

# Le mildiou du tournesol







# Le mildiou du tournesol

**Ouvrage coordonné par :**

*Denis Tourvieille de Labrouhe* (INRA)

*Etienne Pilorgé* (CETIOM)

*Paul Nicolas* (Université Blaise Pascal - Clermont II)

*Félicity Vear* (INRA)



**Centre Technique Interprofessionnel**

**des Oléagineux Métropolitains**

**12, avenue George V**

**75 008 Paris**



**Institut National de la Recherche Agronomique**

**147, rue de l'Université**

**75 338 Paris Cedex 07**

# O U V R A G E   D I S P O N I B L E

CETIOM  
Centre de Grignon - BP 4  
78850 Thiverval Grignon  
Diffusion des Editions : 01 30 79 95 40

INRA - Editions  
RD 10  
78026 Versailles Cedex  
Secrétariat commercial : 01 30 83 34 06

2

Photo de couverture : H. Van-Paemel  
Maquette : KOTAO  
Impression : Saint-Paul France - BP 652 - 78006 Versailles Cedex  
Achévé d'imprimer : juin 2000  
Dépôt légal : juin 2000

ISBN (CETIOM) : 2-908645-58-0

ISBN (INRA) : 2-7380-0926-3

© CETIOM, INRA, 2000

Le code de la propriété intellectuelle du 1er juillet 1992 interdit la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Le non respect de cette proposition 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), 20 rue des Grands-Augustins, 75006 Paris.



# S O M M A I R E

• Remerciements..... 5

• Préface ..... 7

## Chapitre 1 - Les enjeux ..... 9

• Reconnaître le mildiou à tous les stades du tournesol ..... 11

• Présent sur les cinq continents, le mildiou a suivi le tournesol ..... 17

• Plus de trente ans de mildiou en France..... 23

• Nuisibilité et enjeux économiques du mildiou du tournesol en France ..... 31

## Chapitre 2 - La maladie ..... 37

• *Plasmopara halstedii*, l'agent pathogène du mildiou du tournesol..... 39

• Connaître l'épidémiologie du mildiou pour prévoir les risques d'attaque..... 45

• Les méthodes d'analyse du mildiou ..... 53

## Chapitre 3 - Les relations hôte/parasite ..... 67

- Le système "gène pour gène", une clé pour comprendre le mildiou ..... 69
- Les races de mildiou : définition et analyse de leur diversité génétique. .... 77
- Génétique de la résistance du tournesol au mildiou, donage de gènes de résistance *Pl* ..... 85
- Interaction entre *Helianthus annuus* et *Plasmopara halstedii*, réactions de défense ..... 95

## Chapitre 4 - Les méthodes de lutte ..... 109

- La lutte intégrée pour limiter le développement du mildiou ..... 111
- La lutte chimique, à intégrer dans une stratégie de lutte globale ..... 117
- La lutte génétique, une méthode efficace à privilégier ..... 125

## Chapitre 5 - Conclusion ..... 137

- Les travaux de biologie moléculaire : perspectives de la recherche ..... 139
- Evolution de la maladie, du parasite et des méthodes de lutte ..... 145
- Références bibliographiques ..... 151
- Glossaire ..... 169
- Coordonnées des auteurs ..... 175

# REMERCIEMENTS

**Dans le cadre de leurs activités d'enseignement, de recherche ou de vulgarisation à l'Université Blaise Pascal (UBP) de Clermont-Ferrand, à l'Institut national de la recherche agronomique (INRA) à Clermont-Ferrand, au Centre technique interprofessionnel des oléagineux métropolitains (CETIOM) ou au Service régional de la protection des végétaux (SRPV) de Toulouse, des spécialistes des principales disciplines agronomiques ont joint leurs compétences et leur enthousiasme pour rédiger une synthèse sur le mildiou du tournesol, qui comble une lacune de la littérature scientifique contemporaine.**

## **Nos remerciements vont :**

- à tous les auteurs pour leur contribution,
- à Pierre Ricci, Chef du Département Santé des Plantes et Environnement de l'INRA, à Marianné Lefort, Chef du Département Amélioration des Plantes de l'INRA, et à André Pouzet, Directeur du CETIOM, qui ont bien voulu soutenir cet ouvrage collectif ;
- à Robert Dumas de Vault (Directeur de Recherche à l'INRA) et à Yves Regnault (ancien responsable de la section Protection des Cultures au CETIOM) pour le dévouement et la compétence qu'ils ont bien voulu apporter à la relecture de l'ouvrage ;
- à Christine Gigandon et Claudine Adam (CETIOM), pour leur très grande conscience professionnelle dans l'élaboration de l'ouvrage et leur aide inestimable au niveau de la correction des épreuves,
- au CETIOM et à l'INRA, qui ont bien voulu prendre en charge les frais de fabrication de cet ouvrage.

***Félicity Vear, Paul Nicolas, Etienne Pilorgé, Denis Tourvieille de Labrouhe***





## PRÉFACE

*Depuis plusieurs années, le mildiou du tournesol est revenu en force sur notre territoire. A ce titre, il préoccupe les producteurs français et mobilise la communauté scientifique internationale, comme en atteste l'organisation par l'International Sunflower Association de journées de travail sur ce sujet en 1998.*

*En France, l'effort a porté sur la mise au point de solutions génétiques et/ou chimiques utilisables rapidement par les producteurs et sur l'étude des relations entre l'hôte et le parasite grâce aux approches biotechnologiques.*

*Ce point nous apparaît fondamental car il permet d'engager une réflexion sur la durabilité des solutions proposées aux agriculteurs. L'exigence de prendre en compte, dans la mise au point de solutions techniques, non seulement leur rentabilité économique mais aussi le respect de l'environnement et l'intégrité du patrimoine diversifié que nous devons gérer collectivement, est en effet exprimée avec de plus en plus de force par le monde agricole et la société dans son ensemble.*

*Depuis l'émergence de nouvelles races de mildiou en France à la fin des années quatre-vingts et l'apparition de la résistance de ce parasite au principal fongicide utilisé préventivement en traitement de semences, nous ne pouvons ignorer que les solutions que nous pourrions proposer pour limiter son incidence sont nécessairement temporaires.*

*Cela signifie qu'il faut effectivement :*

- continuer à acquérir des connaissances sur les interactions entre le mildiou et le tournesol, de façon à mieux anticiper l'apparition de nouvelles races ;*
- éviter la contamination rapide par une nouvelle race de l'ensemble de l'aire*

*de culture, en diversifiant les sources de résistance génétique et en identifiant de nouvelles matières actives efficaces ;*

- *éviter les pratiques favorisant la gravité et l'extension géographique des attaques de mildiou (rotations courtes, gestion des repousses, etc.).*

*C'est toute une approche de gestion durable de l'espace qu'il faut intégrer dans les thèmes de recherche et dans les actions de développement.*

*Pour cela, le partenariat entre les différents acteurs (Instituts de recherche, services du ministère de l'Agriculture, industriels des semences et de la protection des plantes, agriculteurs et organisations professionnelles) est de plus en plus nécessaire.*

*C'est dans cet esprit que cet ouvrage a été conçu. Il cherche en effet à rendre accessible au plus grand nombre l'ensemble des informations disponibles à ce jour auprès de tous ces partenaires, tant sur les aspects opérationnels attendus des praticiens que sur les aspects plus fondamentaux qui permettent de discuter les évolutions possibles.*

*C'est le mérite des coordinateurs de l'ouvrage - Paul Nicolas, Etienne Pilorgé, Denis Tourvielle de Labrouhe et Félicity Vear - d'avoir osé et réussi ce pari. Nous les remercions, ainsi que les services en charge des Editions au CETIOM et à l'INRA, de leur implication dans la réussite de ce projet.*

**Guy Riba** - Directeur Scientifique à l'INRA

**André Pouzet** - Directeur du CETIOM



**Coordinateur : E. Pilorgé**

# Chapitre 1

# Les enjeux

- **Reconnaître le mildiou à tous les stades du tournesol**  
*D. Tourvieille de Labrouhe, C. Meliala, A. Penaud*
- **Présent sur les cinq continents, le mildiou a suivi le tournesol**  
*J. Tourvieille, A. Penaud, C. Meliala*
- **Plus de trente ans de mildiou en France**  
*A. Penaud, S. Lafon, J. Tourvieille*
- **Nuisibilité et enjeux économiques du mildiou du tournesol en France**  
*P. Jouffret, E. Pilorgé, X. Pinochet*





# RECONNAÎTRE LE MILDIOU

## À TOUS LES STADES DU TOURNESOL

**Nanisme, décoloration, feutrage blanc : les symptômes du mildiou peuvent être observés à tous les stades du tournesol. Attention cependant à ne pas les confondre avec ceux de la rouille blanche, maladie due à *Albugo tragopogonis*.**

Les symptômes du mildiou varient selon le stade de la plante et les conditions climatiques. Ils dépendent également du site d'infection (**voir p. 46**) et des variétés. Les symptômes les plus caractéristiques de la maladie sont décrits en suivant les stades phénologiques du tournesol.

### Phase de levée : retard de croissance, décoloration et feutrage blanc

Pendant la levée, trois types de symptômes sont observables à des intensités variables, en liaison avec les conditions d'humidité et de température.

- Le retard de croissance : les plantules infectées sont plus petites. Elles présentent un rabougrissement généralisé et dépérissent rapidement. L'hypocotyle est fin, les racines sont peu développées, le pivot est court et souvent recourbé. Enfin, les radicales sont peu nombreuses. La **photo 1** illustre le développement racinaire réduit d'une plantule de tournesol infectée par le mildiou, à droite, comparée à une

D. Tourniville de Labrousse (INRA)



plante saine à gauche.

- Les jeunes feuilles apparaissent décolorées, (**photo 2**). Des taches vert pâle marbrent les feuilles et donnent l'impression d'une chlorose.

2  
D. Tourniville de Labrousse (INRA)



- Les cotylédons et les feuilles se couvrent d'un feutrage plus ou moins intense. La **photo 3** présente des efflorescences blanches à la face inférieure des feuilles

3  
D. Tourniville de Labrousse (INRA)



et sur les deux faces des cotylédons. Par ailleurs, un léger feutrage est également observable au collet et sur le système racinaire.

Une température défavorable ou une humidité

insuffisante limite l'expression des symptômes. Ainsi, si le sol est sec, on n'observe pas de sporulation sur les racines ; si la température est basse et l'humidité de l'air peu élevée, les symptômes foliaires n'apparaissent pas et seule une réduction de taille est visible. Si on coupe la tige longitudinalement, on observe une coloration brune de la moelle (**photo 4**).



S. Mouzeyar (UBP)

Dans des conditions de forte croissance, comme des températures élevées, la plante peut également ne pas exprimer de symptômes décelables.

Pendant la levée, ces symptômes passent souvent inaperçus car ils ne concernent en général que quelques pieds, répartis sur l'ensemble de la parcelle.

## Phase de croissance : nanisme, aile de fougère et feutrage

Durant la phase de croissance, les plantes atteintes de mildiou sont caractéristiques.



D. Tourvieille de Labrouhe (INRA)

- Les plantes présentent une taille réduite. Le nanisme peut être très prononcé (**photo 5**), suite au raccourcissement de l'ensemble des entre-nœuds ou limité à la partie apicale. La tige est épaissie.

- Les feuilles présentent une décoloration marquée qui longe les nervures principales et qui peut concerner tout le limbe. Ces symptômes sont dits en "aile de fougère" (**photo 6**). Les pétioles se courbent vers le bas et plaquent, de façon plus ou moins nette, les feuilles contre la tige.



D. Tourvieille de Labrouhe (INRA)

- Un feutrage plus ou moins important - la sporulation du champignon - apparaît sur la face inférieure des limbes (**photo 7**), correspondant aux zones décolorées.



D. Tourvieille de Labrouhe (INRA)

- Le système racinaire est réduit.

Des symptômes foliaires limités sont également observables. Ils correspondraient à des infections tardives. Ils se caractérisent par des taches décolorées de quelques millimètres carrés à quelques centimètres carrés au niveau du limbe entre les nervures. Ces taches de forme angulaire, dites en "points de tapisserie", ne présentent pas de déformation (**photo 8**). Un feutrage blanc, situé exactement au niveau des tissus décolorés, est également observable sur la face inférieure.





Les pétioles et la tige sont cassants. Un brunissement des faisceaux conducteurs est nettement visible (**photo 9**).



Des symptômes atypiques ont été observés, tels qu'un nanisme prononcé sans chlorose ni feutrage (**photo 10**). Ce dernier est associé à une coloration des feuilles plus foncée. Si les conditions atmosphériques sont spécialement sèches, le feutrage peut être inexistant.

Dans ce cas, il peut être obtenu en plaçant les feuilles chlorotiques dans un sac plastique maintenu à 18°C. Enfin, Zimmer (1973) décrit une hypertrophie (galle) au niveau du collet qu'il attribue au mildiou.



Ces symptômes sont les plus remarquables. Ils s'observent souvent par taches dans la parcelle (**photo 11**), correspondant à des zones infectées où les conditions d'humidité ont favorisé les contaminations.



## Floraison : anomalies du capitule

En plus du nanisme, de la décoloration et du feutrage blanc, les plantes atteintes de mildiou, qui fleurissent, présentent d'autres symptômes caractéristiques.

- Le pédoncule floral est peu développé et entraîne un port caractéristique, dit "la tête dans les épaules" (**photo 12**).



- Le capitule, contrairement à ce qui s'observe chez les plantes saines, ne s'incline pas. Il reste plus ou moins horizontal, tourné vers le ciel (**photo 13**). Sa taille est réduite.



- L'inflorescence (plateau capitulaire) présente des malformations plus ou moins importantes, semblables à des boursoflures. Les bractées internes sont déformées. Les organes reproducteurs sont décolorés et prennent un aspect gris-jaune. Le pollen est rare ou inexistant.

14



F. Vear (INRA)

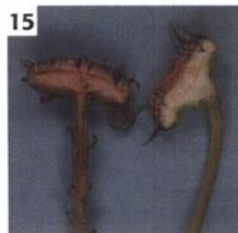
- Le feuillage a une coloration vert intense, hormis les zones envahies par le champignon qui apparaissent vert-jaune (**photo 14**).

Si on réalise une coupe transversale du capitule, la base du plateau présente une coloration brune qui indique la présence du champignon. Celle-ci se retrouve également au niveau des

faisceaux conducteurs du pédoncule floral (**photo 15**).

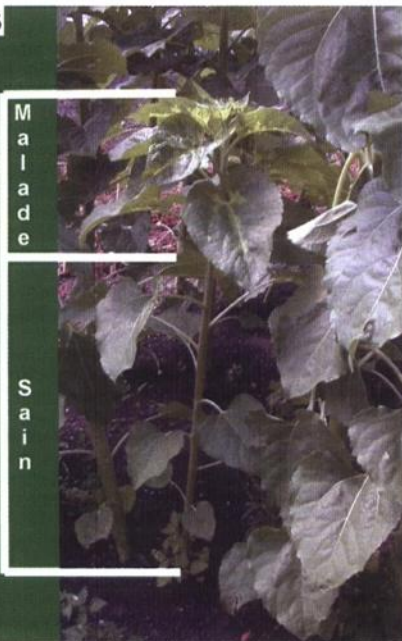
Le nanisme et la décoloration des feuilles caractéristiques peuvent concerner toute la plante ou seulement une partie plus ou moins importante du haut de la plante, comme sur la **photo 16**.

15



C. Meliala (INRA)

16



D. Tourvieille de Labrouhe (INRA)

17



D. Tourvieille de Labrouhe (INRA)

Nous avons même observé des plantes de taille normale qui présentent des symptômes sur capitule, sans aucun symptôme sur les feuilles ou au niveau de la tige (**photo 17**).

## Maturité

Les plantes atteintes de mildiou peuvent arriver à maturité.

- Les plantes, de taille réduite, présentent une tige enflée et un capitule déformé plus ou moins horizontal (**photo 18**).
- Les feuilles ne sont pas entièrement desséchées et quelques traces de feuillage sont parfois visibles sur la face inférieure du limbe.
- Le plateau capitulaire est entièrement stérile ou porte quelques graines de faible taille (**photo 19**).

18



C. Lamarque (INRA)

19



C. Lamarque (INRA)



Nous avons pu observer des plantes dont l'aspect est normal, à l'exception de zones du capitule plus ou moins importantes sans graines. Des observations en microscopie ont confirmé la présence de

mildiou dans le capitule (Meliala *et al.*, 2000). Ces symptômes sont, sans doute, dus à des infections très tardives et passent en général inaperçus. ●

## Des confusions possibles avec la rouille blanche

Dans la pratique, il n'existe qu'une confusion possible avec les symptômes dus à un autre parasite, *Albugo tragopogonis*. Ce dernier est responsable de la rouille blanche, caractérisée par des taches foliaires vert-jaune qui, contrairement aux taches dues au mildiou, sont boursoufflées vers le haut (**photo 20**). Ces taches peuvent apparaître au bord des nervures principales et ressembler étrangement à des symptômes de mildiou (**photo 21**).

Lors d'infections très prononcées, les pétioles sont pliés et les feuilles pendent le long de la tige.

A la face inférieure et au niveau des cloques, on observe la présence de croûtes blanc sale (**photo 22**).

Après la floraison, des taches superficielles vert huileux mal délimitées de quelques millimètres carrés apparaissent sur les pétioles, la tige et au dos du capitule (**photo 23**). Ces taches évoluent au brun-kaki.

Enfin, contrairement au mildiou, nous n'avons jamais observé de nanisme lié à la présence de ce parasite.

Photos : D. Tourvieille de Labrouhe (INRA)





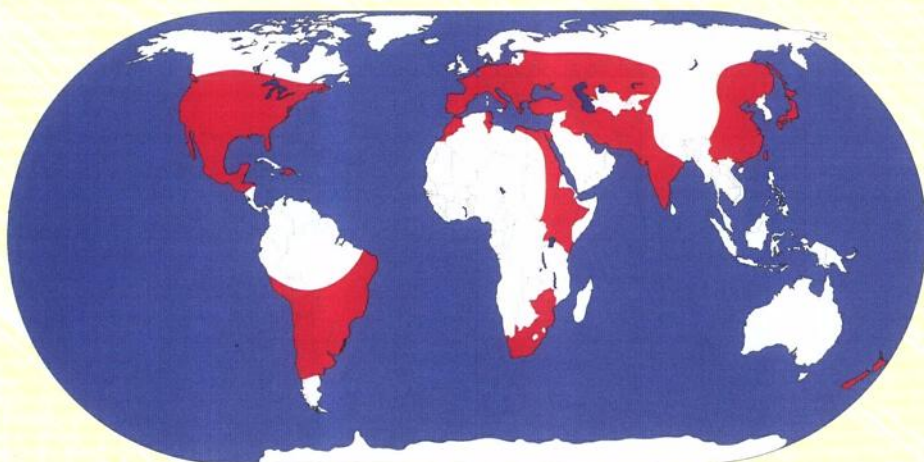


## PRESENT SUR LES CINQ CONTINENTS

### LE MILDIOU A SUIVI LE TOURNESOL

La répartition du mildiou a suivi celle du tournesol.  
On le retrouve dans presque toutes ses aires de culture.

Figure - Aire de répartition du mildiou dans le monde



La première description du mildiou a été réalisée par Nishimura en 1922. Le champignon responsable de la maladie, *Plasmopara halstedii*, est un parasite obligatoire (Orellana, 1970). Il ne peut se développer que dans des tissus vivants de tournesol ou d'autres espèces voisines. Il a été également montré qu'il est transmis par les semences (Leppik, 1966).

De ces faits, la répartition de la maladie a suivi celle de la culture du tournesol. Seules les conditions climatiques plus ou moins favorables ont modulé son impor-

tance. Comme le tournesol, originaire d'Amérique du Nord, c'est aussi dans ce continent que les auteurs (Leppik, 1966) reconnaissent le berceau du mildiou. A partir de ce centre de diversification et grâce au commerce des graines, la maladie a colonisé les principales zones de culture du tournesol (**figure**).

### Amérique du Nord

C'est le berceau du tournesol sauvage. Les indiens Hopi de la partie occidentale



des Etats-Unis l'utilisaient comme aliment, mélangé à de la farine de maïs pour fabriquer du pain. Le mildiou y avait peu d'impact. C'est avec l'introduction des variétés riches en huile d'URSS (variété population Peredovick) qu'il est devenu dommageable.

## Les Etats-Unis

Le mildiou du tournesol y est décrit dès les années vingt dans l'Indiana, l'Iowa, le Minnesota et l'état de New-York (Nishimura, 1922 ; Young et Morris, 1927). Actuellement, les grandes régions productrices de tournesol sont le Nord et le Sud du Dakota et le Minnesota. En 1970, Zimmer (1971) rapporte que plus de 50 % de parcelles sont touchées par le mildiou. Ce taux atteint 60 % en 1984 pour chuter à moins de 20 % en 1995 (Gulya, 1996), grâce à l'utilisation du métalaxyl en traitement de semences. La perte d'efficacité du produit observée à partir de 1998 fait que cette maladie redevient préoccupante (Gulya, communication personnelle).

## Le Canada

La partie méridionale de la province du Manitoba et le Sud-Est du Saskatchewan sont les grandes régions productrices de tournesol.

Le mildiou est décrit dès 1938 au Canada (Bisby *et al.*, in Sackston, 1981). Creelman (1967), dans une compilation sur les maladies de ce pays, note sa présence dans quelques champs avec, localement, 35 à 60 % de plantes touchées. Il est décrit au Québec par Zimmer avant 1981 (Gulya *et al.*, 1991). Il est retrouvé sporadiquement dans les champs jusqu'en 1988. Une étude entreprise par Rashid (1993), portant sur les années 1988 à 1991, révèle que le nombre de champs contaminés ne cesse de croître. Il est passé de 6 % en 1988 à 20 % en 1991, la fréquence de plantes malades augmentant de 1 % à 30 %. Depuis

1994, la situation phytosanitaire est préoccupante.

## Amérique Centrale

Le mildiou a été trouvé exclusivement sur des tournesols cultivés. Gomez-Menor l'a décrit, dès 1936, à Saint-Domingue.

Fucikowsky le retrouve en 1976 au Mexique. Des conditions climatiques très humides semblent responsables du développement du champignon. Il apparaît de façon sporadique dans les états de Mexico, Morelos, Guanajuato et Tlaxcala. Le taux de plantes malades ne dépasse pas 5 % (Fucikowsky, 1996).

## Amérique du Sud

Les contrées d'Amérique du Sud sont parmi les plus importantes régions productrices de tournesol.

L'Argentine est le premier producteur avec 3,4 millions de tonnes (Castaño *et al.*, 1998). Pontis *et al.* (1959) puis Gulya *et al.* (1991) notent la présence du mildiou dans les grandes régions de culture. Ljubich (1991) et Bazzalo *et al.* (1998) précisent sa présence dans la zone sud (Balcarce, Tandil), dans la zone centrale (Venado Tuerto, Junin) et dans la partie nord, près du Brésil (Oran). Le mildiou est présent mais peu favorisé par le climat.

Les pays voisins sont aussi touchés. Sackston (1981) note avoir rencontré le mildiou en 1956 au Chili, puis en 1957 en Uruguay où il a provoqué, localement, des dégâts très importants, allant jusqu'à 35 % de plantes attaquées.

Au Brésil, le tournesol a été introduit pour assurer les rotations avec les cultures de céréales. En 1998, la surface emblavée était de 100 000 hectares. L'agent pathogène a été signalé pour la