1990**.Champignons des arbres et du bois (les principaux pathogènes). Chatillon coligny
136. **lopez-EscuderoAbdullah B.H. and . Hameed A.T.,2010**. The biological activity of bacterial vaccine of *pseudomonasputida* 2 and *pseudomonasfluorescens* 3 isolates to protect sesame
137. **Marcroft, Ellis PR, Farrell JA 2004**. Evaluation d'un outil d'aide à la décision pour mieux raisonner les traitements contre la sclerotiniose du colza. In : AFFP-3ème conférence internationale sur les moyens alternatifs de protection des cultures, Lille
138. **McGee et Emmett, 1977**.Phytopathologie: bases moléculaires et biologiques des pathosystèmes et fondements des stratégies de la lutte. Gembloux [Belgique]; Bruxelles : Presses agronomiques de Gembloux ; De Boeck
139. **McGee, 1977**. Influence of sunflower (*Helianthus annuus L.*) crop management on phoma black stems (*Phoma macdonaldii* Boerema). Crop Protection.
140. **Meier, 2016** Examen parasitologie des selles : pour qui?. Réalité parasitologique. Vol (195), p19-24.
141. **Melvin et al. 2006** ;Microbial Control of Botrytis spp. The Volcani Center. Botrytis Biology pathology
142. **Merrien a. 1984**. Physiologie du colza .Revue cultivar N°173-pp62-68
143. **Messane, 1994**. Colza et la transgénèse .Revue oléagineux corps gras lipides (OCL) N°1, vol, pp73.
144. **Mila et Yang, 2008**. Identification of QTLs for Resistance to Sclerotinia sclerotiorum in Soybean. Crop Sci. Étude de la résistance à la sclérotiniose chez le soya. Thèse Doctorat en biologie végétale, Université Laval, Québec, Canada.

Références bibliographiques

145. **Morice, 1989.** La qualité des produits de colza : huile et tourteau: Ed. CETIOM pp 14-15.
146. **Morrison et al. 1989.** The determination and verification of a baseline temperature for the growth of Westar summer rape. Can .J. Plant Sci.69:455-464
147. **Mougou.H.A. 2009.** Interaction Chêne-oïdium : Caractérisation moléculaire et adaptation locale du parasite, résistance génétique de l'hôte. thèse de doctorat. L'université Bordeaux 1.paris
148. **Mounnah, 2008.**Classification botanique phyllogénétique du colza
149. **Musil, 1950.** Identification of Brassicas by seedling growth or later vegetative stages.USDA Circular 857.26 pp
150. **Nabloussi, 2015.**Amélioration génétiques du colza : enjeux et réalisation pour un développement durable de la filière Dr. Abdelghani NABLOUSSI
151. **Neegaard, 1945.**Evaluatn aggressivences and host ranges of *Alternaria dauci* in a controled envirenment.
152. **O'Neill et al., 1997.**. *Botrytis* Biology pathology and control : Microbial Control of *Botrytis* spp.
153. **Oil World, 2004.** Extrait de www.oilworld.org.
154. **Paul et impens, 2003.** Les maladies non parasitaires, Page 23-40. In *phytopathologie*. Lepoirre, p., Les presses agronomiques de Gembloux, De Boeck Université, Bruxelles.
155. **Pessel , F.D., Lecomte, J., Emeriau, V., Krouti, M., Messéan, A., Gouyon, P.H.2001.** Persistence of oilseed rape (*Brassica napus L.*) outside of cultivated Fields. Theor Appl Genet 102:841-846
158. **Annette Penaud, 2021 Articles:**l'oïdium : est-il nécessaire de réaliser un traitement fongicide ?
156. **Pilorgé E, Maisonneuve C, Ballanger Y. 1997.** Les ravageurs du colza d'hiver. Paris
157. **Pinochet X., Delos M., Eychenne N., Flocher L., Debaeke P., Laporte F., Raulic I., Maumené C., Naïbo B., 2004.** Les méthodes alternatives pour lutter contre les maladies en grandes cultures. Phytoma – La Défense des Végétaux 567, 14-18.
158. **Pool ,Ferron P, Deguine JP, 1984.** Initiation et développement des épidémies d'oïdium : les bases biologiques pour optimiser la protection. Mondiaiviti, Bordeaux (France), 29th-30th November,

Références bibliographiques

159. **Poulain et Barloy, 2012.** Reconnaître facilement les champs –Dominique Poulin ...
<http://www.placedeslibraires.fr>
160. **Prietoet, Finch S, Collier RH, 2009.** Etude épidémiologique et diversité génétique de *Verticillium dahlia* kleb. Agent de la verticilliose. Thèse. Doct. D'Etat. Univ. Oran (Algerie). Bellahcene
161. **Rakow et Woods, 1987.** Thèse préparée dans les Unités Mixtes de Recherche INRA-INA P-G d'Agronomie de Grignon et INRA-ENSAR d'Amélioration des Plantes et Biotechnologies Végétales du Rheu. Thèse soutenue le 27 Novembre 2002 devant le jury.
162. **Renard, 1992.** Colza oléagineux. In: A. Gallais et H. Bannerot (eds). Amélioration des espèces végétales cultivées : objectifs et critères de sélection. pp. 135-145.
163. **Renard, C. M. G. C., Rohou, Y., Hubert, C., Della Valle, G., Thibault, J. F., & Savina, J, 1992.** Amélioration des espèces végétale cultivées objectifs et critères de sélection INRA paris pp135-145.
164. **Richard, Barthès B., Manlay R., porte O. 1994.** Sclerotinia Diseases of Crop Plants: Biology, Ecology and Disease Management. Springer. TU J.C.
165. **Robert et Ruck, 2020.** Hydro biological parameters during an annual cycle in the Arc chon Basin. Marine Biology 95: 631-640.
166. **Robertson .1991.** Genome sequence and analysis of the Irish potato famine pathogen *Phytophthora* dans Nature, vol. Fry .W.E. Goodwin, A. Historical and recent migration of *Phytophthora infestans*: chronology, pathway and implication.
167. **Syngenta Agro.Vieira R.F., Paula Júnior T.J., Teixeira H., De S. Carneiro J.E., 2010.** White Mold Management in Common Bean by Increasing Within-Row Distance between Plants. Plant Disease.
168. **Saharan, Barthès B., Manlay R., porte O., 2008.** Déterminisme de la tolérance du tournesol à *Phoma macdonaldii* au collet et sur racines : approches génétiques et histologiques. Thèse de doctorat ès sciences. Institut National Polytechnique de Toulouse. 170 pp.
169. **Sahraoui, 1991.** Les parasites intestinaux chez le macaque crabier (*Macaca fascicularis*). Etude expérimentale et recommandation pour la diagnose et la gestion des rhizoflagellés et des ciliés. Thèse de doctorat. Ecole nationale vétérinaire D'alfort, Faculté de Médecine de Créteil, France. pp.30-34.

Références bibliographiques

170. **Salam, Attoumani-Ronceux A, Aubertot JN, Guichard L .2007.** Le phoma du tournesol : mise au point d'une méthode d'évaluation des risques de contaminations par des ascospores. Phytoma - La Défense des Végétaux.
171. **Santini, Alford DV, Nilsson C, Ulber B.2006.** Bases moléculaires de biologie des pathosystèmes et fondement des stratégies de lutte; De Boeck Université: Bruxelles, Belgique pp.
172. **Sattell, R., R. Dick, R. Ingham, R. Rakow, D. Kaufman et D. McGrath. 1998.** Rapeseed (*Brassica campestris/Brassica napus*). Oregon Cover Crops, Oregon State University.p: 1.
173. **Schoemaker et Brun, 2001.** Phoma et dessèchement précoce du tournesol. CETIOM. Les points techniques du CETIOM.
174. **Schwinn, 1992.** botrytis spp. and diseases they cause in agricultural systems – an introduction.
175. **Skoudriadakis T.T., et Bourdos V.A., 1989.** Soil solarisation by mulching with films of transparent polyethylene for control of *Verticillium Wilt* of olive. *Revista di Pathologia Vegetale*,25,46-49
176. **Snowdon ,R.J., Friedrich, T., Friedt, W., and Koehler, W. 2002.** Dispersion des graines de colza (*Brassica napus L.*) et origines des populations férales dans un agroécosystème ; THESE DE DOCTORAT soutenue le 20/04/2012. Présenté par Diane BAILLEUL.
177. **Soltner .D.1986.** Les bases de la production végétale. Ed. Collusion science et technique agricole. 320
178. **Soltner 1999.** Les bases de la production végétale Tome 1, le sol et son amélioration, 22ème Edition collection sciences et technique agricole Paris pp.
179. **Soltner ,1988.** Les grandes productions végétales, 16ème Edition Collection science et technique agricole p464
180. **Soltner, 1987.** Les grands productions végétales, 16ème Edition collection science et technique agricole p 464
181. **Sun, Andersen MK, Hauggaard-Nielsen H, Weiner J, Jensen ES. 2000.** *Leptosphaeria lindquistii* n. sp. Forma sexual de Phoma oleracea var. helianthi., hongo causal de -tuberosi Sacc la « mancha negra del tello » del girasol (*Helianthus annuus L.*). *Revista de Investigaciones Agropecuarias*. INA P-G – DÉPARTEMENT AGER, 2003. Fiche sur le tournesol.

Références bibliographiques

182. **Sutton, J.C. et Peng, G., 1993.** Manipulation and vectoring of biocontrol organisms to manage foliage and fruit diseases in cropping systems. *Annu. Rev. Phytopathol.* 31: 473-493
183. **Terres inovia ,2017.** disponible sur :<http://www.terre-net.fr/observatoire-technique-culturelle/strategie-technique-culturelle/article/presence-de-phoma-atypique-sur-les-feuilles-des-colzas-du-nord-est>
184. **Terres Inovia,** Phoma : biologie et symptômes - Terres Inovia - Oléagineux, protéagineux et chanvre [en ligne]. Date de consultation : 03/09/2016a. Disponible sur <https://www.terresinovia.fr/colza/articles>
185. **Toscano-Underwood,** Barbottin A, Le Bail M, Jeuffroy HM . **2003.** Prendre en compte les contraintes biotiques : cas des maladies fongiques. Conception d'idéotypes de plantes pour une agriculture durable. Eds. : Debaeke, P. & Quilot-Turion, B., INRA Science & Impact, FormaSciences, CIRAD
186. **Toueni, 2014.** Etude in vitro de l'effet antagoniste de quelques souches fluorescentes de *Pseudomonas* ; centre universitaire de Mostaganem ; mémoire de fin d'étude en génie biologique
187. **Tourton, 2016.** Anguillulose maligne à propos d'un cas et revue de la Littérature. Thèse pour l'obtention du doctorat en pharmacie. Université Mohammed V- Souissi faculté de médecine et de pharmacie. Rabat.
188. **Travadon, Pauvert P., Lamarque C. 2007.** La dynamique épidémique du Phoma du tournesol : pycniospores ou ascospores, lesquelles surveiller le plus ? *Phytoma - La Décence des Végétaux.*
189. **Van Gepen, 2004.** Biodiesel Production Technology. NREL/SR-510-36244. USA, juillet 2004. 110 pp.
190. **Vles et Gottenbos, 1989.** Nutritional characteristics and food uses of vegetable oils. In: R.K. Downey, G. Röbbelen et A. Ashri (eds.). *Oil Crops of the World.* McGraw-Hill, USA. pp. 63-86.
191. **Vuillemin, 2020 .** parasitologie médicale. Edition marketing. Paris.
192. **Wahab, 2015.** Disponible sur :<https://blog-ecophytohautsdefrance.fr/wp-content/uploads/2015/12/Symptomes-d%C3%A9g%C3%A2ts-et-seuils-de-nuisibilités-des-bioagresseurs-colza.pdf>

Références bibliographiques

193. **Weller D.M., 2007.** The nature and Application of Biocontrol Microbes III: pseudomonas spp. Pseudomonas Biocontrol Agents of Soilborne pathogène: Looking Back Over 30 Years .phytopathology , 97, (2): 250-256.
194. **West JS, Kharbanda PD, Borbetti MJ, Fitt BDL.** Epidemiology and management of *Leptosphaeria maculans* (phoma stem canker) on oilseed rape in Australia, Canada and Europe. *Plant pathology* 2001 ; 50 : 10-27
195. **West,Debaeke P., Estragnat A. 2001.** Notes on Phoma. Transactions of the British Mycological Society.
196. **Wikiagri, 2019.** Articles : les maladies de colza
197. **Williams, J.R. et Stelfox, D., 1980.** Influence of farming practices in Alberta on germination and apothecium production of *sclerotia* of *Sclerotinia sclerotiorum*. *Can. J. Plant Pathol.* 2: 169-172.
198. **Williamson B, Tudzynsk B, Tudzynski P and Van Kan Jal, (2007).** Botrytis cinerea: the cause of grey mould disease. *Molecular Plant Pathology*, 8, 561-80
199. **Xavier Gerbeaud,(2019).**Article :Oïdium (maladie du blanc).

Site web

- ❖ <https://www.estrepublicain.fr/edition-verdun/2020/04/24/photos-nord-meusien-les-champs-de-colza-de-meuse-sont-en-fleur>.
- ❖ g.net/6278967-15082008-Implantation-du-Colza-d-hiver
- ❖ <https://www.cultivar.fr/technique/le-colza-de-printemps-ne-contourne-pas-les-problematiques-du-colza-dhiver>
- ❖ <https://www.terre-net.fr/partenaire/le-soufre-un-element-essentiel-aux-cultures/article/prevenir-a-defaut-de-pouvoir-diagnostiquer-2925-146627.html>
- ❖ <https://www.terre-net.fr/partenaire/le-soufre-un-element-essentiel-aux-cultures/article/prevenir-a-defaut-de-pouvoir-diagnostiquer-2925-146627.html>
- ❖ <https://www.terre-net.fr/partenaire/le-soufre-un-element-essentiel-aux-cultures/article/prevenir-a-defaut-de-pouvoir-diagnostiquer-2925-146627.html>
- ❖ <https://www.terre-net.fr/observatoire-technique-culturelle/strategie-technique-culturelle/article/colza-ajuster-l-azote-selon-la-biomasse-217-144947.html>
- ❖ <https://www.yara.fr/fertilisation/blog/colza-rotation/>
- ❖ <https://www.topsante.com/nutrition-et-recettes/les-bons-aliments/matieres-grasses/ce-qu-il-faut-savoir-sur-l-huile-de-colza-250421>

Références bibliographiques

- ❖ https://www.agro.basf.fr/fr/cultures/colza/maladies_du_colza/
- ❖ <https://www.agrifind.fr/alertes/colza/colza-charancon-bourgeon-terminal/>
- ❖ (<https://www.syngenta.fr/cultures/colza/breve/risque-charancon-de-la-tige>)
- ❖ <https://www.terre-net.fr/partenaire/bayer-desherbage-des-cereales/article/un-desherbage-reussi-passe-aussi-par-des-pratiqueculturales-adaptees-2893-139470.html>
- ❖ <https://www.terre-net.fr/partenaire/desherbage-colza/article/desherbage-de-son-colza-identifier-les-adventices-cibles-2891-148313.html>
- ❖ <http://ephytia.inra.fr/fr/C/22725/Vigi-Semences-Mycosphaerella-capsellae-colza>
- ❖ <https://www.terre-net.fr/observatoire-technique-culturelle/strategie-technique-culturelle/article/presence-de-phoma-atypique-sur-les-feuilles-des-colzas-du-nord-est-217-133233.ht>
- ❖ https://www.agro.basf.fr/fr/cultures/colza/maladies_du_colza_sclerotinia_colza/
- ❖ <https://www.agrifind.fr/alertes/colza/colza-alternaria/conseils>
- ❖ <https://www.agrifind.fr/alertes/colza/colza-odium/>
- ❖ <https://www.bretagne.synagri.com/synagri/maladie---colza---sclerotinia---contamination-de-la-tige-de-colza>
- ❖ <https://www.terresinovia.fr/colza/maladies>
- ❖ <http://ephytia.inra.fr/fr/C/22725/Vigi-Semences-Mycosphaerella-capsellae-colza>

Résumé

Notre travail constitue une étude bibliographique des maladies de colza. Cette culture est fortement attaquée par certaines maladies qui causent d'importants dégâts les *clerotinia*, *lephoma*, qui est la maladie la plus dévastatrice du colza, *lacylindrosporiose*, *l'oïdium* et *l'alternaria*. D'autres maladies sont aussi importants comme le mildiou, la hernie, ou encore le *Pseudocercospora* qui fait des dégâts spectaculaires sur des milliers d'hectares de colza.

Mots clé : Colza, maladies, dégâts ; phoma

Summary

Our work constitutes a bibliographical study of rapeseed diseases. This crop is heavily attacked by certain diseases that cause significant damage: clerotinia, phoma, which is the most devastating disease of oilseed rape, cylindrosporiosis, powdery mildew and alternaria. Other important diseases are downy mildew, hernia, and Pseudocercospora, which causes spectacular damage to thousands of hectares of oilseed rape.

Key words: Rape, diseases, damage; phoma

ملخص

يشكل عملنا دراسة ببيوغرافية لأمراض السلجم . يتعرض هذا المحصول لهجوم شديد من قبل بعض الأمراض التي تسبب أضرارًا جسيمة *clerotinia*، *phoma*، وهو أكثر أمراض السلجم ، الأسطوانية ، البياض الدقيقي والتتاوب. هناك أمراض أخرى مهمة أيضًا ، مثل العفن الفطري أو الفتق أو *pseudocercospora*، والتي تسبب أضرارًا هائلة لآلاف الهكتارات من السلجم

الكلمات المفتاحية: السلجم ، الأمراض ، الضرر ، *phoma*