

ETUDE DES FACTEURS EXPLIQUANT LES FLUCTUATIONS DES ATTAQUES DE *PLASMOPARA HALSTEDII* EN FRANCE

Marc DELOS, Service Régional de la Protection des Végétaux "Midi-Pyrénées"
- Cité Administrative - Bât. E - Bd Armand Duportal - 31074 TOULOUSE Cedex - France
Fax : 05 61 10 62 72 ; e-mail : marc.delos@agriculture.gouv.fr

Nathalie EYCHENNE, Fédération Régionale de Défense contre les Ennemis des Cultures "Midi-Pyrénées"
- Cité Administrative - Bât. E - Bd Armand Duportal - 31074 TOULOUSE Cedex - France
Fax : 05 61 10 62 72 ; e-mail : marc.delos@agriculture.gouv.fr

Isabelle BIRBA et **Christine FABRY**, Service Régional de la Protection des Végétaux "Midi-Pyrénées"
- Cité Administrative - Bât. E - Bd Armand Duportal - 31074 TOULOUSE Cedex - France

RESUME

Depuis le début des années 90, des campagnes de prospection ont été conduites afin d'évaluer la gravité des attaques de mildiou du tournesol en France. Les observations montrent chaque année une hétérogénéité importante de la quantité de maladie entre parcelles, y compris au sein d'une zone de production *a priori* homogène sur le plan climatique.

Différents travaux issus de dispositifs analytiques adaptés et d'enquêtes ont été réunis afin de proposer une description de l'impact des pratiques culturales et des phénomènes climatiques concourant à l'observation de dégâts majeurs dans les parcelles.

Les facteurs déterminants pour le développement de la maladie, dès lors que la plante est exposée aux contaminations, sont : la disponibilité de l'inoculum dans le sol et les conditions climatiques qui accompagnent la période du semis, en particulier la pluviométrie. Des observations précises ont permis de proposer un indicateur de risque basé sur ce paramètre.

L'identification exhaustive et la hiérarchisation des facteurs explicatifs de ces variations constituent des atouts majeurs pour la maîtrise agronomique de la maladie.

STUDY OF FACTORS EXPLAINING FLUCTUATIONS OF ATTACKS OF *PLASMOPARA HALSTEDII* IN FRANCE

SUMMARY

Since the beginning of 90s, campaigns of prospecting have been driven in order to evaluate the gravity of attack of sunflower downy mildew in France. Observations show each year a heterogeneity of the level of disease between fields, also within an area climatically homogeneous.

Different works of analytic devices and surveys have been examined in order to propose a description of the impact of cultural practices and climatical phenomena explaining the major damages in fields.

Main factors for the development of *Plasmopara halstedii*, as soon as the plant is exposed to contamination, are : the availability of the inoculum in the ground and climatical conditions that occur during the period of seedling, especially the rainfall. Precise observations have allowed to propose an indicator of risk based on this parameter.

The exhaustive identification and the respective level of explanatory factors of these variations set up advantages for the agronomical control of the disease.

INTRODUCTION

Le mildiou du tournesol dû à *Plasmopara halstedii* est une maladie grave de la culture qui varie fortement d'une année à l'autre, mais aussi d'une parcelle à l'autre, une même année, dans une région donnée. Si les principaux facteurs expliquant ces variations sont identifiés depuis de nombreuses années, leurs interactions voire leur hiérarchisation restent mal établies. *Plasmopara halstedii* est un champignon polycyclique dont l'épidémie est pour partie tellurique, pour partie aérienne, mais toujours liée à l'eau. La pluie est, comme pour tous les Péronosporales, le facteur climatique déterminant du risque (Zimmer et Hoes, 1978 ; Kolte, 1985).

Le stade de la plante est également un facteur important pour déterminer le type de symptômes et sa gravité d'un point de vue économique (Allard, 1978).

Enfin, pour que la maladie puisse intervenir, il faut qu'un inoculum soit présent dans la parcelle ou à proximité. L'inoculum primaire est constitué par des oospores présentes dans le sol. La contamination primaire sera proportionnelle à la quantité d'oospores capables de libérer des zoospores dans le sol. Le retour fréquent du tournesol dans une parcelle augmente ce potentiel (Alabouvette et Marty, 1977).

Ce sont ces 3 facteurs, climat, stade et potentiel infectieux du sol, que nous avons voulu appréhender simultanément, afin de bâtir un schéma d'évaluation du risque permettant une réponse appropriée de l'agriculteur.

Des observations faites depuis 1996 sur l'ensemble des régions françaises, à l'occasion d'enquêtes et d'études plus spécifiques, nous ont permis de proposer une description du processus qui conduit à l'obtention de dégâts significatifs.

A. MATERIEL ET METHODES

Deux types d'informations ont été réunies pour mener l'étude qui suit :

- des **enquêtes** réalisées de 1996 à 1999 sur plus de 500 parcelles chaque année, dans 15 régions françaises. Les parcelles font l'objet d'une mesure de la quantité de plantes touchées par *Plasmopara halstedii* et du type de symptômes observés au cours du mois de juin. De nombreuses informations sont recueillies auprès de l'agriculteur, sur la variété, le traitement de semences, la rotation au cours des années précédentes. Des données sont également recueillies sur la topographie de la parcelle, le type de sol et l'environnement. Pour les parcelles atteintes de façon significative, des prélèvements sont effectués afin d'analyser la sensibilité de la population en présence au métalaxyl.

Toutes ces données sont traitées à l'aide d'un logiciel d'analyse des données, STAT BOX PRO, par la méthode de l'analyse des correspondances multiples (ACM).

- en parallèle avec cette approche synthétique, des **dispositifs analytiques** ont été conduits afin d'étudier l'influence de la date de semis sur la gravité de l'attaque du mildiou et mieux cerner au champ l'influence du stade de la plante vis-à-vis de contaminations primaires.

L'étude de l'influence de la date de semis sur la contamination, que l'on peut considérer comme une interaction climat * date de semis, a été réalisée en 1997 à Villefranche de Lauragais (31), au moyen d'un dispositif croisant 8 dates de semis à 6 variétés parmi les plus cultivées dans le sud ouest de la France, dont une résistante à la race 710, race présente dans la parcelle. L'essai a été réalisé en contamination naturelle.

Les semis ont été réalisés à la canne à raison de 200 graines par parcelle élémentaire, en condition de températures non limitantes, avec une semaine d'intervalle entre chaque semis. Les observations, réalisées aux stades 2 feuilles, 6 feuilles et 10 feuilles, ont porté sur la fréquence de plantes atteintes et la nature des symptômes observés.

Les résultats des notations ont été confrontés aux relevés météorologiques en utilisant l'analyse en composante principale (ACP) ; les facteurs comparés étant le pourcentage de plantes atteintes au stade 2 feuilles et la quantité de pluie enregistrée durant des plages de temps variables autour du semis.

Un second dispositif, réalisé à la suite du précédent, a été mis en place afin de préciser au champ la réponse à la contamination de différents stades. Cinq semis successifs, espacés à chaque fois de 3 jours, ont été effectués sur une parcelle n'ayant jamais porté de tournesol. L'ensemble des parcelles a reçu une pulvérisation d'une suspension de zoospores à raison de 10^6 sporanges / ml de bouillie. Un témoin non contaminé a été inclus pour chaque date de semis afin de vérifier l'absence d'inoculum naturel.

Deux notations ont été effectuées, 3 semaines puis 6 semaines après la contamination.

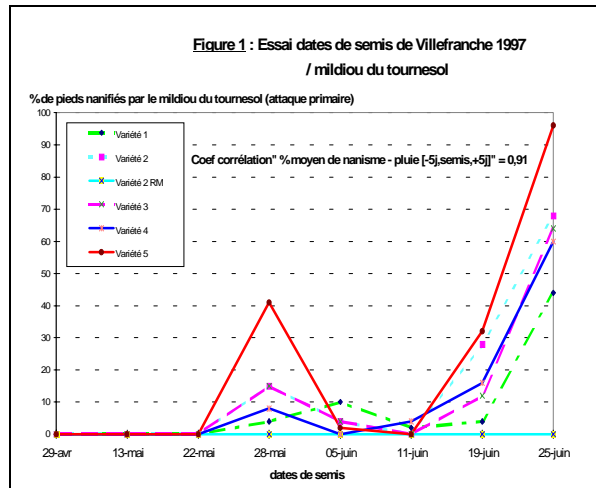
B. RESULTATS

1 - En 1997

Le dispositif expérimental conduit sur le site de Villefranche de Lauragais en 1997 (Tableau 1 et Figure 1) a permis d'observer de fortes variations des attaques de mildiou entre dates de semis, variations observées pour les différentes variétés. Les variations du niveau d'attaque pouvaient être attribuées à la fluctuation de la pluviométrie en fonction de la date de semis. Une analyse de l'effet de la pluie prise en compte sous forme de cumul sur des plages de temps variables a permis d'identifier les périodes "5 jours avant le semis à 5 jours après le semis" et dans une moindre mesure "5 jours avant le semis à 15 jours après le semis" comme les plages de temps pendant lesquelles la prise en compte du facteur quantité de pluie était la mieux corrélée avec la fréquence de symptômes liés à une contamination primaire. La prise en compte des 5 jours avant semis était systématiquement valorisée au niveau des calculs de corrélation.

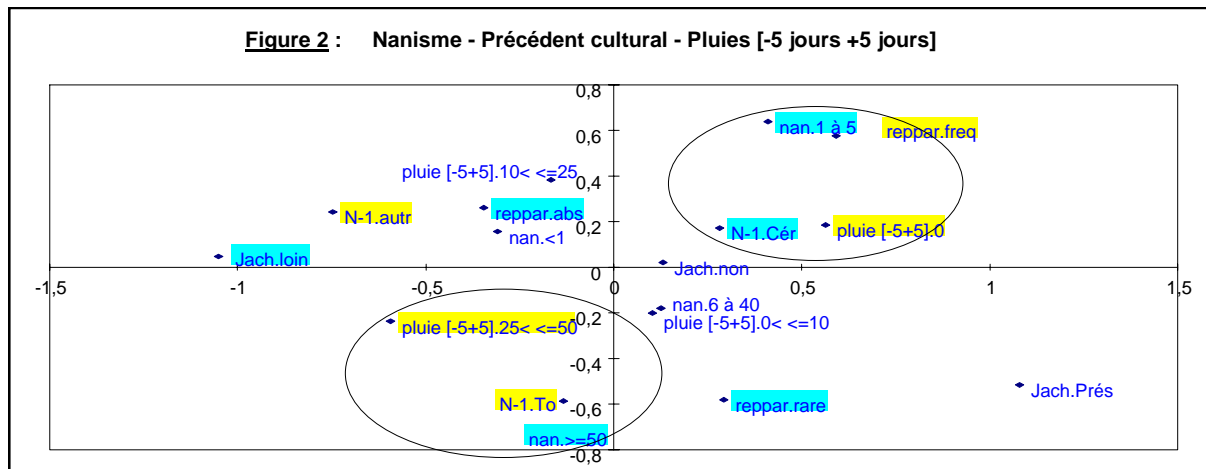
Tableau 1 : Matrice de corrélation

	J-10+20	J-5+25	J+30	J-5+15	J+20	J-10+10	J+10	J-5+10	J-5+5	J+5+10	nanisme
J-10+20	1	0,775559	0,544718	0,858727	0,886218	0,755113	0,606832	0,673629	0,535775	0,544282	0,659348
J-5+25	0,775559	1	0,889974	0,800997	0,941728	0,275724	0,50734	0,639233	0,706408	0,450895	0,711079
J+30	0,544718	0,889974	1	0,618995	0,791193	0,067144	0,417221	0,488936	0,432453	0,38067	0,476713
J-5+15	0,858727	0,800997	0,618995	1	0,933428	0,594266	0,754132	0,833284	0,651488	0,677014	0,806266
J+20	0,886218	0,941728	0,791193	0,933428	1	0,49836	0,689756	0,778936	0,631162	0,625579	0,736256
J-10+10	0,755113	0,275724	0,067144	0,594266	0,49836	1	0,72969	0,688535	0,060999	0,717549	0,183885
J+10	0,606832	0,50734	0,417221	0,754132	0,689756	0,72969	1	0,971411	0,143175	0,933423	0,249338
J-5+10	0,673629	0,639233	0,488936	0,833284	0,778936	0,688535	0,971411	1	0,363186	0,951164	0,41828
J-5+5	0,535775	0,706408	0,432453	0,651488	0,631162	0,060999	0,143175	0,363186	1	0,057844	0,918931
J-5+10	0,544282	0,450895	0,38067	0,677014	0,625579	0,717549	0,933423	0,951164	0,057844	1	0,143736
nanisme	0,659348	0,711079	0,476713	0,806266	0,736256	0,183885	0,249338	0,41828	0,918931	0,143736	1



Ces résultats ont été confirmés par l'approche synthétique réalisée sur les réseaux d'enquête (Figure 2). La prise en compte de la pluie sur des postes météorologiques situés respectivement dans les zones des parcelles objets de l'enquête a permis de vérifier qu'il existait un lien entre la pluviométrie encadrant le semis et le niveau de contamination primaire caractérisé par le pourcentage de nanisme observé. L'étude des contributions relatives a limité le risque d'interprétation abusive qui résulterait de la seule prise en compte du graphe issu de la projection sur les axes principaux de l'ACM. Ces observations obtenues par des approches tant analytiques que synthétiques tendent à montrer que la plage de temps déterminante pour la contamination primaire en conditions naturelles est proche du semis.

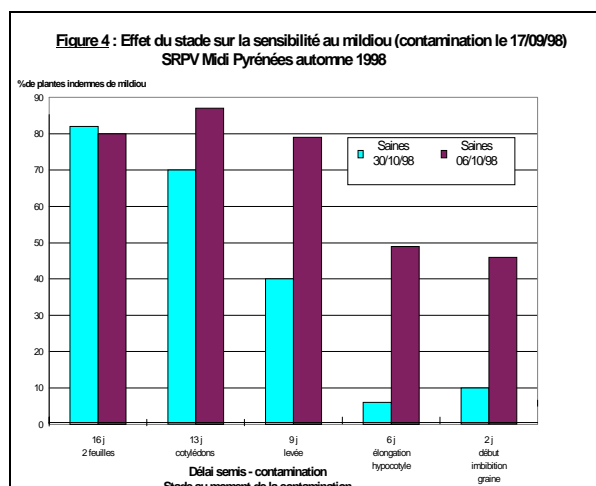
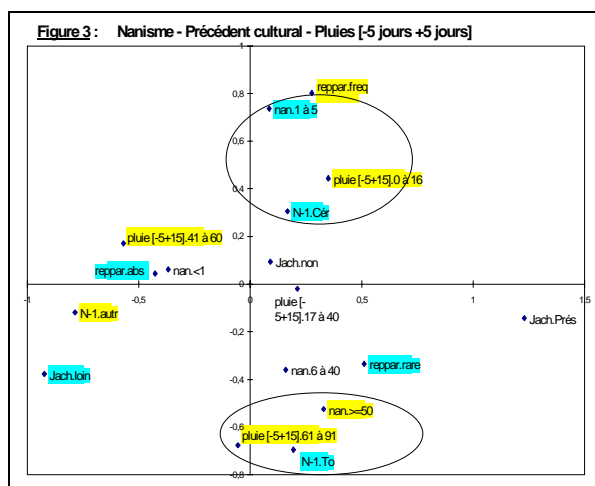
Les pluies intervenant 15 jours après le semis, une fois la levée réalisée, ayant peu d'influence, seules des plantes n'ayant pas dépassé le stade cotylédons seraient susceptibles d'être atteintes lorsqu'elles sont exposées à un potentiel infectieux naturel.

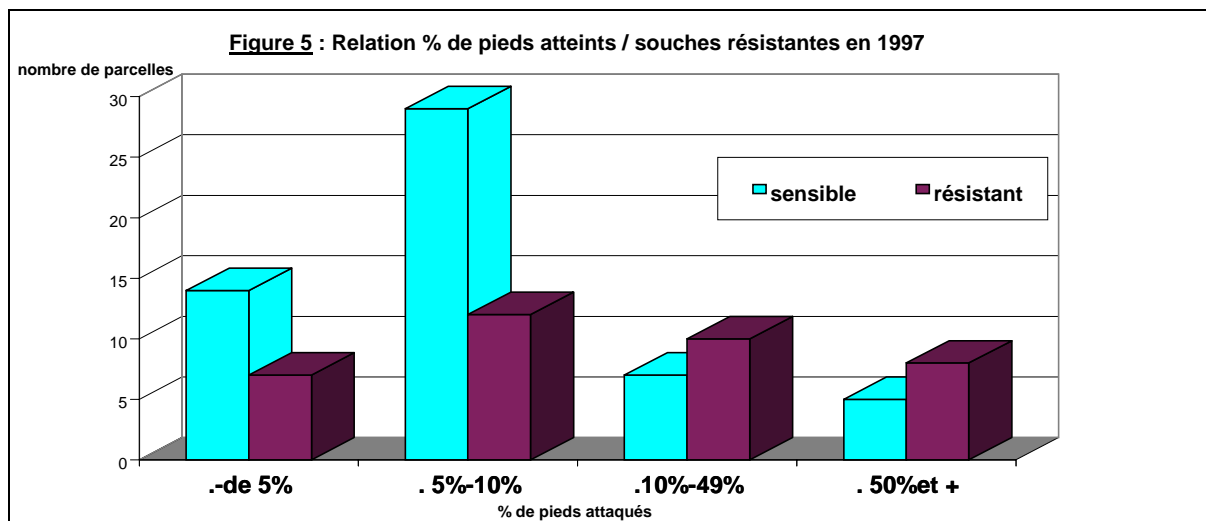


2 - En 1998

L'expérimentation menée en 1998, pour affiner la connaissance que l'on avait de la sensibilité de la plantule aux contaminations primaires en conditions de plein champ, nous a permis de vérifier ce qui avait été observé dans des conditions de laboratoire (Tikhonov, 1973 ; Allard, 1978) : seules les très jeunes plantes expriment massivement des symptômes suite une contamination par zoospores apportée au sol ; dès la levée, la réussite de ce type de contamination diminue et devient faible à partir du stade 2 feuilles. Ce résultat réduit la plage pendant laquelle la plantule de tournesol reste sensible aux contaminations telluriques, d'autant qu'une partie des symptômes observés sur des plantes au stade cotylédons ou 2 feuilles peut être liée à une réussite de contaminations aériennes (Figures 3 et 4).

Les enquêtes ont par ailleurs montré de façon explicite qu'il existait une relation entre la présence de souches résistantes dans la parcelle et le taux d'attaque enregistré (Figure 5), les parcelles dans lesquelles le traitement de semences était confronté à des populations résistantes étant globalement plus affectées. Le facteur rotation n'est par contre pas ressorti de façon claire sauf pour l'effet d'un précédent tournesol lié aux pourcentages de nanisme élevé. En effet, certaines parcelles n'ayant pas porté de tournesol depuis plus de trois ans ont connu des pressions significatives dès les contaminations primaires. Même si une tendance se dégageait pour observer une fréquence de parcelles gravement affectées plus faible dans ces parcelles, l'effet rotation longue n'est pas ressorti clairement au travers des ACM conduites.





C. DISCUSSION

La vision synthétique des résultats obtenus permet d'identifier des phénomènes déjà bien connus.

La contamination primaire de *Plamopara halstedii* est régie par trois facteurs principaux :

- La présence du champignon dans la parcelle sous forme d'oospores, facteur qui sera déterminé par la rotation. Un délai de trois ans sans tournesol est insuffisant, selon une étude conduite par le CETIOM de 1966 à 1976, pour voir régresser les attaques de mildiou de façon significative, d'autant que des repousses de tournesol dans les cultures de blé prenant place dans la rotation ont été observées dans de nombreuses parcelles du Sud Ouest. Ces repousses sont susceptibles de maintenir voire d'amplifier la quantité de zoospores dans la parcelle donc de neutraliser l'effet positif de l'espacement des cultures de tournesol. Ce facteur est rarement limitant dans les régions où le tournesol est régulièrement cultivé.

- La plante doit être à un stade compris entre germination et cotylédons lors des pluies, pour que la contamination primaire soit significative. Un semis en sol humide permettant la levée, suivi d'un climat sec, ne permet pas de contamination par le mildiou.

- Les pluies intervenant avant la levée de la plante doivent être suffisantes pour que l'eau libre du sol permettent le déplacement des zoospores.

Des observations complémentaires menées en 1998 et 1999 nous ont permis de constater que des pluies inférieures à 20 mm, pendant la période comprise entre 5 jours avant le semis et 5 jours après le semis, étaient insuffisantes dans la pratique pour provoquer des dégâts significatifs. Le seuil avancé doit être relativisé. Nous avons constaté au cours de l'enquête des situations où, ce seuil n'étant pas atteint, une pression de la maladie significative était constatée. Il s'agissait toujours de sites où la rotation avait permis l'obtention d'un fort potentiel infectieux et où le sol peu filtrant permettait le maintien de l'eau pendant une durée anormalement longue. De même dans de nombreuses parcelles, les dégâts étaient toujours plus importants dans les fourrières où le sol était tassé ainsi que dans les zones d'accumulation d'eau.

Autres exceptions auxquelles nous avons été confrontés, quelques parcelles semées précocement ont manifestement peu de symptômes malgré une pluviométrie abondante avant et après le semis. Des semis plus tardifs réalisés dans ces mêmes parcelles ont révélé des taux de contamination primaire supérieurs à 50 %. L'inoculum n'était pas en cause lors des

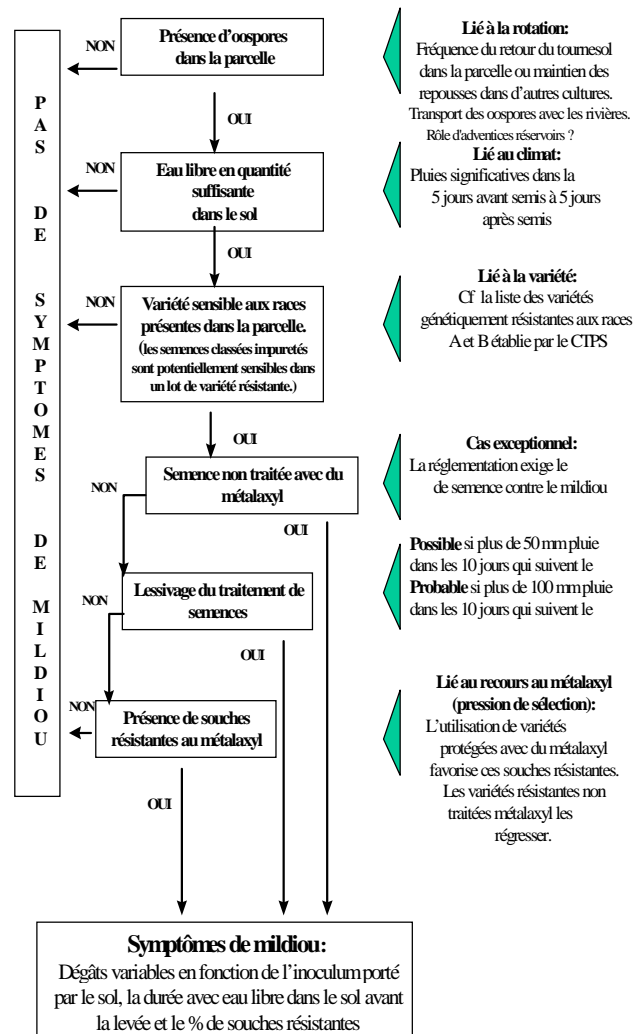
premiers semis, ni le facteur eau. L'hypothèse la plus vraisemblable mettrait en avant une température moyenne du sol inférieure à 10 °C probablement limitante pour la contamination.

D. CONCLUSION

Les observations, que nous avons été conduits à effectuer au moyen de dispositifs analytiques et suite à l'exploitation d'enquêtes par des outils d'analyses de données, n'ont rien d'originales. Nous retrouvons des phénomènes déjà bien identifiés par le passé essentiellement au travers de travaux de laboratoire : influence du stade sur la sensibilité à la contamination primaire, effet de la rotation sur la multiplication de l'inoculum, rôle de la pluie dans le déclenchement de l'épidémie. Nous avons cependant cherché, au cours de l'approche, à identifier les liens qui pouvaient exister entre les différents facteurs et essayé de donner une description synthétique du processus qui conduit à l'observation des symptômes, un outil méthodologique à la disposition des agriculteurs leur permettant de comprendre l'origine des dégâts constatés.

Outil d'explication, nous l'espérons, pédagogique, la grille d'évaluation du risque (Figure 6) peut être un moyen d'éviter les dégâts dans la mesure où l'action est possible sur un des paramètres cités et conduit à neutraliser le champignon.

Figure 6 : Grille d'évaluation du risque de mildiou en France



BIBLIOGRAPHIE

ALABOUVETTE, MARTY (1977).

ALLARD C., 1978. Invasion et colonisation systémique de la plantule de tournesol (*Helianthus annuus* L.) par le *Plasmopara halstedii* (Farl.) Berl. et de Toni. Ann. Phytopathol., 10, (2), 197-217.

KOLTE S.J., 1985. Diseases of annual edible oilseed crops, Vol. 3, sunflower, safflower & nigerseed diseases. CRC Press, Inc., Boca Raton, Etats-Unis.

TIKHONOV, (1973)

ZIMMER D.E. ; HOES J.A., 1978. Diseases. In : Sunflower science and technology (Ed. by Carter, J.F.), pp. 225-262. American Society of Agronomy, Madison, Etats-Unis.