



# La sclérotiniose du colza: épidémiologie et prévision

D. GINDRAT et P. FREI, Station fédérale de recherches en production végétale de Changins, CH-1260 Nyon

@ E-mail: daniel.gindrat@rac.admin.ch  
Tél. (+41) 22/36 34 444.

## Résumé

Un système expérimental de prévision d'un haut risque de sclérotiniose a été développé après huit ans d'études épidémiologiques au champ. La date des premières contaminations (maturation des premières apothécies) est calculée en fonction du rayonnement global précédant un seuil de température moyenne du sol (32 °C en trois jours). Le risque d'attaque grave de sclérotiniose est évalué pendant la pleine floraison (stade 65), en fonction de la température moyenne de l'air (TMA) depuis le début de la floraison (stade 61). Un traitement fongicide est conseillé pour les variétés sensibles si la formation des apothécies est prévue pendant la floraison et si la TMA atteint 12 °C entre les stades 61 et 65. Cette méthode, mise au point surtout pour le site de Changins, doit être évaluée dans d'autres régions.

## Introduction

La sclérotiniose, provoquée par le champignon *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary, est une grave maladie du colza qui se manifeste de manière imprévisible. Elle ne peut être actuellement combattue, sur les variétés sensibles, que par un traitement fongicide pendant la floraison du colza (stades BBCH 61-65), au moment où les apothécies (fructifications) du *Sclerotinia* apparaissent sur le sol et éjectent des ascospores. Celles-ci contaminent les pétales, provoquant alors l'infection qui conduit aux attaques sur les tiges. Le fongicide doit ainsi atteindre un maximum de pétales sur la hampe florale ou adhérant aux feuilles afin de stopper la germination des ascospores et les premiers stades de l'infection.

La décision de traiter ou non repose actuellement sur un critère: la sensibilité de la variété. En effet, l'expérience a montré que certaines variétés (Idol, Synergy) sont nettement plus sensibles que d'autres (Express) aux attaques de sclérotiniose au champ. La nature de cette résistance est inconnue.

Les faibles attaques de sclérotiniose observées ces dernières années indiquent que le traitement est souvent inutile.

Enfin, au moment du traitement, rien n'indique que les contaminations vont évoluer en infections qui détermineront de sérieuses attaques sur tiges.

## Comment alors définir l'opportunité du traitement, c'est-à-dire le risque de sclérotiniose grave?

La présence d'apothécies indique un risque de contamination, mais elle est difficile à établir dans une parcelle. En revanche, des dépôts de sclérotines récoltés sur du colza et légèrement enfouis l'automne précédent dans le sol permettent d'observer le moment de l'apparition des premières apothécies et d'évaluer la durée de leur activité contaminante. Cette méthode est à la base d'un système de prévision du risque de sclérotiniose sur le colza de printemps en Suède (NORDIN *et al.*, 1992; SIGVALD *et al.*, 1991). Elle requiert un certain travail: récolte de matériel (fastidieuse certaines années, en raison de la discrétion de la maladie), préparation et mise en place des dépôts, contrôles réguliers. En outre, nous avons constaté que les

limaces étaient friandes des apothécies de *Sclerotinia* et qu'elles peuvent ainsi perturber les observations. Cette méthode reste néanmoins utile pour ceux qui ont la possibilité de la pratiquer.

- ⇨ D'autres méthodes consistent à déterminer les contaminations des pétales par le *Sclerotinia* (isolement sur agar; ou test ELISA voir JAMAUX et SPIRE, 1994). Ces techniques sont compliquées par la présence de *Botrytis cinerea*: l'identification est difficile et longue sur agar, une réaction s'avère possible avec les anticorps ELISA (FREI et GINDRAT, non publié; GYGAX, 1993).
- ⇨ Une prévision de l'apparition des premières apothécies basée sur des données météo serait très utile (GYGAX, 1993). L'évolution des contaminations en infections graves et en pertes économiques est difficile à établir à l'époque du traitement. La météorologie de la période suivant les premières contaminations exerce une influence importante sur ces processus (ABAWI et GROGAN, 1979; AHLERS et HINDORF, 1987; GROGAN et ABAWI, 1975). Le risque de sclérotiniose grave n'est ainsi guère prévisible au début de la floraison du colza (stade 61). Toutefois, le traitement est encore possible et efficace au moment de la pleine floraison (stade 65). Ainsi, une connaissance plus précise de l'influence de la météo sur le développement de la maladie entre les stades 61 et 65 contribuerait à estimer le risque de maladie et permettrait de ne traiter que lorsque ce risque est élevé.
- ⇨ Nous avons ainsi cherché des corrélations entre la météo, l'observation des premières apothécies de *S. sclerotiorum* et le développement de la sclérotiniose dans nos essais de Changins et, en partie, de Gou-

moens-la-Ville de 1991 à 1998. Une méthode de prévision du risque de sclérotinose sera ensuite proposée à titre expérimental à la pratique.

## Matériel et méthodes

### Observation des apothécies dans les dépôts de sclérotés

Des sclérotés récoltés sur du colza sont disposés entre 2 et 7 cm de profondeur dans de la terre en pots de terre cuite ( $\varnothing$  12,5 cm, 0,85 l), prélevée dans le champ où seront placés les dépôts. Les pots sont enfouis à ras du sol sur une ligne à environ deux mètres du bord de la parcelle de colza à l'automne. Les dépôts sont contrôlés chaque semaine dès le début de mars et les apothécies étalées (mûres) dénombrées. Les contrôles se poursuivent jusqu'à la fin de la floraison du colza. Les parcelles sont destinées à l'expérimentation de fongicides. Des dépôts sont disposés à Changins et à Goumoens-la-Ville.

### Contrôle de la contamination des pétales

A la fin de la floraison (BBCH 69-71), 50 pétales blanchissants adhérant aux feuilles sont récoltés au hasard dans les parcelles non traitées. Ils sont placés individuellement dans des boîtes de Petri ( $\varnothing$  5 cm) contenant de l'agar glucosé à la pomme de terre (PDA, Difco) + 25 ppm d'auréomycine. Après 2-3 semaines à l'obscurité (15 °C), les colonies de *S. sclerotiorum* sont identifiées. La distinction avec *Botrytis cinerea* est basée sur l'apparence des sclérotés (sclérotés de *Sclerotinia* en surface de l'agar, souvent porteurs de gouttelettes) et sur l'absence de sporulation.

### Evaluation des attaques de sclérotinose

Aux stades BBCH 83-85 (30 à 50% des siliques mûres), 8 ou 16 segments, selon les années, de 1 m de ligne sont examinés dans chacune des quatre répétitions (30-50 m<sup>2</sup>) de la même variété de colza (aucun traitement fongicide). Une plante présentant un chancre de sclérotinose sur la tige ou sur un rameau est considérée comme atteinte.

### Données météorologiques

Elles proviennent des stations météo ANETZ (Institut suisse de météorologie, Zurich) de Genève, Changins, Aigle, Neuchâtel, Payerne et Fahy, et de stations Madd-Etrelec (Moudon, Goumoens-la-Ville 1991-1992, Fribourg) et Campbell (Goumoens-la-Ville, 1993 à 1998). Elles sont recueillies par le logiciel Wmétéo (RAC). La mesure de la température du sol se fait à l'aide de sondes placées à 5 cm de profondeur. La température moyenne journalière de l'air est calculée à partir des 144 mesures quotidiennes sous abri à 2 m au-dessus du sol. Dans les stations automatiques, la mesure de l'humidité relative de l'air se fait au moyen de l'hygromètre à miroir (ANETZ) ou de capsule capacitive pour les autres stations; la moyenne journalière (% HR) est celle des 144 mesures quotidiennes. Le rayonnement

global (lumière visible incidente directe et diffuse) est mesuré à l'aide d'un pyranomètre Kipp et Zonen; les mesures (MJ/m<sup>2</sup>) expriment la somme journalière de rayonnement. Le vent maximum (m/h) exprime la pointe de vent enregistrée en 24 heures.

### Statistiques

Les régressions sont calculées à l'aide du logiciel Sigmatat 2.01 (Jandel Corp., San Raphael, CA, USA).

## Résultats et discussion

### Observation des apothécies et météo

Les relations entre la météo et l'apparition des apothécies n'ont été examinées que pour les dépôts de Changins, certains paramètres météorologiques importants n'étant pas fournis par la station de Goumoens-la-Ville.

Les premières apothécies ont été généralement observées dans les dépôts contenant des sclérotés disposés dans les trois premiers cm de terre, ce qui est conforme aux connaissances acquises (ALABOUVETTE et LOUVET, 1973; BEN YEPHET *et al.*, 1983; KRÜGER, 1975; MITCHELL *et al.*, 1990).

Les relevés météorologiques des 12 semaines précédant l'observation des premières apothécies ont été examinés et comparés année après année. Des éléments communs concernant les températures ont été détectés. Les autres paramètres disponibles n'ont révélé aucun autre point commun aux huit ans d'observation. Les apothécies sont apparues, par exemple, après une période de 20 jours (1991) ou de 9 jours (1993) sans précipitations. En revanche, l'apparition des apothécies a toujours été précédée:

- ① des premières périodes de l'année où la température journalière moyenne de l'air à 2 m du sol (= TJMA) est supérieure à 10 °C;
- ② des premières triades (périodes de trois jours) de l'année au cours desquelles la somme des températures journalières moyennes du sol à -5 cm (= TJMS) est supérieure à 30 °C.

Nous avons écarté la TJMA, car ce paramètre présente de larges fluctuations au cours des mois de février à mai, contrairement à la température du sol. En outre, nous n'avons pas enregistré, chaque année, de période d'environ 8 jours avec TJMA  $\geq$  10 °C précédant de peu l'apparition des apothécies, comme cela a été observé en Grande-Bretagne par SANSFORD et HARDWICK (1994). Les données de température mesurée à l'air libre à 5 cm de la surface du sol n'ont pas non plus fourni de piste intéressante. Comme l'effet de la température sur la germination des sclérotés s'exerce au niveau des premiers centimètres de sol et à sa surface, nous avons retenu la TJMS comme paramètre clef sur lequel baser un seuil d'apparition des apothécies du *Sclerotinia*. Ce choix est d'autant plus justifié que la température minimale considérée comme favorable à la germination des sclérotés et à la formation des apothécies de *S. sclerotiorum* est précisément voisine de 10 °C (AHLERS et HINDORF, 1987; DILLARD *et al.*, 1995; MYLCHREEST et WHEELER, 1987; PHILLIPS, 1987; SANSFORD et HARDWICK, 1994).

Les dates d'observation des premières apothécies dans les dépôts et celles des premières périodes de l'année au cours desquelles la TJMS a été voisine de 10 °C sont présentées dans le tableau 1.

**Tableau 1. Observation des premières apothécies dans les dépôts de Changins et données de température moyenne du sol (-5 cm).**

Année	Observation des premières apothécies	Première triade <sup>a</sup> où la STJMS <sup>b</sup> a atteint			Première période de 7 jours où la STJMS a atteint 70 °C
		30 °C	31 °C	32 °C	
1991	25 IV	20-22 III	08-10 IV	08-10 IV	03-09 IV
1992	27 V	12-14 IV	19-21 IV	20-22 IV	17-23 IV
1993	22 IV	21-23 III	09-11 IV	10-12 IV	07-13 IV
1994	25 III	22-24 III	23-25 III	23-25 III	20-26 III
1995	25 IV	04-06 IV	04-06 IV <sup>c</sup>	04-06 IV	02-08 IV
1996	9 V	09-11 IV	10-12 IV	17-19 IV	08-14 IV
1997	3 VI	01-3 IV <sup>d</sup>	02-04 IV	10-12 IV	01-07 IV <sup>e</sup>
1998	15 IV	30 III-01 IV	31 III-02 IV	01-3 IV <sup>f</sup>	29 III-04 IV

<sup>a</sup> Triade = période de 3 jours; III, IV, etc. = mois de l'année.

<sup>b</sup> STJMS = somme des températures journalières moyennes du sol (-5 cm).

<sup>c</sup> 31,9 °C. <sup>d</sup> 29,9 °C. <sup>e</sup> 69,8 °C. <sup>f</sup> 31,7 °C.

L'intervalle entre les périodes présentant une TJMS voisine de 10 °C et les dates d'apparition des apothécies varie considérablement d'une année à l'autre. Les apothécies ont accusé un certain retard par rapport à l'une ou l'autre période considérée, sauf en 1994 où elles sont apparues dès la première triade totalisant plus de 30 °C de somme des TJMS. Il est donc probable que des paramètres météorologiques précédant ces périodes critiques ont retardé la germination des sclérotes, la formation des stipes ou le développement des apothécies du champignon lors des sept autres années.

Pour vérifier statistiquement cette hypothèse, nous avons considéré le dernier jour de chacune des quatre périodes où la TJMS est voisine de 10 °C (tabl. 1) comme seuil théorique d'apparition des premières apothécies, ou jour J.

Des régressions linéaires ont été calculées où :

- la variable dépendante Y est le nombre de jours séparant chacun des quatre jours J du jour réel de l'observation des premières apothécies;
- les variables indépendantes X sont des données météo des 10 ou 20 jours précédant chaque jour J.

Le tableau 2 ne présente que les régressions significatives pour  $P < 0,05$ . L'examen des données journalières ou cumulées de températures de l'air et de précipitations, de même que celui de l'humidité relative de l'air n'ont pas fourni de corrélations nettes. En revanche, l'importance du rayonnement global et, secondairement, celle des pointes de vent est évidente.

Les régressions considérant les triades aux seuils de TJMS cumulées de 30 et

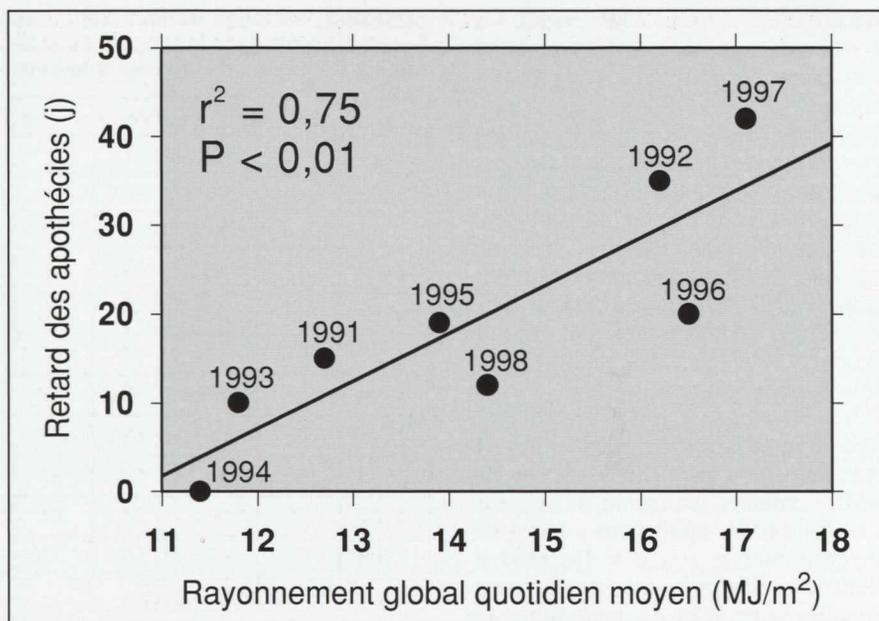


Fig. 1. Retard des apothécies par rapport au jour J en fonction du rayonnement global des 20 jours précédents (Changins, 1991-1998). Jour J = 3<sup>e</sup> jour de la première triade dont les températures journalières moyennes du sol (-5 cm) atteignent 32 °C.

31 °C ont fourni des coefficients  $r^2$  inférieurs respectivement à 0,15 et à 0,50, avec des probabilités P supérieures à 0,05. En revanche, les deux autres seuils ont permis d'obtenir des régressions nettement plus significatives (tabl. 2). En prenant le troisième jour de la première triade avec au moins 32 °C de TJMS cumulées, la corrélation entre le rayonnement global journalier moyen des 10-20 jours précédant ce seuil théorique d'apparition des apothécies et le retard de celles-ci, est hautement significative ( $P < 0,01$ ) pour les huit années. L'adjonction du vent maximum journalier moyen tend à améliorer la corrélation. Des coefficients de

régression légèrement inférieurs sont obtenus avec le seuil tenant compte du 7<sup>e</sup> jour de la première période avec une TJMS cumulée d'au moins 70 °C. Ici, seule la prise en compte du vent maximum des 10 jours précédant le jour J a légèrement amélioré la corrélation.

Un fort rayonnement moyen traduit un ensoleillement élevé, de très faibles précipitations, ainsi qu'une faible humidité de l'air et de la couche superficielle du sol. Il contribue à maintenir des conditions de sécheresse à la surface et dans les premiers cm du sol. En situation exposée, les pointes de vent accentuent vraisemblablement ce phénomène. Nos résultats indiquent ainsi que plus la sur-

Tableau 2. Corrélations entre, d'une part, le rayonnement global et le vent maximum journaliers moyens <sup>a</sup> des 10 ou 20 jours précédant deux dates théoriques d'apparition des apothécies de *S. sclerotiorum* (jour J) et, d'autre part, le retard de l'apparition des premières apothécies dans les dépôts de sclérotes par rapport au jour J. Changins, 1991 à 1998 <sup>b</sup>.

$X_1$	$X_2$	$r^2$	P	Y
J = 3 <sup>e</sup> jour de la 1 <sup>re</sup> triade ° où la STJMS <sup>d</sup> a atteint 32 °C				
Rayonnement global (J-10 j)	—	<b>0,74</b>	< 0,01	$-35,795 + 3,604X_1$
Rayonnement global (J-10 j)	Vent maximum (J-10 j)	<b>0,83</b>	< 0,01	$-60,060 + 3,227X_1 + 2,698X_2$
Rayonnement global (J-20 j)	—	<b>0,75</b>	< 0,01	$-57,226 + 5,358X_1$
Rayonnement global (J-20 j)	Vent maximum (J-20 j)	<b>0,89</b>	< 0,01	$-94,216 + 4,354X_1 + 4,427X_2$
J = 7 <sup>e</sup> jour de la 1 <sup>re</sup> période de 7 jours où la STJMS a atteint 70 °C				
Rayonnement global (J-10 j)	—	<b>0,64</b>	0,02	$-44,037 + 4,264X_1$
Rayonnement global (J-10 j)	Vent maximum (J-10 j)	<b>0,79</b>	0,02	$-69,074 + 3,650X_1 + 2,988X_2$
Rayonnement global (J-20 j)	—	<b>0,52</b>	0,04	$-80,056 + 7,264X_1$

<sup>a</sup> Voir Matériel et Méthodes.

<sup>b</sup> Une observation annuelle, soit huit observations au total.

<sup>c</sup> Période de trois jours.

<sup>d</sup> STJMS = somme des températures journalières moyennes du sol (-5 cm).

face du sol est soumise à des conditions de sécheresse durant une période de 10 à 20 jours précédant le seuil de température du sol favorable à l'apparition des apothécies, plus cette apparition est tardive. Cela rejoint les données épidémiologiques sur la sclérotiniose réunies par ABAWI et GROGAN (1979), pour lesquels une humidité constante des couches superficielles du sol d'environ 10 jours est requise pour la formation des apothécies et tout facteur favorisant une sécheresse marquée retarde cette formation.

L'effet retardant du rayonnement global durant les 20 jours précédant le jour J (3<sup>e</sup> jour de la première triade où les TJMS cumulées atteignent 32 °C) sur la formation des apothécies est mis en évidence dans la figure 1. De 1991 à 1998, les contaminations se sont ainsi produites entre 0 et 42 jours après le jour J.

La détermination du moment réel de l'apparition des premières apothécies se base sur l'observation de dépôts de sclérototes. Il est possible que ces sclérototes se comportent parfois différemment de ceux existant naturellement dans la parcelle et que l'apparition observée ou calculée des apothécies ne soit ainsi pas exactement représentative du développement du champignon dans la parcelle. Cela expliquerait peut-être l'attaque de sclérotiniose observée en 1992 alors que les apothécies sont apparues tardivement dans les dépôts de Changins (tabl. 3 et 4).

**Tableau 3. Périodes de sporulation de *S. sclerotiorum* dans les dépôts de sclérototes à Changins et Goumoens-la-Ville.**

Année	Changins		Goumoens-la-Ville	
	Sporulation			
	Début	Fin	Début	Fin
	Stades BBCH du colza			
1991	63	65	63	75
1992	69	83	57	73
1993	61	71	61	69
1994	57	69	59	69
1995	65	65 <sup>a</sup>	59	> 75
1996	65	71	69	81
1997	75	83	65	81
1998	61	> 75	59	79

<sup>a</sup> Apothécies présentes deux semaines, puis desséchées jusqu'à la fin de la floraison, et nouvelles apothécies mûres dès le stade 79.

### Gravité de la sclérotiniose et météo

Les périodes de sporulation du *Sclerotinia* à Changins et à Goumoens-la-Ville, correspondant à l'observation d'apothécies mûres dans les dépôts, sont présentées dans le tableau 3. Le champignon a produit chaque année des apothécies mûres dans les dépôts pendant tout ou partie de la floraison du colza, sauf à Changins en 1997, où la sporulation n'est apparue qu'après la floraison (stade 75).

### La sporulation du *Sclerotinia* a-t-elle systématiquement entraîné la contamination des pétales et l'infection grave des tiges?

La contamination des pétales, la météo (température et humidité de l'air) pendant la floraison du colza et l'attaque de sclérotiniose sur tiges à Changins sont présentées dans le tableau 4.

⇨ La contamination des pétales a eu lieu à des degrés divers chaque année, sauf en 1996 où une faible attaque (2%) de sclérotiniose était observée sur tiges. En 1997, des contaminations discrètes se sont produites, alors que les apothécies n'avaient pas encore été observées dans les dépôts, ce qui indique une sporulation plus précoce dans la parcelle. Il semble se confirmer que la synchronisation entre la sporulation du *Sclerotinia* à partir des sclérototes déposés et de ceux qui sont déjà présents dans le sol n'est peut-être pas toujours réalisée.

En considérant avec prudence les années avec de faibles attaques sur tiges des variétés peu sensibles (Libravo, Express), il est possible de retenir 1992, 1993 et 1994 comme des années assez favorables à la sclérotiniose à Changins. En revanche, 1996 et 1998 ont été défavorables. **L'examen des données météo de ces cinq années où l'évaluation de la sclérotiniose a été possible sur variétés sensibles, montre qu'en 1992, 1993 et 1994:**

**Tableau 4. Température, humidité relative de l'air pendant la floraison du colza, contamination des pétales et infection des tiges par *S. sclerotiorum* (Changins, 1991-1998).**

Année	Température journalière moyenne de l'air										Humidité relative journalière moyenne de l'air		Infection par <i>Sclerotinia</i>		
	Début à pleine floraison (st. 61 à 65) <sup>a</sup>					Début à fin floraison (st. 61 à 69) <sup>b</sup>					% jours avec ≥ 80% HR		Variétés <sup>c</sup>	Pétales contaminés (%)	Tiges atteintes (%)
	Moyenne (°C)	(% jours)				Moyenne (°C)	(% jours)				(Stades)				
		≥ 12 °C	≥ 13 °C	≥ 14 °C	≥ 15 °C		≥ 12 °C	≥ 13 °C	≥ 14 °C	≥ 15 °C	61 à 65	61 à 69			
1991	7,7	9	5	0	0	8,3	12	3	0	0	14	23	Libravo	14	3
1992	13,3	68	59	45	27	14,8	81	69	61	50	14	14	Libravo Bienvenu	2 - <sup>d</sup>	0 29
1993	13,2	82	55	36	0	13,7	93	61	39	18	18	18	Eurol	6	12
1994	12,4	45	36	27	27	13,5	71	53	44	29	18	26	Idol	26	14
1995	9,7	24	12	8	0	10,8	41	26	21	15	20	21	Libravo	2	1
1996	13,1	86	43	14	0	11,9	52	33	14	0	29	33	Idol	0	2
1997	9,5	21	7	4	0	10,2	31	17	5	2	7	14	Express	4	0
1998	6,6	13	0	0	0	10,4	46	26	20	14	40	26	Synergy	4	1

<sup>a</sup> Durée des périodes (j): 22 (1991, 1992), 11 (1993, 1994), 25 (1995), 7 (1996), 28 (1997), 15 (1998). Stades 61 et 65: dès qu'ils ont été observés.

<sup>b</sup> Durée des périodes (j): 32 (1991), 36 (1992), 28 (1993), 34 (1994), 39 (1995), 21 (1996), 42 (1997), 35 (1998). Stade 65: dès qu'il a été observé; stade 69: la dernière fois qu'il a été observé.

<sup>c</sup> Sensibilité à la sclérotiniose: Libravo, Express: peu sensibles; Bienvenu, Eurol, Idol, Synergy: sensibles.

<sup>d</sup> Pas examiné.

- la température journalière moyenne de l'air (= TJMA) pendant toute la durée de la floraison (stades 61 à 69) a atteint ou dépassé 13,5 °C;
- pendant la même période, la fréquence des jours où la TJMA a atteint 13 °C était supérieure à 50%, soit 17 à 25 jours (1996 et 1998: moins de 35%, soit 7 à 9 jours). La différence existe, mais est un peu moins nette pour les jours atteignant 12 ou 14 °C;
- du début à la pleine floraison, la fréquence des jours où la TJMA a atteint 14 °C a été supérieure à 25%, soit 3 à 10 jours (1996 et 1998: moins de 15%, soit 0 à 1 jour).

En 1992, 1993, 1994 et 1996, la TJMA a été supérieure à 12 °C entre le début et la pleine floraison, ce qui distingue nettement ces années de 1998. Or, seules 1992, 1993 et 1994 ont été favorables à la sclérotiniose. La très faible attaque de sclérotiniose en 1996 pourrait s'expliquer par la baisse des températures après la pleine floraison (tabl. 4), un phénomène qui n'a pas été observé les autres années.

Ni les données d'humidité relative de l'air (jours à 80%, 85%, 90% ou davantage), ni la somme, l'intensité journalière et la fréquence des précipitations pendant tout ou partie de la floraison du colza n'ont fourni d'éléments différenciant les années favorables des années défavorables à la sclérotiniose (résultats non présentés ici).

Le tableau 5 illustre les résultats d'une étude similaire réalisée à Goumoens-la-Ville. La contamination des pétales a été observée chaque année et elle a

été généralement plus intense qu'à Changins. En 1996, 36% des pétales étaient contaminés alors que la sporulation du *Sclerotinia* dans les dépôts n'avait été observée qu'à partir de la fin de la floraison (stade 69). C'est à nouveau le signe qu'il peut y avoir quelque décalage entre le moment de l'apparition des premières apothécies dans les dépôts et celui de leur formation dans le champ. En 1994, une contamination de 94% des pétales n'a entraîné aucune attaque sur tiges de la variété Libravo. Cette même variété avait pourtant présenté une infection de 22% des tiges en 1992, alors que seulement 18% des pétales étaient contaminés. Cette absence de relation directe entre le taux de pétales porteurs de spores du *Sclerotinia* et l'attaque sur tiges, soulignée par SOULIAC (1988), se répète en 1996 où aucune attaque n'est observée sur la variété Idol en dépit d'une contamination de 36% des pétales.

En considérant le degré de sensibilité des diverses variétés à la sclérotiniose, il est possible de définir les années 1992 et 1993 comme favorables et 1996 et 1998 comme défavorables à la sclérotiniose à Goumoens-la-Ville (tabl. 5). Pour 1991, 1994, 1995 et 1997, la notation de la maladie sur les variétés moins sensibles ne permet pas de juger de la pression de la sclérotiniose dans le site étudié. Des quatre années retenues, 1992 et 1993 ont présenté la température moyenne de l'air la plus élevée du début à la pleine floraison du colza (stades 61 à 65): 14,4 et 12,2 °C. En 1996 et 1998, années plutôt défavorables à la maladie, la température moyenne de l'air pendant la même pé-

riode a été inférieure (10,1 et 10,3 °C). Contrairement à ce qui a été observé à Changins, la fréquence des jours avec une TJMA atteignant 14 °C entre le début et la pleine floraison ne diffère pas clairement les années favorables des années défavorables à la sclérotiniose. En revanche, la fréquence des jours aux seuils de 12 et 13 °C apporte cette différence: au moins 50% de jours à 12 ou 13 °C en 1992 et 1993 (soit de 7 à 11 jours) et 21% ou moins pour 1996 et 1998 (de 1 à 3 jours). Quant à la TJMA pendant toute la durée de la floraison (stades 61 à 69), elle ne présente pas de différences nettes entre les quatre années considérées. Relevons cependant que la TJMA (13,2 °C) et le taux d'attaque (12%) ont été plus élevés en 1998 qu'en 1996 (respectivement 11,0 °C et 0%), pour deux années défavorables à la sclérotiniose.

A Changins et à Goumoens-la-Ville, **une TJMA élevée entre le début et la pleine floraison du colza paraît ainsi importante pour le développement grave de la maladie.** Malgré les différences enregistrées entre les deux sites (importance de la fréquence des jours atteignant 14 °C à Changins et de ceux aux seuils de 12 ou 13 °C à Goumoens-la-Ville), **un seuil proche de 12 °C semble ressortir des études réalisées dans les deux sites.** Toutefois, une valeur de 13,1 °C a été enregistrée à Changins en 1996, année à faible sclérotiniose. La baisse des températures entre les stades 65 et 69 (11,3 °C), au moment où les apothécies sont apparues dans les dépôts (tabl. 3), a vraisemblablement enrayé la maladie.

**Tableau 5. Température, humidité relative de l'air pendant la floraison du colza, contamination des pétales et infection des tiges par *S. sclerotiorum* (Goumoens-la-Ville 1991-1998).**

Année	Température journalière moyenne de l'air										Infection par <i>Sclerotinia</i>		
	Début à pleine floraison (st. 61 à 65) <sup>a</sup>					Début à fin floraison (st. 61 à 69) <sup>b</sup>					Variétés <sup>c</sup>	Pétales contaminés (%)	Tiges atteintes (%)
	Moyenne (°C)	(% jours)				Moyenne (°C)	(% jours)						
	≥ 12 °C	≥ 13 °C	≥ 14 °C	≥ 15 °C		≥ 12 °C	≥ 13 °C	≥ 14 °C	≥ 15 °C				
1991	7,5	0	0	0	0	10,2	32	29	24	13	Lirabon	28	3
1992	14,4	76	65	47	41	14,4	75	67	50	46	Libravo	18	22
1993	12,2	50	50	7	0	13,0	63	50	27	20	Libravo Eurol	42 32	21 63
1994	12,3	50	33	33	17	12,4	34	39	36	14	Libravo	94	0
1995	12,4	56	44	44	31	11,0	34	28	28	17	Libravo	4	0
1996	10,1	20	20	0	0	11,0	33	33	12	4	Idol	36	0
1997	8,8	23	9	9	9	10,7	40	30	25	15	Express	14	< 1
1998	10,3	21	14	0	0	13,2	52	43	35	35	Synergy	2	9

<sup>a</sup> Durée des périodes (j): 11 (1991, 1998), 17 (1992), 14 (1993), 18 (1994), 16 (1995), 15 (1996), 22 (1997), 11 (1998).

<sup>b</sup> Durée des périodes (j): 38 (1991), 24 (1992), 30 (1993), 28 (1994), 29 (1995), 24 (1996), 40 (1997), 20 (1998).

<sup>c</sup> Sensibilité à la sclérotiniose: Lirabon, Libravo, Express: peu sensibles; Eurol, Idol, Synergy: sensibles.

**Tableau 6. Températures moyennes de l'air pendant la période approximative du début à la pleine floraison du colza (stades 61 à 65) et gravité de la sclérotiniose en Suisse romande de 1991 à 1998.**

Année	Température journalière moyenne de l'air du début à la pleine floraison (période approximative <sup>a</sup> ) (°C)			Attaques de <i>Sclerotinia</i> en Suisse romande <sup>c</sup>
	Moyennes <sup>b</sup>	Moyennes extrêmes (station météo)		
		Minimum	Maximum	
1991	7,2	5,9 (Fribourg)	7,8 (Neuchâtel)	Faibles
1992	13,6	12,4 (Payerne)	14,4 (Goumoens)	Faibles à fortes
1993	12,9	11,4 (Fahy)	14,6 (Aigle)	Modérées à fortes
1994	12,2	11,4 (Payerne)	12,9 (Neuchâtel)	Modérées
1995	11,0	8,8 (Payerne)	13,3 (Fribourg)	Faibles
1996	11,4	10,1 (Goumoens)	13,3 (Neuchâtel)	Faibles
1997	9,0	8,8 (Fribourg, Goumoens)	9,7 (Genève)	Faibles
1998	10,5	6,0 (Payerne)	10,9 (Fahy, Fribourg)	Faibles

<sup>a</sup> Les périodes de floraison ont été reprises de l'observation des stades 61 et 65 du colza, respectivement à Changins et à Goumoens-la-Ville et sont donc approximatives.

<sup>b</sup> Moyennes des données des stations météo de Genève, Changins, Aigle, Neuchâtel et Payerne (régions comprises entre 380 et 490 m d'altitude) et de Goumoens-la-Ville, Moudon et Fribourg, puis Fahy et Berne dès 1993 (régions à 560-635 m d'altitude).

<sup>c</sup> Attaques faibles: < 15% de tiges atteintes; modérées: 15-30%; fortes: > 30%. Source: rapports d'activité et informations orales des Offices phytosanitaires cantonaux; estimation moyenne.

L'effet important de la température de l'air entre le début et la pleine floraison du colza sur la gravité de la sclérotiniose est montré dans le tableau 6, où les moyennes de température de l'air pendant la période approximative séparant les stades 61 et 65 du colza sont mises en relation avec l'importance estimée de la sclérotiniose en Suisse romande, de 1991 à 1998. Malgré une certaine approximation de la période phénologique du colza considérée, le classement des huit années selon l'estimation moyenne de la gravité de la sclérotiniose en Suisse romande rejoint assez bien celui qui est opéré en fonction de la température moyenne de l'air du début à la pleine floraison du colza: les années «chaudes» (1992 à 1994: température journalière moyenne  $\geq 12$  °C) ont été plus ou moins favorables à la maladie et les années «fraîches» (1991, 1995 à 1998: température journalière moyenne < 11,5 °C) défavorables. Les différences de températures relevées entre les diverses stations météo pourraient expliquer les manifestations parfois très locales de la maladie. Les températures

élevées enregistrées lors d'années défavorables à la sclérotiniose (exemple Fribourg et Neuchâtel en 1995 et 1996) correspondent peut-être à une période de floraison quelque peu différente de celle qui servait de référence, ou encore à une sporulation faible ou tardive du *Sclerotinia*.

Ces résultats rejoignent les données existantes sur la biologie du *Sclerotinia* et la sclérotiniose du colza. Deux paramètres climatiques favorisent les diverses étapes du développement de la maladie, en particulier l'infection par les ascospores (AHLERS et HINDORF, 1987). D'abord, des températures élevées, en tout cas supérieures à 10 °C, et surtout de 15 °C ou davantage, ce qui est le cas lorsque la température journalière moyenne atteint 12 °C. Ensuite, une humidité de l'air atteignant 80%. C'est surtout au niveau des processus initiaux de la sporulation, de la germination des ascospores et de la pénétration dans l'hôte qu'une humidité élevée est requise (WILLETS et WONG, 1980). Nous n'avons pas trouvé de différences entre les données d'humidité relative de l'air,

pendant tout ou partie de la floraison du colza, des années favorables et défavorables à la sclérotiniose. Il est possible que ce soit à la surface des feuilles que l'humidité joue le rôle le plus important (GROGAN et ABAWI, 1974). Cet élément n'a pas été considéré dans cette étude.

## Conclusions

□ Cette étude permet de proposer, à **titre expérimental**, une méthode de prévision en deux étapes d'un risque élevé de sclérotiniose sur le colza:

**1** Détermination du moment des premières contaminations en observant (dépôts de sclérotines) ou calculant (seuil de température du sol et rayonnement global) le moment d'apparition des premières apothécies.

**2** Si les apothécies apparaissent ou sont prévues pendant la floraison du colza (stades 61 à 69): à la chute des premiers pétales (stade 65), examiner les données quotidiennes de température moyenne de l'air depuis le début de la floraison (10% des fleurs de la grappe principale ouvertes) à ce jour. Si la température moyenne est supérieure à 12 °C, il y a risque de sclérotiniose grave et le traitement est conseillé **sur variété sensible**.

□ *Ce système est de toute évidence expérimental. Il doit être testé dans diverses régions et sera certainement amélioré.* Il implique un positionnement du traitement en pleine floraison, le dernier stade auquel il est possible de passer dans la culture pour appliquer un fongicide sans lui causer de dommages physiques.

□ Rappelons qu'il n'existe encore aucune méthode *exacte* de prévision, quel que soit le domaine concerné.

## Remerciements

Nos vifs remerciements vont à nos collègues Noëlle Badel (assistance technique), Pierre Vuillioud et Didier Pellet (planification des essais au champ, échanges fructueux d'informations, suggestions et conseils), Patrick Frésard et Yves Grosjean (organisation, entretien et mise en valeur des essais).

## Bibliographie

- ABAWI G. S., GROGAN R. G., 1979. Epidemiology of diseases caused by *Sclerotinia* species. *Phytopathology* **69**, 899-904.
- AHLERS D., HINDORF H., 1987. Epidemiologischen Untersuchungen über den Schaderreger *Sclerotinia sclerotiorum* an Winterraps im Hinblick auf eine Prognose. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* **39**, 113-119.
- ALABOUVETTE C., LOUVET J., 1973. *Sclerotinia sclerotiorum*. Bibliographie sélectionnée (déc. 1971). *Inform. Techn. CETIOM* **31**, 7-25.
- BEN YEPHET Y., GENIZI A., SITI E., 1993. Sclerotial survival and apothecial production by *Sclerotinia sclerotiorum* following outbreaks of lettuce drop. *Phytopathology* **83**, 509-513.
- DILLARD H. R., LUDWIG J. W., HUNTER J. E., 1995. Conditioning sclerotia of *Sclerotinia sclerotiorum* for carpogenic germination. *Plant Dis.* **79**, 411-415.
- GROGAN R. G., ABAWI G. S., 1974. The effect of water potential on growth and survival of *Whetzelinia sclerotiorum*. *Proc. Amer. Phytopathol. Soc.* **1**, 47.
- GROGAN R. G., ABAWI G. S., 1975. Influence of water potential on growth and survival of *Whetzelinia sclerotiorum*. *Phytopathology* **65**, 122-138.
- GYGAX M., 1993. Evaluation du potentiel infectieux de *Sclerotinia sclerotiorum* sur les pétioles du colza en vue d'une appréciation du risque de sclérotiniose dans la culture. Travail de diplôme, EPF Zurich, 42 p.
- JAMAUX I., SPIRE D., 1994. Development of a polyclonal antibody-based immunoassay for the early detection of *Sclerotinia sclerotiorum* in rapeseed petals. *Plant Pathology* **43**, 847-862.
- KRÜGER W., 1975. Die Beeinflussung der Apothecien- und Ascosporen-Entwicklung des Rapskrebserregers *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary durch Umweltfaktoren. *Z. Pflanzenkr. Pflanzensch.* **82**, 101-108.
- MITCHELL S. J., WHEELER B. E. J., 1990. Factors affecting the production of apothecia and longevity of sclerotia of *Sclerotinia sclerotiorum*. *Plant Pathology* **39**, 70-76.
- MYLCHREEST S. J., WHEELER B. E. J., 1987. A method for inducing apothecia from sclerotia of *Sclerotinia sclerotiorum*. *Plant Pathology* **36**, 16-20.
- NORDIN K., SIGVALD R., SVENSSON C., 1992. Forecasting the incidence of *Sclerotinia* stem rot on spring-sown rapeseed. *Z. Pflanzenkr. Pflanzensch.* **99**, 245-255.
- PHILLIPS A. J. L., 1987. Carpogenic germination of sclerotia of *Sclerotinia sclerotiorum*: a review. *Phytophylactica* **19**, 279-283.
- SANSFORD C. E., HARDWICK N. V., 1994. Oilseed rape: *Sclerotinia* risk forecasting. Home-Grown Cereals Authority Project Report N° OS7, London, UK, 55 p.
- SIGVALD R., SVENSSON C., TWENGSTROEM E., 1991. Computer-based method of forecasting *Sclerotinia* stem rot on spring sown oilseed crops in Sweden. *Danish J. Plant Soil Sci.* **85**, 183-184.
- SOULIAC L., 1988. Stratégies de lutte et recherche de modèles de prévision pour trois maladies du colza. *Annales ANPP* **4** (II/III), 825-833.
- WILLETS H. J., WONG J. A. L., 1980. The biology of *Sclerotinia sclerotiorum*, *S. trifoliorum* and *S. minor* with emphasis on specific nomenclature. *Bot. Rev.* **46**, 101-165.

## Zusammenfassung

### Rapskrebs: Epidemiologie und Prognose

Nach achtjährigen Epidemiestudien im Feld wurde ein experimentelles Prognosesystem für ein hohes Rapskrebsrisiko entwickelt.

Das Datum der ersten Kontaminationen (Reife der ersten Apothecien) wird aus folgenden Faktoren berechnet: eine Temperaturschwelle des Bodens (32 °C in drei Tagen) und der Globalstrahlung, die dieser Schwelle vorangeht. Das Risiko für ein grosses Rapskrebssaufkommen wird aufgrund der mittleren Tagestemperatur der Luft (TMA) während der Vollblüte eingeschätzt. Eine Fungizidbehandlung wird nur für eine empfindliche Sorte dann empfohlen, wenn die ersten Apothecien während der Blüte vorgesehen sind, und die TMA zwischen den Stadien 61 bis 65 12 °C erreicht hat.

Diese Methode wurde für Changins entwickelt und muss nun auch in weiteren Regionen geprüft werden.

## Summary

### *Sclerotinia* stem rot of oilseed rape: epidemiology and risk prediction

An experimental method of predicting a high risk of *Sclerotinia* stem rot of oilseed rape is presented. It is based on an 8-year epidemiological study in the field. The day of the first contaminations (first mature apothecia) is calculated using global radiation preceding a daily mean soil temperature threshold (32 °C cumulated in three days). At the full flowering stage (GS 65), a severe *Sclerotinia* stem rot is predicted using daily mean air temperature (DMAT) recorded from the beginning of flowering (GS 61). A fungicide spray only on susceptible varieties at GS 65 is recommended when mature apothecia are expected during flowering and DMAT is  $\geq 12$  °C between GS 61 and 65. The method was developed at Changins, and it still has to be tested in other areas.

**Key words:** oilseed rape, *Sclerotinia* stem rot, risk assessment.



## L'assurance globale pour exploitations agricoles!

Votre sécurité financière à la suite d'un sinistre grêle ou des autres forces de la nature!



**Schweizer Hagel  
Suisse Grêle  
Assicurazione Grandine**

Case postale, 8023 Zurich  
Tél.: 01 251 71 72 Fax: 01 261 10 21