Généralités sur le mildiou de la tomate

La tomate dénommée scientifiquement *Solanum lycopersicum* L. est une plante herbacée originaire des Andes d'Amérique du sud et appartenant à la famille des solanacées. Elle fut domestiquée au Mexique puis introduite en Europe en 1544. Par la suite, sa culture s'est disséminée à travers l'Asie du Sud et de l'Est, en Afrique et au Moyen Orient (Naika et al., 2005). La tomate actuellement cultivée serait apparentée à *Lycopersicon esculentum* var. cerasiforme, plus ancienne (Amkraz, 2013). Elle partage la même famille avec d'autres espèces qui sont également bien connues comme la pomme de terre, le poivron, l'aubergine, le piment et le tabac.

1. Taxonomie

Depuis son introduction en Europe, la tomate a été rangée dans le même genre que la pomme de terre (*Solanum tuberosum*). Elle est nommée, lycopersicon « pêche de loup » par Anguilla en 1561. Tournefort parvient en 1964 à identifier ; la plante cultivée de celle qui est sauvage et définit un genre nouveau lycopersicum (Parelta and Spooner 2007). En 1753, Linné effectue une revue de la taxonomie de la tomate. En plus de la nommer *Solanum lycopersicum*, il le replace dans le genre Solanum. Aujourd'hui, sa classification au sein de ce genre est largement reconnue. Elle est consolidée par les résultats d'études phylogéniques suivant les critères morphologiques et moléculaires (Spooner et al., 2005).

Règne Végétal

Sous-Règne Cormophytes

Embranchement Spermaphytes

Sous-Embranchement Angiospermes

Classe Gamopétales

Ordre Solonales

Famille Solanacées

Genre *Solanum*

Espèce *Solanum lycopersicum* L.

2. Description de la plante

Généralement cultivée comme une annuelle, la tomate est une plante vivace et a une croissance indéterminée (tige monopodiale). Cependant, il existe des variétés à croissance déterminée avec des tiges monopodiales devenant sympodiales, après formation de 4 à 5 feuilles. Grâce à cette forme de croissance, la récolte mécanisée peut s'opérer contrairement aux autres à croissance indéterminée qui doivent être tuteurées (Ranc, 2010). En plus d'être une liane, c'est une plante à port buissonnant dont la longueur peut dépasser plusieurs mètres (Berti, 1989). Elle porte des feuilles de 15 à 50 cm de long et de 10 à 30 cm de large, disposées en spirales. Couvertes de poils glandulaires, les folioles sont ovées à oblongues. Les grandes folioles sont parfois pennatifides à la base. L'inflorescence constitue une cyme de 6 à 12 fleurs et le pétiole mesure 3 à 6 cm (Naika et al., 2005). Du point de vue tige, la croissance en longueur peut atteindre 2 à 4 m. Elle est pleine, poilue et fortement glandulaire avec un port de croissance allant d'érigé à prostré. Par contre, les racines présentent un système fasciculé qui pousse jusqu'à une profondeur de 50 cm ou plus (Naika et al., 2005). Les fleurs bisexuées et régulières, ont un diamètre de 1.5 à 2 cm. Le calice de couleur verte, peut compter cinq sépales voir plus et la corolle est composée d'autant de pétales soudés à la base que de sépales constituant le calice. Les anthères en forme de cône, se resserrent autour du pistil qui est formé de plusieurs carpelles soudés (Ranc, 2010). Les fruits, sont des baies pouvant être globulaires ou aplaties. Avec un embryon moulé dans l'albumen (Shankara et al., 2005), les graines sont nombreuses et en forme de rein ou de poire.

3. Importance de la culture de la tomate

a. Dans le monde

Après la pomme de terre, la tomate est le légume le plus consommé dans le monde, soit frais soit après transformation. La culture peut s'effectuer sous toutes les latitudes suivant un climat et des modes de production très divers (INRA, 2010). Les données statistiques de la FAO (2018) montrent que la production mondiale de tomate a connu une forte croissance durant les deux dernières décennies. Elle est passée de 82 millions de tonnes en 1994 à 106 millions en 2001, de 155 millions de tonnes en 2009 pour grimper à 172 millions en 2014 (figure 1). La Chine, les Etats-Unis, l'Inde et la Turquie sont les plus grands pays producteurs de tomate (figure 2).

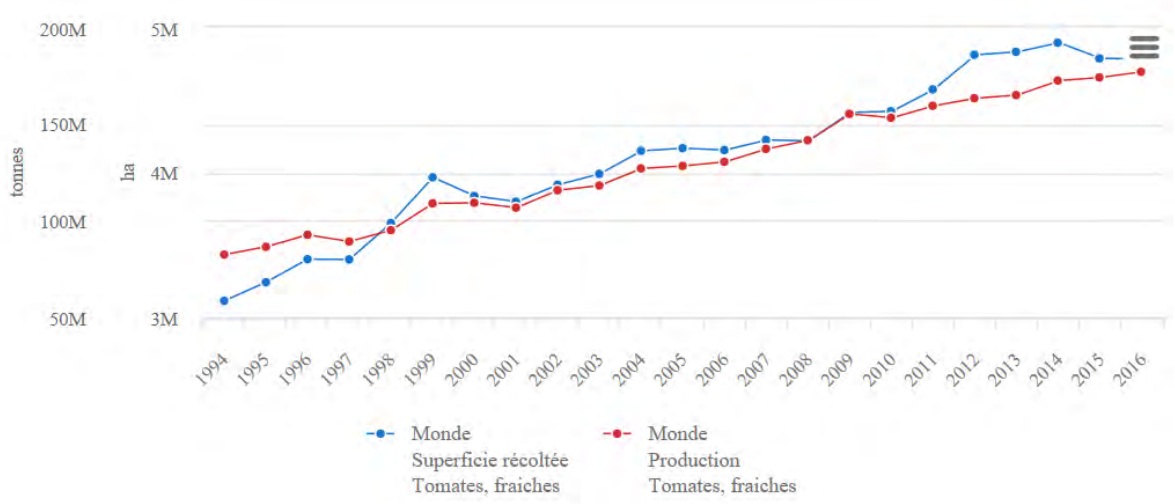

Figure 1: Evolution de la production mondiale de tomates fraiches et de la superficie récoltée entre 1994 et 2016.

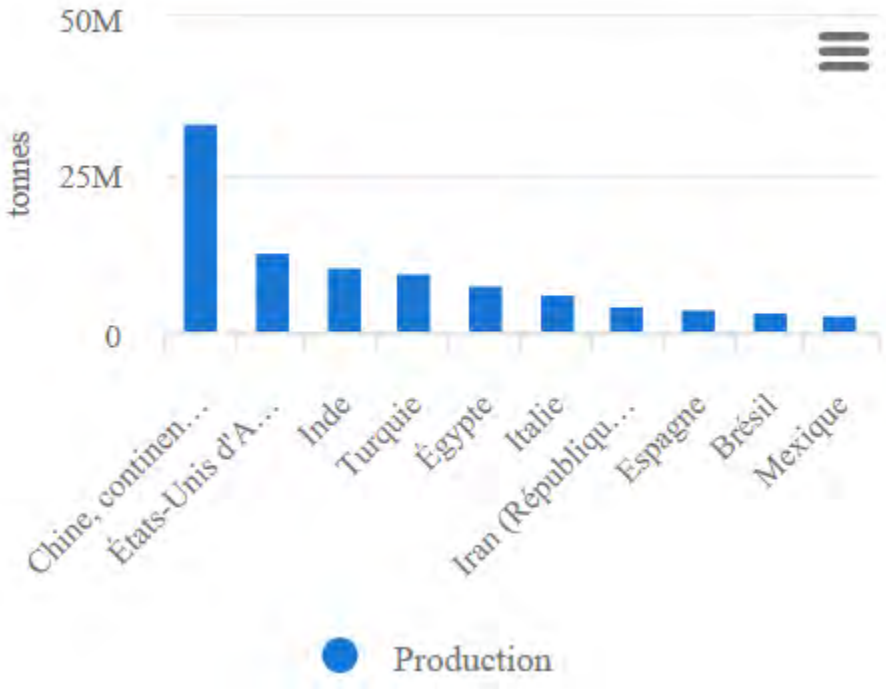

Figure 2: Production de tomates fraiches (tonnes) en fonction des plus grands pays producteurs.

b. Au Sénégal

- **Les principales zones de production de la tomate**

Au Sénégal, le maraichage est une activité très ancienne. Dès le début du 19e siècle, la région des Niayes, située le long de l'océan atlantique, demeurait la principale zone de production. Par la suite, le développement des ceintures maraichères des villes à proximité, l'aménagement de la Vallée du fleuve et la création de grands casiers irrigués ont permis l'essor de la partie nord du pays (Pages et al., 1993). Parmi les spéculations cultivées, figure

la tomate qui occupe la deuxième place des cultures horticoles après l'oignon, soit 20 % du total des surfaces horticoles du Sénégal. Il y a lieu de retenir que même si aujourd'hui, elle est cultivée presque dans toutes les régions du Sénégal, les Niayes, la Vallée du fleuve Sénégal ainsi que la Falémé, restent les principales zones de productions (Badiate, 2013).

- **Place de la culture de la tomate dans l'économie**

Pour la période 1998-2001, la production nationale de tomate fraiche était évaluée entre 19 à 30 mille tonnes mise à part celle de la Vallée du fleuve Sénégal, car destinée dans un premier temps à la fabrication de double concentré (Fall et al., 2010). Suivant la même source, ces chiffres ont grimpé à 76 mille tonnes en 2005. Durant la campagne agricole de 2013, environ 160 mille tonnes ont été produites, avec un volume d'exportation de 9 934 tonnes (CDH, 2015). Ces faits illustrent l'importance socioéconomique de cette culture, à travers les devises qu'elle procure et l'opportunité d'emploi générée.

4. Importance alimentaire

Les fruits de la tomate sont riches en minéraux, en vitamine, acides aminés essentiels, en sucres ainsi qu'en fibres alimentaires. Plus précisément, les vitamines B et C en sont présents en quantité importante au même titre que le phosphore et le fer. Ils peuvent se consommer cuits dans les sauces, ou frais en salade. Leur transformation en jus, en purée et en ketchup est aussi possible. Les fruits séchés ou mis en conserve sont également des produits transformés avec une importance économique (Naika et al., 2005).

II. Etat phytosanitaire de la culture

1. Contraintes abiotiques

Les facteurs abiotiques qui impactent sur le rendement et la qualité de la tomate, sont principalement d'ordre climatique (la température, la lumière etc.) et nutritif (les carences en éléments nutritifs). Cependant, il existe une montée récente d'autres contraintes abiotiques, liées à la réaction aux polluants atmosphériques, aux pesticides et aux déséquilibres trophiques (Lepoivre, 2003). Parmi les anormalités causées par les stress abiotique, on peut citer : le fendillement des fruits suite à de grandes fluctuations dans la teneur en humidité du sol, la brûlure par le soleil ou des indentations brunes ou grises apparaissent sur les fruits ; et la pourriture apicale ; provoquée par une carence en calcium (Naika et al., 2005).

2. Contraintes biotiques

La tomate est sujette aux agents biotiques qui occasionnent des dommages graves sur sa production. Ces agents sont constitués de microorganismes pathogènes tels que les virus, les bactéries, les champignons et nématodes, les insectes ravageurs (Agrios, 2005 ; Haggag, 2013 in Hamel, 2016), et les plantes adventices qui sont de véritables concurrents.

Nombreuses sont les maladies fongiques qui attaquent la tomate. Elles peuvent être même groupées en fonction des symptômes qu'elles présentent sur la plante. Parmi les maladies d'importance économique de la tomate rencontrées au Sénégal figurent le mildiou et la fonte des semis.

Le mildiou de la tomate est une maladie très dévastatrice. Elle peut occasionner parfois, une perte totale de la production par formation de lésions nécrotiques sur les feuilles et tiges. Elles atteignent en un temps minime les folioles entières et pétioles. La présence de cette espèce, *Phytophtora spp*. sur les fruits sont à l'origine des pourritures sèches ou granuleuses qui entravent leurs valeurs commerciales (Platt, 2008).

1. Agent responsable

La tomate est affectée par la maladie late blight dont l'agent causal est *Phytophtora infestans*. Cette espèce est habilitée à se reproduire suivant deux voies :

La voie sexuée, où de l'interaction des mycéliums de types sexuels différents (A1 et A2), résulte de la formation des oogones et anthéridies. Ainsi d'une bonne association de ces structures, peut découler la production d'oospores (Alkher et al., 2015) ;

La voie asexuée, où les oospores de forme sphérique, de couleur brun rougeâtre et de paroi épaisse émettent un tube lors de la germination. Du bout de ce tube, sort un sporange (Bekkar, 2013). Les oogones globuleux, mesure 37 µm de diamètre en moyenne alors que les anthéridies sont à 23x18 µm environ. Ces dernières sont amphygines et généralement allongées (Belkhiter, 2013).

Les hyphes du phytophatogène sont siphonnées, à paroi constituée principalement de 1,3-β-glucanes, 1,6-β-glucanes et 1,4-β-glucanes et de chitine à proportion faible par rapport aux champignons haploïdes (Manasfi, 2017).

Le genre phytophthora de Bary est classé de la manière suivante :

Règne : Chromista ou Straminopila

Phylum : Oomycota

Classe : Peronosporea

Ordre : Peronodporales

Famille : Peronosporaceae (Birch and Whisson, 2001).

2. Symptomatologie

Chez la tomate, les symptômes dus à *Phytophtora infestans* peuvent être observés au niveau de différents organes de la plante.

A la face supérieure des feuilles, des taches arrondies d'aspect huileux, puis brunes et qui finissent par se dessécher sont notées. En présence d'humidité, l'accroissement de ces taches rend saillant, sur la face inferieure de la feuille, un feutrage blanc à la périphérie des lésions (Nathalie, 2006). Les tiges présentent des nécroses brunes foncées voir noires. Quant aux fruits, les taches sont superficielles et irrégulières de coloration extérieure grise-bleuâtre, violacée ou brune (Montarry, 2007).

Figure 3 : Symptômes caractéristiques de la maladie du mildiou.

A : feuille avec feutrage blanc à la marge de la tache ; B : nécroses brunes sur tige ; C : marbrure brune sur fruit au stade précoce.

3. Cycle de vie

Le cycle de vie de *Phytophtora* peut être scindé en deux étapes. Une étape épidémique, marquée par une succession de cycles de production de spores asexuées et une étape de survie; sous forme sexuée ou asexuée.

- ✓ **L'étape épidémique** :

La phase épidémique du cycle de vie de *Phytophtora* est déclenchée ; par les sporanges qui de manière directe, ou par la formation de zoospores biflagellées (Clément et al., 2012) germent au contact de la plante hôte. Cette germination est fonction des conditions environnementales (Fry et al., 2013). A travers les ouvertures naturelles comme les stomates et les lenticelles, les sporanges et /ou oospores émettent un tube germinatif leur permettant de pénétrer la plante hôte. La même opération de pénétration peut être réalisée au travers des parois végétales, par formation d'appressorium (Coffey and Gees 1991). Il s'en suit alors la mise en place d'un haustorium puis d'un réseau d'hyphes intra- et intercellulaires qui colonisent les tissus (Coffey and Gees 1991). A des températures comprises entre 17 et 25°C et d'une forte humidité relative (Robertson 1991), les sporangiophores se différencient à travers les stomates après une période latente (2 à 3 jours). Ces structures arbusculaires présentent à leurs extrémités de nouveaux sporanges (Fry, 2008) qui constituent l'inoculum secondaire. Ce dernier sera transporté par l'eau ou le vent pour atteindre d'autres organes du même ou de nouveaux hôtes qu'il pourra infecter, conduisant ainsi à de nouveaux cycles de reproduction. De ce fait le développement rapide de la maladie s'explique d'une part, par la rapidité du cycle asexué et d'autre part par la production de spores (sporanges et zoospores) en quantité importante qui peuvent être véhiculées sur de longue distance (Aylor, 2003).

- ✓ **L'étape de survie :**

En dehors de la période de culture, la survie de *Phytophtora* peut avoir lieu sous deux formes :

- sexuée par le biais de leur structure de survie (oospores);

- ou asexuée via le mycélium au sein des repousses.

En effet, les spores sexuées sont dotées d'une paroi très épaisse comprise entre 0,7-1 µm (Drenth et al., 1995) leur procurant non seulement la capacité de survie pendant plusieurs années en absence d'hôte, mais aussi en conditions climatiques défavorables. Cependant, elles détiennent toujours la faculté à réinfecter de nouvelles plantes (Andersson et al. 1998). En présence d'hôte, les oospores pourront alors germer et donner naissance à des sporanges qui pourront enclencher un cycle asexué (figure 4).

Les spores asexuées notamment les zoospores produites pendant une épidémie sur feuillage de leur hôte, peuvent tomber au sol et se conserver dans les débris végétaux ou être

transportés par le vent (ou les eaux de ruissellement vers les jeunes pousses). Sous cette forme le parasite peut survivre pendant des mois.

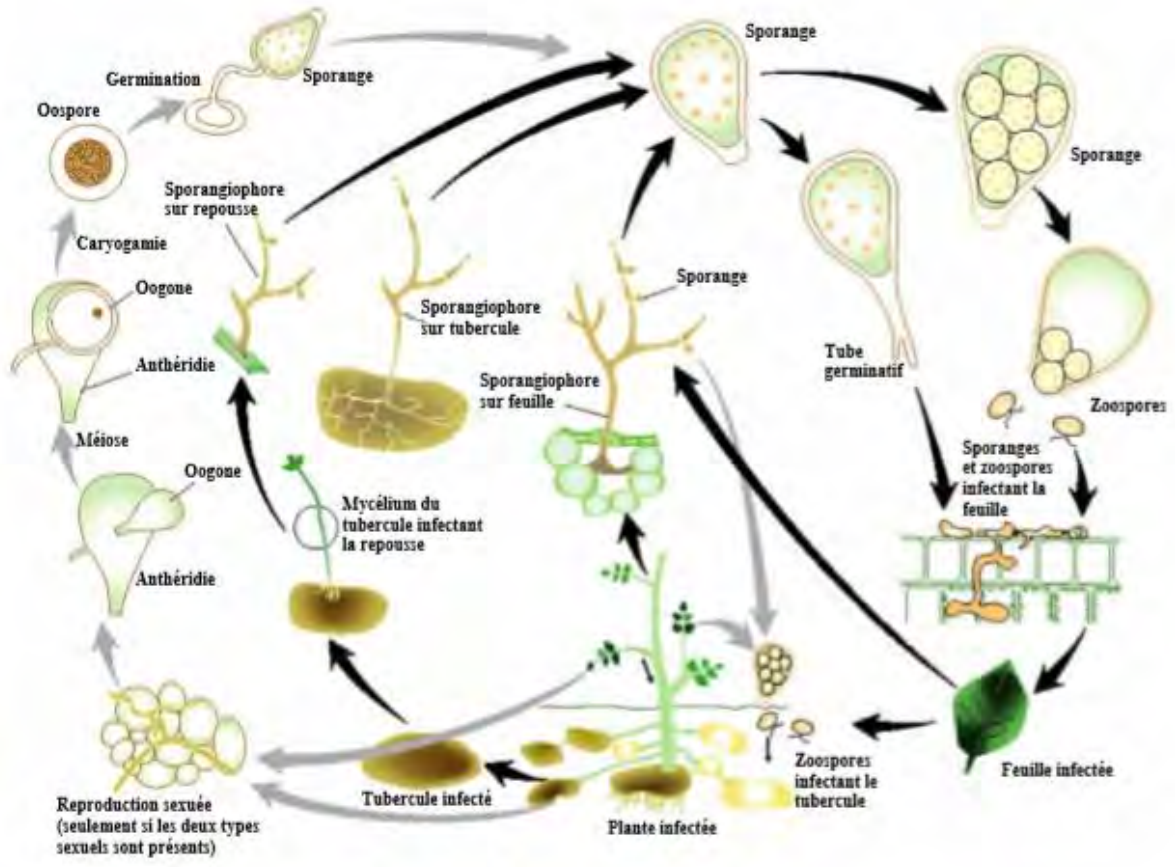

Figure 4 : Cycle de vie de *Phytophthora infestans*, Source : (http://www.eucablight.org., consulté le 10 septembre 2018).

IV. Généralités sur la fonte des semis de la tomate

1. Agent responsable

Tout comme d'autres espèces dans la famille des pythiaceés, *Pythium sp* s'identifie généralement à travers une production d'hyphes coénocytiques, de diamètre d'environ 7 µm (André et al., 2004), à croissance rapide en raison de 20 mm par jour sur PDA à 26 °C. Il présente, habituellement une seule oospore (Van Der, 1991) contenue dans les oogones terminales ou intercalaires, globuleuses, à oosphère multinucléée (Nagamani et al., 2006). Les anthéridies beaucoup plus petites que les oogones sont en forme de trèfle (Nagamani et al., 2006). Des sporanges ayant une forme arrondie, sont rencontrés pour la majeure partie des espèces de *Pythium sp* et possèdent à leur sein une vésicule à parois minces, lieu où se différencient les zoospores avant leur libération (Van Der, 1991).

Selon Pringsheim 1858, le genre *Pythium sp* est classé dans le domaine Eucaryota.

Sous règne : Chromista

Infra règne : Stramenopiles

Division : Oomycota.

Classe : Oomycetes

Sous classe : Sprolegniomycetidae

Ordre : Pythiales et de la Pythiaceae.

2. Symptomatologie

Sur les jeunes plantes, apparait une pourriture noire humide donnant des taches déprimées au niveau du collet. La phase terminale de l'attaque, s'illustre par un port couchant de la plante (plantule) sur le sol (figure 5), dû au fait que les tissus envahis par le champignon ne peuvent plus la soutenir. Des inflorescences mycéliennes blanches, retenant de nombreuses petites gouttelettes d'eau, se développent sur des organes parasités en cas de condition d'hygrométrie constamment élevée et forment un véritable manchon à la base de la tige (Boisson and Renard, 1987).

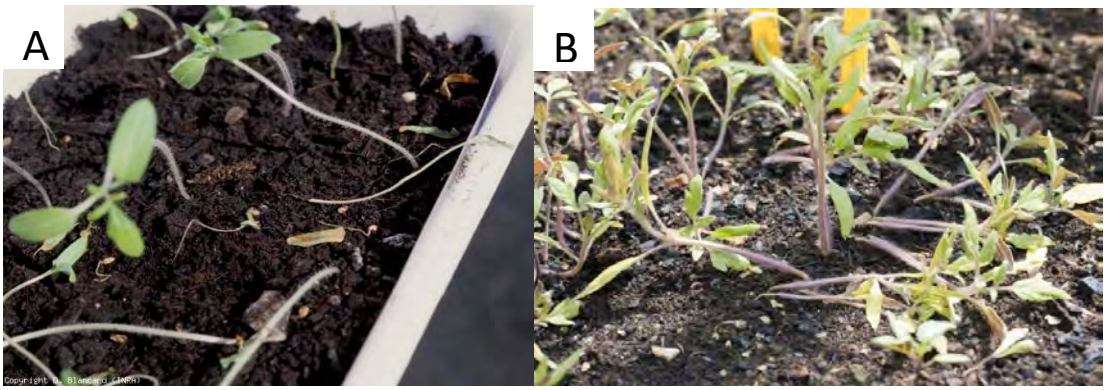

Figure 5 : Symptômes caractéristiques de la maladie fonte des semis, source : (https://www.rustica.fr/articles-jardin/fonte-semis,4012.html, consulté le 29 octobre 2018)

A : Port couchant des jeunes plants de tomate et inhibition de la germination ; B : Port tombant et jaunissement des jeunes plants de tomate.

3. Cycle de vie

Le cycle de vie de *Pythium sp* peut être subdivisé en deux phases :

- ✓ **La phase sexuée**

La reproduction sexuée, s'effectue au moyen d'oogone et d'anthéridie. Lorsque la cellule anthéridiale touche l'oogonium, il se forme un tube qui pénètre dans l'oogonium pour assurer

la fertilisation. Après cela le contenu oogonial forme un zygote puis une oospore (figure 6). Seulement dans des cas rares, plus qu'une oospore est produite à l'intérieur d'un oogonium. Le mur de l'oospore est lisse sauf pour *P. dictyosporum* où il est couvert d'une dessin réticulaire (Van Der, 1991) ;

- ✓ **La phase asexuée**

Cette forme de reproduction peut être observée chez *Pythium ultimum* var. sporangiferum et *Pythium aphaniderma*. Selon les espèces et /ou les conditions environnementales, les sporanges peuvent germer par le biais d'un tube de germination ; ou par libération des zoospores mobiles. Ils sont intercalaires rarement terminales et en agrégats irréguliers formés d'éléments subglobuleux. A des températures avoisinant les 18 à 20 °C, les zoospores formées ont un diamètre de 9 à 10 µm et sont libérées suivant un tube de décharge de 15 à 35 µm (Van Der, 1991).

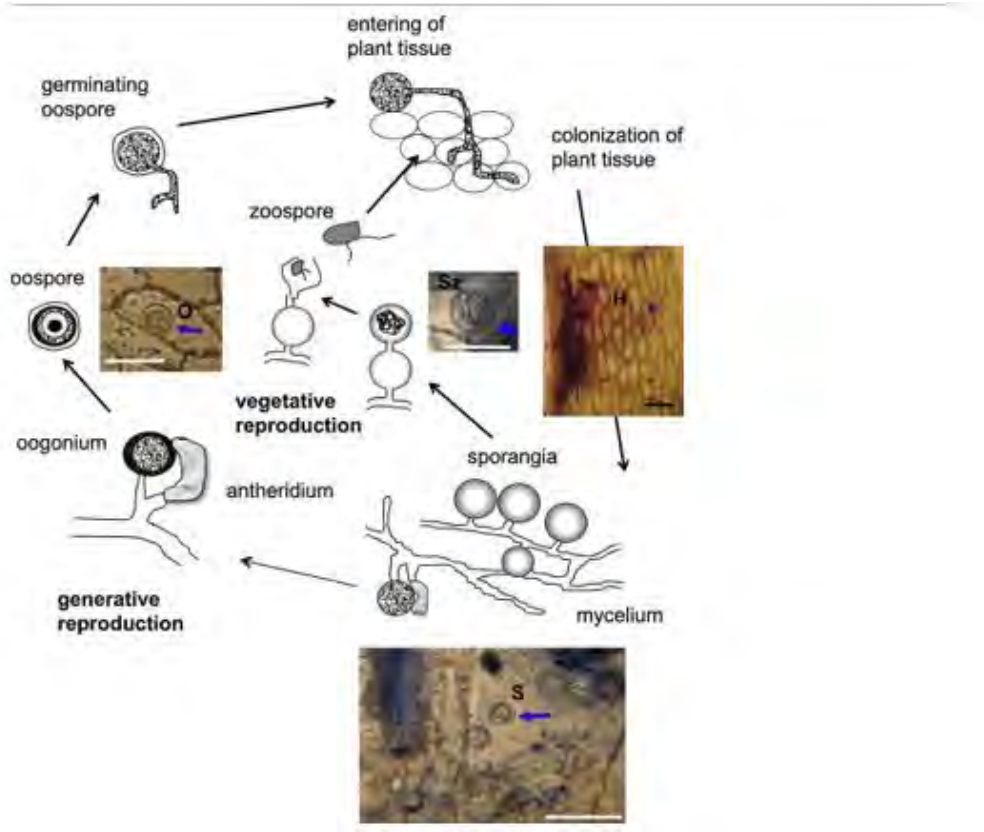

Figure 6: cycle de développement de Pythium sp source (Mittag et al., 2015).

O : Oospore ; H : Hyphe / mycélium ; S : Sporanges; Sz : Zoospores.

V. Méthodes de lutte

Des mesures de protection culturales sont à prendre devant les dégâts provoqués par les maladies qui peuvent réduire ou même anéantir une production. Ainsi, il existe différents types de méthodes de contrôle qu'on peut classer en trois groupes :

- Mesures prophylactiques
- Mesures biologiques
- Mesures chimiques

1. Mesures prophylactiques

Elles sont généralement basées sur les techniques culturales nécessitant préalablement un choix de terrain. Ce dernier doit être le plus possible indemne de germes par désinfection des pépinières à la chaleur. Un labour du sol pendant la saison sèche permet une exposition au soleil de ces oomycètes (*Phytophtora* et *Pythium*). Une utilisation de semences sélectionnées, saines et traitées pourrait être un gage de sécurité. Ce traitement a pour but de protéger les plantules pendant une courte durée. La rotation culturale par emploi d'autres espèces n'appartenant pas à la famille des solanacées sur une période de 4 à 5 ans au minimum, permet de limiter le parasitisme. Selon une étude géorgienne, la rotation aurait peu d'incidence sur la fonte des semis. De ce fait, une autre étude provenant de Maryland confirme et prône un labour de 20 à 25 cm (Duval, 1991). Afin de ne pas favoriser la dispersion de ces champignons et l'excès d'humidité, il demeure nécessaire de veiller à la propreté de l'eau d'arrosage et à la manière de l'asperger. Cela influe sur la sporulation, la germination des spores de *Phytophtora* (Platt, 2008) et sur l'incidence de la fonte des semis durant la germination des graines et la croissance des plantules (Duval, 1991). L'irrigation de la quasi-totalité de la culture sous abri (plein champ ou hors sol) est réalisée par la technique du goutte-à-goutte qui permet d'apporter de l'eau, de façon contrôlée au niveau du système racinaire de plants de tomates (Agreste Primeur, 2015). La première mesure à prendre pour prévenir le mildiou est de choisir des variétés résistantes. Ce choix variétal est particulièrement important (Platt, 2008). Pour atténuer l'expansion de ces maladies cryptogamiques, il faut aussi protéger le sol à l'aide d'un film plastique. Au cas échéant, le désherbage des abords de la culture présente l'avantage de limiter la pression parasitaire en détruisant les foyers potentiels (Agreste, 2016). En sus, il faut favoriser une bonne circulation d'air et éclaircir les semis trop denses (Duval, 1991).

2. La lutte chimique

La lutte chimique est l'utilisation de pesticides de synthèse (lutte conventionnelle) pour tuer, repousser ou réduire les populations des nuisibles afin de diminuer ou de prévenir les dégâts liés aux cultures, aux animaux et aux êtres humains (FAO, 2012). Ces pesticides de synthèse ont généralement un large spectre d'actions. Ils sont néfastes pour les ennemis naturels, l'environnement, les animaux et l'homme. Dans le cas du mildiou, des fongicides à action préventive comme le chlorothalonil, l'oxychlorure de cuivre, le mancozébe sont pulvérisés sur le feuillage suivant, un volume et un débit permettant de couvrir au mieux les feuilles et les tiges (Platt, 2008).

Exemple de produits commercialisés selon (Bruxelles, 2014).

Tableau 1: Produits chimiques utilisés dans la lutte contre le mildiou.

Nom	**Marques**	**Substances actives**
Cuprex garden	Aveve	oxychlorure de cuivre
Bouillie bordelaise Naturen	KB	sulfate de cuivre
Revus Garden	COMPO	mandipropamide
Ortiva	Gardiflor / COMPO	azoxybstrobine
Dithane® WG	Bayer Garden	mancozèbe

3. La lutte biologique

Dans les différents domaines de la biologie, le terme « lutte biologique » est utilisé plus spécifiquement en entomologie et en phytopathologie. Pour cette dernière, ce terme se réfère à l'utilisation des microorganismes antagonistes pour la répression des maladies liées aux plantes (Driesche et bellows, 1996 ; Pal et McSpadden Gardener, 2006). En entomologie, il se résume à l'emploi des nématodes entomophages, aux insectes prédateurs ou aux agents pathogènes microbiens pour réprimer les populations de différents insectes ravageurs. L'agent suppresseur dans les deux cas de figures est désigné par le nom « Agent de lutte biologique » (Lee et al., 2013). Ce mot inclut également dans un sens plus élargi, l'utilisation de produits naturels ou extrait de végétaux ou de microorganismes antagonistes (Pal et McSpadden Gardener, 2006). Par exemple pour venir à bout à *Phytophtora* agent du mildiou de la tomate, l'utilisation d'extraits de feuilles au méthanol de *Eucalyptus saligna* a montré son activité fongicide à 85 µg/m (Djeugap et al., 2012). En ce qui concerne *Phythium ssp*, le champignon *Gliocladium catenulatum* a révélé une très bonne aptitude *in vitro* à réduire la croissance