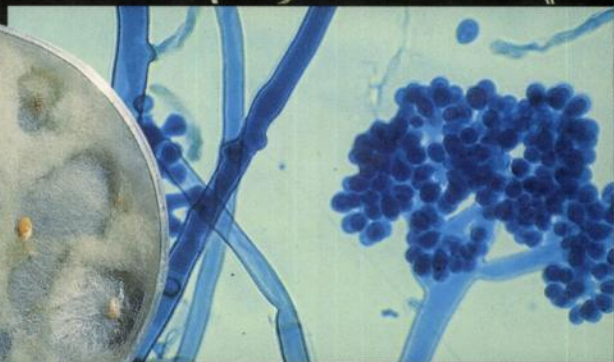


# identifier les champignons transmis par les semences

Rémi Champion



TECHNIQUES ET PRATIQUES



G E V E S



EDITIONS



# identifier les champignons transmis par les semences

Rémi Champion

## TECHNIQUES ET PRATIQUES

*Ouvrages parus dans la même collection :*

**Maladies de la tomate**  
**Observer, identifier, lutter**  
D. BLANCARD  
1988, 232 p.

**Espèces exotiques utilisables pour la reconstitution du couvert végétal en région méditerranéenne**  
Bilan des arboretums forestiers d'élimination  
P. ALLEMAND  
1989, 150 p.

**Le cerf et son élevage**  
**Alimentation, techniques et pathologie**  
Co-édition INRA-Le Point Vétérinaire  
A. BRELURUT, A. PINGUARD,  
M. THERIEZ  
1990, 144 p.

**L'alimentation des chevaux**  
W. MARTIN-ROSSET  
1990, 232 p.

**Maladies des Cucurbitacées**  
**Observer, identifier, lutter**  
D. BLANCARD, H. LECOQ, M. PITRAT  
1991, 320 p.

**Weeds of the Lesser Antilles**  
**Mauvaises Herbes des Petites Antilles**  
J. FOURNET, J.L. HAMMERTON  
1991, 214 p.

**Illustrated key to West-Palaearctic genera of Pteromalidae**  
Z. BOUČEK, J.Y. RASPLUS  
1991, 140 p.

**Maladies de conservation des fruits à pépins : pommes et poires**  
P. BONDOUX  
Co-édition INRA-PHM Revue horticole  
1992, 228 p.

**Techniques de cytogénétique végétale**  
J. JAHIER  
1992, 196 p.

**Pratique des statistiques non paramétriques**  
P. SPRENT  
Traduction française : J.P. LEY  
1992, 302 p.

**Immuno-analyses pour l'agriculture et l'alimentation**  
A. PARAF, G. PELTRE. Traduction française : E. RERAT et A. BOUROCHE  
1992, 356 p.

**Graines des feuillus forestiers**  
**De la récolte au semis**  
B. SUSZKA, C. MULLER,  
M. BONNET-MASIMBERT  
1994, 318 p.

**Guide pour la description des sols**  
D. BAIZE et B. JABIOL  
1995, 388 p.

**Flore des champs cultivés**  
P. JAUZEIN  
1995, 898 p.

**Référentiel Pédologique 1995**  
1995, 332 p.

**Seeds of Forest Broadleaves from Harvest to Sowing**  
B. SUSZKA, C. MULLER,  
M. BONNET-MASIMBERT  
1996, 342 p.

**Catalogue des Aphididae du monde**  
*Catalogue of the world's Aphididae (Homoptera aphidoidea)*  
G. REMAUDIÈRE et M. REMAUDIÈRE  
1997, 478 p.

© INRA, Paris, 1997

ISBN : 2-7380-0702-3

ISSN : 1150-3912

Le code de la propriété intellectuelle du 1<sup>er</sup> juillet 1992 interdit la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Le non respect de cette disposition met en danger l'édition, notamment scientifique. Toute reproduction, partielle ou totale, du présent ouvrage est interdite sans autorisation de l'éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), 3, rue Hautefeuille, Paris 6<sup>e</sup>.

# Préface

La qualité intrinsèque de la semence est, à l'égard du progrès génétique, un facteur essentiel de la réussite d'une culture et de la productivité agricole. Un lot de semences commerciales doit ainsi satisfaire à un ensemble de critères de qualités tels que l'absence de matières ou de semences étrangères, une teneur en eau optimale, un taux de germination élevé et l'absence de tout pathogène.

Les aspects physiques et physiologiques de la qualité sont de nos jours bien maîtrisés par les producteurs et les agriculteurs-multiplieurs. Les aspects sanitaires, en raison de l'incidence croissante des parasites transmis par les semences, sont plus préoccupants et tendent à devenir aujourd'hui le principal facteur de variation de la qualité des lots.

Le présent ouvrage qui décrit, pour la première fois, l'ensemble des parasites cryptogamiques transmis par les semences, en France et dans l'Union Européenne, met à disposition des acteurs de la filière une somme d'informations indispensables à la production de semences de qualité, qu'il s'agisse d'espèces de plantes potagères, fourragères ou de grande culture.

La présentation de ces pathogènes comprend des données historiques, économiques, botaniques et épidémiologiques. Chaque champignon fait l'objet d'une fiche décrivant les symptômes et leur fréquence d'apparition ainsi que, bien entendu, les méthodes de détection et d'identification.

Rémi Champion, Ingénieur de Recherche de l'INRA, a consacré sa carrière à l'étude de la qualité sanitaire des semences. Il a dirigé et développé le laboratoire de Pathologie de la Station Nationale d'Essais de Semences (SNES), au sein du Groupe d'Étude et de Contrôle des Variétés et des Semences (GEVES). Parmi les spécialistes en pathologie végétale, il était certainement le mieux placé pour mener à bien cette présentation complète des parasites cryptogamiques transmis par les semences.

Inscrit dans la logique des missions scientifiques et techniques du GEVES, publié par l'INRA, cet ouvrage constituera une référence précieuse autant pour les hommes de terrain que pour les hommes de laboratoire qui produisent, étudient, contrôlent et commercialisent des semences de qualité.

P.L. LEFORT  
Président du GEVES



# Avant-propos

Avec la place que tient la France dans le domaine des semences (2<sup>e</sup> producteur, 3<sup>e</sup> exportateur mondial) et devant les efforts constants que font les sélectionneurs et les producteurs pour mettre sur le marché des semences de la meilleure qualité, nous avons pensé que ce document pourrait contribuer à conforter ces positions.

Cet ouvrage s'adresse en priorité aux ingénieurs et techniciens des laboratoires privés ou publics chargés de la réalisation d'analyses sanitaires et, d'une manière générale, à toutes les personnes chargées du contrôle de la qualité sanitaire des semences. Il est destiné également aux expérimentateurs de terrain et à tous ceux qui pourraient y trouver un intérêt, en particulier les agriculteurs multiplicateurs.

Les parasites cryptogamiques que nous présentons, et qui sont tous des parasites rencontrés en France et dans l'Union Européenne, ne sont pas les seuls micro-organismes dangereux transmis par les semences. En effet, des virus, des bactéries, des nématodes, des insectes... sont également présents ; mais les plus nombreux, les plus variés et ceux qui ont provoqué les pertes de rendement les plus importantes à travers le monde, au cours des siècles, sont incontestablement les champignons.

A côté des parasites importants, nous présentons un certain nombre de parasites secondaires et quelques saprophytes, toujours présents dans les lots de semences et qu'il est bon de savoir reconnaître.

Toutes les principales espèces de semences (potagères, oléagineuses, fourragères, céréales de grande culture et autres) sont analysées dans ce travail.

Les méthodes de détection utilisées sont toutes, à quelques exceptions près, des méthodes éprouvées, faisant appel, pour la reconnaissance des champignons, à des caractères macroscopiques ou microscopiques. Elles permettent d'identifier et d'évaluer le taux d'infection des différents parasites ou saprophytes présents dans les lots de semences.

Les méthodes que nous avons retenues et présentées ont été, les unes extraites des principales Revues et Règles de l'*International Seed Testing Association* (ISTA), les autres empruntées à différents auteurs ou encore tirées de l'expérience de notre propre laboratoire. Même si toutes ne donnent pas des résultats aussi convergents que l'on pourrait espérer, elles ont néanmoins l'avantage de contribuer à l'avancement du progrès génétique, à l'amélioration de la qualité sanitaire des semences mises sur le marché, et à limiter le développement des maladies en culture. Une normalisation véritable des techniques à l'échelle internationale est souhaitable ; elle limiterait bien des conflits entre vendeurs et acheteurs.

Les méthodes immuno-enzymatiques (ELISA), utilisées dans le domaine de la pathologie humaine ou végétale, et notamment pour la recherche de virus transmis par les semences, ne sont utilisées que pour quelques champignons.

Les techniques de sondes moléculaires qui ont recours à la biochimie des acides nucléiques font l'objet de nombreux travaux mais ne sont pas encore utilisées en routine ; elles ne seront donc pas décrites ici.

A côté des méthodes de détection et d'identification qui représentent l'essentiel de ce document, nous avons essayé de montrer toute l'importance que présentent les différents champignons du point de vue économique, mais aussi leur mode de contamination, les problèmes qu'ils posent sur le porte-graine tant pour la faculté germinative au laboratoire que pour la levée au champ. Par ailleurs, pour chaque champignon, nous avons donné un aperçu de sa fréquence d'apparition au cours des années.



# Remerciements

La parution de cet ouvrage est pour moi l'achèvement de toute une carrière et plus particulièrement de 37 années consacrées au laboratoire de Pathologie de la Station Nationale d'Essais de Semences (SNES).

Je tiens à exprimer toute ma gratitude à ceux et celles qui m'ont aidé et soutenu dans cette entreprise, et en particulier à Pierre Louis Lefort, Président du Groupe d'Étude et de Contrôle des Variétés et des Semences (GEVES) et à Yvette Dattée, Directeur du GEVES, qui m'ont donné tous les moyens nécessaires pour mener à bien cet ouvrage qui, sans eux, n'aurait pu aboutir ; je leur en suis très reconnaissant et les remercie très sincèrement.

Je remercie également Alain Coléno, Directeur scientifique de l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) et Frantz Rappilly, Président du Centre de Versailles, pour leurs encouragements et la possibilité qu'ils m'ont donnée de publier dans les éditions de l'INRA.

Je ne voudrais pas oublier Joël Guiard, Directeur adjoint du GEVES, Secrétaire Général du Comité Technique Permanent de la Sélection des Plantes cultivées (CTPS) ainsi que Joël Léchappé, Directeur de la SNES, pour leur soutien et l'aide matérielle qu'ils m'ont apportée.

Ma reconnaissance va également à Claude Hutin, ancien Directeur et fondateur du GEVES ainsi qu'à Claude Anselme, ancien responsable et créateur du laboratoire de Pathologie des semences et ancien Directeur de la SNES, qui, pendant très longtemps, fut mon maître incontestable ; l'un comme l'autre m'ont beaucoup soutenu au cours de ma carrière.

Toute ma reconnaissance s'adresse maintenant à mes deux lecteurs : Yves Bouchet, mon ami de longue date, Directeur Technique de la Fédération Nationale des Agriculteurs Multiplicateurs de Semences (FNAMS), Rédacteur en chef du Bulletin Semences, et Guy Raynal, Professeur à la chaire de Pathologie Végétale de l'Institut National Agronomique (INA) de Paris-Grignon, qui ont tous les deux accepté, sans hésitation, la rude tâche de lecteur. Leur grande expérience, l'un dans le domaine des productions de semences, l'autre en pathologie végétale, leur a permis de critiquer de manière constructive le contenu de ce document, d'y apporter de nombreuses remarques et suggestions, toutes très judicieuses. L'aide qu'ils m'ont apportée m'a été très précieuse.

Mais la rédaction d'un tel ouvrage est aussi le résultat d'un travail d'équipe. Je voudrais associer toutes les personnes qui ont travaillé avec moi et en particulier

Denise Brunet, qui fut ma fidèle collaboratrice au laboratoire pendant 35 ans. Je la remercie pour l'aide qu'elle m'a apportée pendant tant d'années et toujours avec dévouement, conscience professionnelle et amour du travail bien fait. Mes remerciements s'adressent également à Marie-Louise Mauduit, Jany Said, avec qui nous avons fait une longue route ensemble, ainsi qu'à Christine Giroult, Sylvie Leclerc, Christophe Godin et à tous ceux et celles qui prennent la relève aujourd'hui et à qui j'adresse tous mes encouragements.

Je voudrais également associer tous mes collègues de l'INRA, du GEVES et de la SNES, les représentants des Services Officiels, des Instituts Techniques, des établissements privés (sélectionneurs, multiplicateurs de semences, producteurs...), des firmes phytosanitaires, qui m'ont apporté leur concours et leur contribution au cours des années. Je ne peux nommer chacun ici, aussi, je me limiterai aux personnes qui ont contribué à la réalisation de ce document en apportant, soit une idée, soit un service, une photo, une correction : Jean-Louis Borel, Zouaoui Bouznad, Bernard Cahagnier, Roseline Corbière, Liciniu Dragos, Bernard Fabre, Jean Gondran, Michel Guenard, Arlette Le Pêcheur, Bruno Mille, Didier Spire, Imre Vegh, sans oublier Charles-Marie Messiaen, Roger Cassini, Patrick Joly, Joseph Le Bars et Daniel Richard-Molard, ainsi que de nombreux autres chercheurs qui, par leurs écrits, m'ont souvent facilité la tâche.

Je voudrais maintenant remercier tout particulièrement Suzanne Maréchal qui a assuré, avec dévouement et conscience professionnelle, la frappe du manuscrit, y compris les tableaux et graphiques ; sans elle tout aurait été plus compliqué. Bien sûr j'exprimerai aussi ma reconnaissance à l'Editeur qui a bien voulu accepter la parution de cet ouvrage dans l'une des nombreuses collections de l'INRA.

Pour terminer, je rendrai un hommage tout particulier à mon épouse Jeannie qui, par le soutien moral et la facilité de travail qu'elle m'a donnés tout au long de ma carrière à l'INRA, et aujourd'hui encore, pour écrire ce livre, a été pour moi un précieux réconfort ; je lui en suis très reconnaissant et c'est à elle que je le dédie.

# Sommaire

## CHAPITRE I

<b>Importance économique</b> .....	11
Facteurs contribuant au développement des parasites transmis par les semences.....	11
Action des parasites venant de la semence .....	12
Pertes de semences en cours de production .....	14
Pertes de semences après la commercialisation.....	16

## CHAPITRE II

<b>Les moisissures transmises par les semences dans la classification</b> .....	17
Les critères de classification .....	17
Les différents groupes de moisissures.....	20

## CHAPITRE III

<b>Les différents modes de contamination des semences</b> .....	21
Les principales sources de contamination .....	21
L'importance de la contamination.....	21
La spécificité des champignons.....	22
Les différents types de contamination rencontrés au niveau des semences.....	22

## CHAPITRE IV

<b>Les champignons rencontrés dans les lots de semences</b> .....	27
Les champignons parasites .....	28
Les parasites opportunistes .....	29
Les saprophytes.....	30
Les champignons producteurs de mycotoxines.....	30

## CHAPITRE V

<b>La réglementation sanitaire appliquée aux semences</b> .....	35
---	----

<b>CHAPITRE VI</b>	
<b>L'analyse sanitaire des semences .....</b>	<b>39</b>
 <b>CHAPITRE VII</b>	
<b>Les principales méthodes d'analyse.....</b>	<b>43</b>
Les méthodes traditionnelles .....	43
Les méthodes sérologiques .....	54
Les techniques nouvelles.....	56
 <b>CHAPITRE VIII</b>	
<b>Les champignons transmis par les semences .....</b>	<b>57</b>
<i>Pour chaque organisme :</i>	
- Maladie, symptômes et dégâts	
- Localisation du champignon sur la graine	
- Méthodes d'analyse	
- Identification du parasite	
- Confusion possible	
- Symptômes sur les jeunes plantules au laboratoire	
- Fréquence d'apparition	
 <b>CHAPITRE IX</b>	
<b>Parasites rares ou peu observés sur les semences.....</b>	<b>367</b>
 <b>Conclusion .....</b>	<b>377</b>
<b>Références bibliographiques .....</b>	<b>379</b>
<b>Glossaire .....</b>	<b>389</b>
<b>Index .....</b>	<b>393</b>
<b>Crédit photographique.....</b>	<b>401</b>

## CHAPITRE I

# Importance économique

L'action des champignons parasites transmis par les semences se situe à des moments tellement différents qu'il est bien difficile de faire une évaluation précise et exhaustive de leur importance économique.

Pourtant, chaque année, des pertes importantes sont observées sur telle ou telle espèce de plante, en cours de production ou après la commercialisation.

## Facteurs contribuant au développement des parasites transmis par les semences

Différents facteurs, contrôlables ou non, interviennent dans le développement des parasites transmis par les semences. Notons en particulier :

- *les échanges internationaux* qui facilitent l'introduction de nouvelles maladies dans des zones jusque là indemnes. En France, c'est en 1966 que *Plasmopara helianthi*, agent du mildiou du tournesol, a été observé pour la première fois dans les départements du Vaucluse et de la Drôme. L'implantation du parasite dans les sols, puis sa multiplication, furent à l'origine du retournement de nombreuses parcelles. Ce n'est qu'après l'obtention de variétés résistantes que la culture du tournesol put reprendre normalement. Depuis, deux nouvelles races de mildiou ont été introduites dans notre pays par la semence ; ce qui a nécessité la recherche de nouvelles variétés résistantes et a obligé les pouvoirs publics à instaurer le traitement obligatoire des semences de variétés de tournesol sensibles au mildiou ;

- *les conditions de culture* qui peuvent être favorables ou défavorables au développement de la culture ou à celui des parasites ; ce qui nous amène à considérer l'état sanitaire des semences comme déterminant pour celui de la culture. Ce n'est pas parce que, certaines années, un lot contaminé se développe correctement qu'il en sera toujours ainsi. Par exemple, en 1968, année particulièrement humide, des cultures de haricot semées avec un lot contaminé à 1 % de *Colletotrichum lindemuthianum* (Anthracnose) ont été presque totalement détruites dans certains départements du nord du Bassin parisien.

Il est certain qu'il y a des parasites mieux adaptés à une région qu'à une autre ; c'est le cas de *Microdochium nivale* (*Fusarium nivale*), qui, à partir d'un même lot de semences, peut provoquer d'importants dégâts à la levée dans la moitié nord de la France, alors que les risques sont souvent minimes dans la moitié sud. Notons cependant que certaines conditions agro-culturelles, et en particulier l'irrigation, peuvent entraîner des conditions édaphiques et microclimatiques favorables à ce parasite dans les régions au sud de la Loire. Ce fut le cas en 1991 et 1992 où des arrosages intensifs du blé dur dans la région Centre et le Sud-Ouest ont abouti au refus des cultures pour cause de contamination trop importante des semences par *Microdochium nivale*.

## Action des parasites venant de la semence

### Action sur le peuplement

De nombreux champignons ont une action sur les jeunes semis des plantes les plus variées :

- deux *Alternaria* sont redoutés sur chou à ce stade : *A. brassicicola*, capable de provoquer d'importantes fontes de semis dans les pépinières, de même qu'*A. brassicae*, bien que moins fréquent. Sur cette espèce, d'autres *Alternaria* saprophytes sont présents à l'analyse (*A. tenuissima* et *A. tenuis*), mais n'ont aucune incidence à la levée. Sur carotte, lin, radis, différents *Alternaria* sont également présents : *A. dauci*, *A. linicola*, *A. raphani* souvent en mélange avec d'autres organismes. Tous ont, de plus, une incidence sur la qualité du produit, les uns évoluant ensuite sur les pommes de chou-fleur, les cultures ou les porte-graine de carotte, les capsules de lin, les racines de radis qu'ils rendent parfois invendables dans des proportions qui sont fonction des conditions climatiques du moment et des moyens de protection mis en œuvre ;

- les *Ascochyta* du pois, du pois chiche, de la féverole, des plantes fourragères, sont également des parasites qui s'attaquent aux plantules à la levée et qui évoluent ensuite, suivant les conditions climatiques. En 1987, c'est en raison des conditions particulièrement humides en fin de végétation et à la récolte que de nombreuses parcelles de pois ont été contaminées par *A. pinodes* ; 19 % des lots seulement étaient indemnes, alors que 27 % dépassaient le seuil des 20 %. Sur pois, les *Ascochyta* peuvent rester à l'état latent pendant toute la végétation des plantes et réapparaître sur les gousses et les graines quand les conditions leur redeviennent favorables. Sur lin, *Ascochyta linicola*, qui n'est véritablement inquiétant au champ qu'une fois tous les 10 ans, est capable, quand les conditions de développement lui sont favorables, de transmettre la maladie et détruire 50 % des plantes avoisinantes à partir de 1 % de graines contaminées ;

- chez les *Fusarium*, un grand nombre de graines contaminées sont à l'origine de la disparition des plantules au stade jeune, entre autres chez les céréales où les pertes en quintaux sont parfois directement proportionnelles aux taux d'infection des lots de semences. Alors que des lots contaminés à plus ou moins 5 % par *F. roseum*

germaient à plus de 95 % au champ, d'autres, proches des 40 % d'infection, ne dépassaient pas les 75 % à la levée ;

- *Phoma betae* de la betterave est à l'origine de germes anormaux ou pourris de façon notable, dès que le taux d'infection des glomérules est un peu élevé ;

- *Phoma lingam*, transmis entre autres par les semences de colza, est surtout à craindre à partir des débris de paille malades restés dans le sol ;

- *Phomopsis sojae*, qui a longtemps été considéré comme peu important en France, s'est révélé depuis une dizaine d'années être dangereux quand les taux d'infection de la semence sont élevés. Expérimentalement, des manques à la levée de l'ordre de 50 % ont été observés dans la Région parisienne, à partir de taux de contamination de l'ordre de 80 % (voir fiche descriptive) ;

- les *Botrytis* sont également des agents de fonte de semis que l'on rencontre sur les semences les plus variées. Comme beaucoup de parasites, les pertes à la levée sont fonction du choix des lots de semences, des produits de traitement et des conditions de levée. Cependant les dégâts observés en cours de végétation n'ont pas, dans la plupart des cas, la semence pour origine ;

- les *Pythium*, les *Rhizoctonia*, mais aussi les *Sclerotinia* sont, en matière de peuplement, l'exemple type de parasites à l'origine de dégâts au stade plantule. Plus courants dans le sol que sur la semence, ils peuvent néanmoins provoquer de gros dégâts à partir de celle-ci dans les jeunes semis.

Les atteintes aux peuplements entraînent des pertes économiques d'autant plus importantes que la valeur ajoutée du produit est élevée ou que l'espèce a une faible capacité de compensation. Les producteurs de plants sous abri sont ainsi parmi les plus attentifs à l'état sanitaire et à la protection des semences qu'ils utilisent. Vient ensuite les producteurs de légumes de serre ou de plein champ, d'autant plus vulnérables que le sol a été plus rigoureusement désinfecté avant le semis. Les grandes cultures semées en place et ayant peu ou pas de ramifications subissent, elles aussi, beaucoup les réductions de peuplement.

## Action sur les rendements

Les mêmes agents pathogènes peuvent être à l'origine de chutes de rendement importantes, c'est notamment le cas de certains *Helminthosporium* à travers le monde. Sur orge, *H. gramineum*, aujourd'hui bien maîtrisé par les traitements de semences, peut, dans le cas de parcelles mal contrôlées, provoquer des pertes de rendement en proportions équivalentes au nombre d'épis malades observés :

- les pertes provoquées par *Ustilago nuda* ou *U. tritici* (agents des charbons nus de l'orge et du blé) sont dans le même cas : 1 % d'épis malades = 1 % de perte de rendement ;

- la carie, l'ergot des graminées, qui ont longtemps été à l'origine de baisses de rendement importantes et de problèmes d'intoxication pour l'homme et les animaux, semblent aujourd'hui bien maîtrisés malgré la présence çà et là de quelques cas isolés ;

- *Septoria nodorum*, qui est réapparu au cours de ces cinq dernières années (voir fiche correspondante), est à l'origine de fontes de semis mais aussi de chutes de

rendement enregistrées notamment sur le poids de 1000 grains, qui peuvent atteindre jusqu'à 30 % ;

- *Peronospora pisi*, agent du mildiou du pois, assez bien maîtrisé notamment sur pois protéagineux, en raison des traitements systématiques, reste néanmoins une maladie à surveiller en permanence. Viennot-Bourgin (1949) rappelait que dans la région de Washington, des pertes de rendement de l'ordre de 10 à 20 % de la récolte avaient été observées à partir de 30 à 40 % de gousses atteintes.

Les pertes de rendement, surtout enregistrées dans les espèces de grandes cultures, existent bien entendu sur toutes les espèces, mais elles ne peuvent que très rarement être totalement attribuées à la seule semence, car à ce stade, beaucoup d'autres causes de contamination ont pu venir se superposer.

## Action sur la qualité des produits récoltés

En matière de qualité, que ce soit au niveau des producteurs de semences ou des produits de consommation, un grand nombre de parasites jouent un rôle important car ils peuvent rendre le produit impropre à la consommation :

- c'est le cas de *Peronospora valerianellae*, agent du mildiou de la mâche, qui fait l'objet d'un contrôle quasi-systématique des semences à la demande des professionnels, en raison des dégâts extrêmement graves que peut provoquer la maladie à la production ;

- sur mâche, on trouve également *Phoma valerianellae* qui déprécie la qualité du produit en raison des taches noirâtres formées sur les feuilles et qui rendent la salade invendable ;

- sur carotte, *Stemphylium radicinum*, qui est un parasite de fonte des semis au même titre qu'*Alternaria dauci*, se manifeste sur les racines sous forme de taches noirâtres à l'arrachage mais qui évoluent pendant la conservation ;

- des parasites de stockage (*Penicillium*, *Aspergillus*, *Trichothecium*...) considérés souvent comme des saprophytes, peuvent provoquer des dégradations irréversibles des semences quand celles-ci sont insuffisamment séchées à la récolte ou qu'elles ont pris de l'humidité pendant leur conservation ;

- la présence de taux importants d'*Acremonium* dans les semences de fétuque est extrêmement grave car, récoltées sur des plantes saines d'aspect, les graines, après semis, donnent des plantes contaminées de manière systémique, qui produiront à leur tour un aliment toxique pour le bétail.

## Pertes de semences en cours de production

Malgré un certain nombre de mesures prises par les multiplicateurs de semences telles que le choix des régions de production, les assolements, les isolements, les épurations, les traitements préventifs..., il arrive quelquefois que les rendements soient affectés, voire même que les productions ne puissent être vendues à cause de problèmes sanitaires survenus en végétation. Suivant l'importance de l'attaque, différents cas peuvent se présenter.



## Cultures trop atteintes, semences non récoltées

Suite à des attaques foudroyantes d'*Alternaria dauci* en végétation, on a vu, certaines années, des cultures de carottes porte-graine contaminées à un point tel qu'il s'est avéré préférable de ne pas récolter les semences. Le volume de production de cette espèce, comme celui de beaucoup de potagères, n'est jamais très important mais la perte pour l'agriculteur, comme pour l'établissement producteur de semences, est alors totale.

Dans d'autres cas, c'est seulement une partie des parcelles qui est atteinte mais, par rapport aux normes réglementaires, la contamination sur pied s'avère trop élevée pour que la culture soit acceptée et que les semences soient commercialisées. La culture est donc récoltée, mais non retenue comme semence. Si les graines peuvent être vendues pour la trituration ou pour l'alimentation du bétail, les pertes ne sont alors pas totales mais le manque à gagner peut être important.

## Cultures conformes, semences récoltées

A la récolte, les lots sont séchés, nettoyés puis analysés. Bien que conformes aux normes réglementaires ou contractuelles en culture, tous ne sont pas exempts pour autant de parasites qui peuvent être encore une cause de refus en fin de conditionnement. En effet, les semences commerciales doivent satisfaire à un certain nombre de contrôles de qualité qui peuvent être d'ordre réglementaire, ou répondre à des exigences propres à l'établissement et à sa clientèle. Ces contrôles officiels ou privés portent en particulier sur les analyses de :

- **pureté spécifique** : la recherche de sclérotés pour les plantes oléagineuses, d'ergots pour les céréales ou de particules de terre pour le soja, est obligatoire (cf. chap. V) ;

- **germination** : une contamination superficielle, mais surtout profonde des graines, peut être à l'origine de graines non germées, de germes anormaux ou pourris, capables d'entraîner un refus des lots pour faculté germinative insuffisante (exemple : *Phoma valerianellae* de la mâche, Fusariose du blé dur...) ;

- **état sanitaire** : l'analyse sanitaire permet de révéler la présence de parasites indésirables pour différentes opérations :

- le vendeur peut lui-même se fixer des normes de commercialisation plus sévères que celles de la réglementation officielle ;

- l'acheteur peut demander l'absence de parasites ou fixer contractuellement des seuils à ne pas dépasser ;

- les Services Officiels font respecter les normes de commercialisation fixées par les règlements. Quatre espèces sont particulièrement contrôlées : le lin, le chanvre, le tournesol et le soja (cf. chap. V) ;

- les Services de la Protection des Végétaux des pays importateurs vérifient les parasites de quarantaine au regard des normes fixées par la loi.

## Le devenir des lots non conformes

Quelle que soit la solution retenue pour améliorer la qualité sanitaire des lots non conformes, un coût supplémentaire, donc un manque à gagner, est toujours enregistré par l'établissement, voire par l'agriculteur multiplicateur. Plusieurs solutions peuvent être envisagées :

- **le triage plus sévère des lots** : cette solution permet d'éliminer les ergots, les sclérotés, les débris de culture, les grains échaudés présents en trop grand nombre. Au prix d'un taux de déchets parfois très élevé, il est en effet possible d'améliorer l'état sanitaire et la faculté germinative, mais pas dans tous les cas ;

- **le traitement des semences** : un traitement de semences efficace réduit le taux d'infection de nombreux champignons parasites et relève le taux de germination ;

- **le report d'une année** : après un an de stockage en conditions naturelles, certains parasites régressent, voire disparaissent, mais la faculté germinative diminue parfois aussi très sensiblement ;

- **l'élimination des lots contaminés** : trop contaminées, certaines semences ne peuvent être traitées en raison des risques qu'elles entraîneraient à la levée ou pour les cultures. Elles sont donc livrées à la trituration, dans la mesure où elles ne sont pas traitées ou, dans le cas du blé, contaminées par la carie. Dans ce dernier cas, les grains de blé sont en effet impropres à la consommation en raison de l'odeur de triméthylamine, poisson avarié, que l'on pourrait retrouver dans les farines.

## Pertes de semences après la commercialisation

Les pertes occasionnées par les champignons parasites transmis par les semences commercialisées sont encore plus difficiles à évaluer. Les premiers dégâts se manifestent avant même que les plantules ne sortent du sol, ou dès leur sortie de terre ; les pertes qui en découlent se traduisent alors par une diminution de la densité de population (fontes de semis). Cependant, un grand nombre de plantules malades ne sont pas entièrement détruites à ce stade, certaines restent chétives, d'autres poursuivent leur développement, les unes sans symptômes apparents, les autres tachées et donc porteuses d'inoculum.

A partir d'un certain stade de développement, il devient souvent difficile d'évaluer les pertes venant réellement de la semence, de celles venant de parasites déjà présents dans le sol, des attaques secondaires ou des cultures environnantes.

D'une manière générale, et pour de nombreux parasites, plus le taux d'infection des lots de semences est élevé, plus les risques d'avoir une vigueur affectée ou un manque d'efficacité des produits de traitement sont élevés. Une bonne levée au champ dépend beaucoup de l'état sanitaire d'origine des graines mises en terre. Les pertes à ce stade sont extrêmement variables. Elles dépendent de l'évolution de la maladie au stade plantule et donc de la biologie des parasites, de leur localisation dans la semence, de leur virulence, de l'efficacité du traitement et des conditions de levée. Si la plupart des parasites présentent des symptômes pendant toute la végétation des plantes, beaucoup se manifestent essentiellement au niveau du peuplement, d'autres agissent plutôt au niveau du rendement, d'autres enfin déprécient la qualité du produit récolté.

## CHAPITRE II

# Les moisissures transmises par les semences dans la classification

La classification des champignons comprend, suivant les auteurs, cinq ou six grands groupes, dont deux sont parfois regroupés : les Myxomycètes, représentés par *Plasmodiophora brassicae*, agent de la hernie du chou, et les Archimycètes, représentés par *Synchytrium endobioticum*, agent de la galle verruqueuse de la pomme de terre.

Pratiquement, aucun champignon de ces groupes n'est présent sur la semence. Par contre, les Phycomycètes, les Ascomycètes, les Basidiomycètes et les Champignons Imparfaites comprennent un grand nombre d'espèces que l'on rencontre dans les lots de semences et qui sont parfaitement décelables en laboratoire.

## Les critères de classification

L'appareil végétatif des champignons forme un thalle composé de filaments microscopiques, souvent ramifiés, appelés *hyphes* ; l'ensemble de ces hyphes forme le *mycélium*, visible à l'œil nu dans les boîtes de Petri.

Les hyphes sont entourés d'une paroi cellulaire protectrice, qui permet les échanges avec le milieu extérieur. Elle est en général formée de chitine associée à d'autres constituants (chitosanes, glucanes, protéines). La croissance n'a lieu qu'à l'extrémité de l'hyphe : c'est là qu'est rassemblé le cytoplasme actif et que se produit l'essentiel de l'activité métabolique.

Chez les Phycomycètes, les hyphes ne sont pas cloisonnés, leur structure est dite coenocytique ; dans les autres groupes, les filaments sont séparés par des cloisons transversales : le mycélium est dit cloisonné. En présence de mycélium cloisonné, tous les éléments de l'hyphe communiquent entre eux par des pores au travers desquels se déplacent les noyaux qui se rassemblent dans la zone subterminale de l'hyphe. Les parties âgées sont pratiquement dépourvues de noyaux et n'ont plus que de grandes vacuoles à travers lesquelles se fait le transport des nutriments et des déchets cellulaires (fig. 1).

	Caractéristiques	Genre
MYXOMYCÈTES	Thalle plasmodique, reproduction par spores.	• <i>Plasmodiophora brassicae</i> * (Hernie du chou)
ARCHIMYCÈTES	Thalle plasmodique ou filamenteux, reproduction par spores et par kystes.	• <i>Synchytrium endobioticum</i> * (Galle verruqueuse de la pomme de terre).
PHYCOMYCÈTES  • Oomycètes  • Zygomycètes	Thalle filamenteux développé, non cloisonné, reproduction par spores et par œufs.  Reproduction par hétérogamie (gamètes dissemblables)  Reproduction par isogamie (gamètes semblables) :	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Peronospora</i> } agents de pourriture,</li> <li>• <i>Plasmopara</i> } de fontes de semis,</li> <li>• <i>Pythium</i> } de mildious</li> <li>• <i>Sphacelotheca</i> }</li> <li>• <i>Mucor</i> } Mucorales</li> <li>• <i>Rhizopus</i> }</li> </ul>
BASIDIOMYCÈTES  • Hémibasidiomycètes  • Protobasidiomycètes • Autobasidiomycètes	Thalle filamenteux développé, cloisonné, reproduction par basides.  Basides produisant des basidiospores en nombre indéfini  Basides cloisonnées produisant 4 basidiospores  Basides non cloisonnées produisant 4 basidiospores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Ustilago</i> } Agents des charbons</li> <li>• <i>Tilletia</i> } et des caries</li> <li>• <i>Puccinia coronata</i>* (Rouille couronnée de l'avoine)</li> <li>• <i>Corticium (Rhizoctonia)</i></li> </ul>
ASCOMYCÈTES  • Protoascomycètes  • Euascomycètes - Plectomycètes  - Pyrénomycètes  - Discomycètes	Thalle filamenteux développé, cloisonné, reproduction par asques.  Asques non inclus dans un conceptacle, libres à la surface des tissus parasités.  Asques enfermés dans un conceptacle.  Conceptacles sans ouverture définie (Cléistothèces), formés isolément.  Conceptacles piriformes ouverts par une ostiole ou un col (périthèces), isolés ou assemblés dans ou sur un stroma.  Conceptacles ouverts à maturité (Apothécies)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Taphrina deformans</i>* (Cloque du pêcher)</li> <li>• <i>Erysiphe cichoracearum</i>* (Oïdium des cucurbitacées)</li> <li>• <i>Acremonium</i> (Endophytes des graminées)</li> <li>• <i>Chaetomium</i></li> <li>• <i>Claviceps</i></li> <li>• <i>Gibberella (Fusarium)</i></li> <li>• <i>Pleospora</i></li> <li>• <i>Sordaria</i></li> <li>• <i>Sclerotinia</i></li> </ul>

\* Non présent sur les semences