

8 Crucifères

brocoli, chou, chou de Bruxelles, chou-fleur, navet, radis, rutabaga

Figures 8.1 à 8.119

Bactérioses

- Gale commune
- Nervation noire
- Pourriture molle
- Tache bactérienne (taches noires des feuilles)

Mycoses

- Alternariose
 - Tache noire
 - Tache grise
- Fonte des semis
- Fusariose vasculaire (jaunisse)
- Hernie du chou
- Jambe noire
- Maladies à *Rhizoctonia*
 - Fonte des semis
 - Tige noire
 - Rhizoctone commun
 - Pourriture basale
 - Pourriture de la pomme
- Mildiou
- Oïdium (blanc)
- Racine noire
- Rouille blanche
- Sclérotiniose (pourriture blanche)

Viroses

- Mosaïque du navet

Maladies non parasitaires

- Brûlure de la pointe, nécrose interne
- Éclatement
- Granulée brune
- Intumescence (oedème, pustules de thrips)
- Moucheture noire du chou-fleur
- Tige creuse

Troubles de la nutrition

- Carence en bore (coeur brun)
- Carence en magnésium
- Carence en molybdène
- Carence en soufre

Troubles physiologiques de conservation

- Bigarrure nervale
- Griselure du limbe
- Médiane noire
- Moucheture noire du chou (nécrose tachetée, tacheture noire)

- Tache nécrotique
- Troubles causés par le gel
 - Couperose noire
 - Engelure interne
 - Plage blanchie
 - Plage noire
 - Soulèvement épidermique
- Autres troubles physiologiques de conservation
 - Dormance
 - Éthylène
 - Maturité

Nématodes

- Nématode cécidogène du nord (nématode à galles du nord)
- Nématode des lésions racinaires (nématode des racines)
- Nématodes ectoparasites
- Nématode de la betterave (nématode à kyste de la betterave)

Insectes

- Altises
 - Altise des crucifères
 - Altise des jardins
 - Altise des navets
 - Altise du chou
 - Altise du houblon
 - Altise du raifort
- Autographe de la luzerne
- Chrysomèle du navet
- Fausse-arpenteuse du chou
- Fausse-teigne des crucifères
- Mouche du chou
- Perce-oreille européen
- Piéride du chou
- Pucerons
 - Puceron des feuilles du peuplier
 - Puceron du chou
 - Puceron du navet
 - Puceron vert du pêcher
- Pyrale pourpre du chou
- Autres insectes
 - Larves de tipules
 - Vers blancs

Autres ravageurs

- Petite limace grise

Autres références

BACTÉRIOSES

► Gale commune

Fig. 8.12 à 8.14

? *Streptomyces scabies* (Thaxt.) Waksman & Henrici
(syn. *Actinomyces scabies* (Thaxt.) Güssow)

On trouve la gale commune sur les racines charnues comestibles ou sur les hypocotyles tubérisés du radis, du rutabaga et du navet. Bien que cette maladie n'affecte pas le rendement, elle est importante au point de vue économique parce que les galles présentes sur les racines en réduisent la valeur marchande. Cette maladie est moins grave sur les racines de crucifères que sur la pomme de terre, la betterave potagère et la carotte (voir Pomme de terre, gale commune; Betterave, et Carotte, gale commune). Elle ne survient que de façon sporadique dans la plupart des régions où on cultive ces plantes.

Symptômes Sur le radis (8.14), de petites taches en forme d'écailles, d'environ 1 mm de diamètre, apparaissent après que l'hypocotyle a commencé à se gonfler. Des taches individuelles peuvent atteindre 1 à 1,5 cm de diamètre. La bordure des taches est en relief, alors que le centre est déprimé et grêlé. Le centre des jeunes galles est d'abord blanc, mais l'infection par des organismes secondaires peut causer un changement de coloration et une pourriture.

Sur le rutabaga (8.12 et 8.13) et le navet, les lésions sont rondes, atteignant souvent 1 à 1,5 cm de diamètre, et sont dispersées sur la surface de la racine ou s'unissent fréquemment en formant une bande autour de la racine, juste sous la surface du sol. Les tissus atteints se composent de couches ocre, superficielles ou en relief, ou les tissus peuvent devenir piqués et foncés après une pourriture secondaire. Les lésions superficielles de la gale entraînent rarement des diminutions de rendement, mais la présence d'une seule lésion est esthétiquement inacceptable et rend le produit invendable.

Agent pathogène (voir Pomme de terre, gale commune) La désignation du *Streptomyces scabies* comme agent de la gale des crucifères est provisoire.

Cycle évolutif (voir Pomme de terre, gale commune)

Moyens de lutte Pratiques culturales — (voir Pomme de terre, gale commune) La gale est souvent plus grave lorsqu'une culture de crucifères suit une culture de pommes de terre. Bien que le parasite soit persistant dans le sol des champs, la rotation est un moyen important de réduire les niveaux d'inoculum. Une rotation avec des pommes de terre, des céréales et une année de foin ou une autre culture d'engrais vert, suivie d'une culture de crucifères, est efficace. Les engrais verts doivent être incorporés tôt au sol afin de favoriser leur décomposition rapide et le champ doit être exempt de mauvaises herbes pendant l'automne. Les engrais verts favorisent la croissance de micro-organismes qui sont antagonistes au *Streptomyces scabies*. Les champs en friche, destinés à la production de crucifères, doivent être travaillés tôt dans l'année précédant les semis. On doit maintenir un niveau adéquat d'humidité dans le sol pendant la période de croissance rapide des racines. Cependant, l'utilisation d'irrigation excessive pendant plusieurs saisons peut mener à l'accroissement de la présence d'autres agents pathogènes tels que les organismes responsables de la hernie.

Cultivars résistants — Certains cultivars européens de radis, tels que Sar Katra et Large Scharlakenrode, possèdent une résistance partielle à la gale, mais ne sont pas cultivés sur une grande échelle en Amérique du Nord.

Références bibliographiques

- Levick, D.R., T.A. Evans, C.T. Stephens et M.L. Lacy. 1985. Etiology of radish scab and its control through irrigation. *Phytopathology* 75:568-572.
Levick, D.R., C.T. Stephens et M.L. Lacy. 1983. Evaluation of radish cultivars for resistance to scab caused by *Streptomyces scabies*. *Plant Dis.* 67:60-62.
Loria, R., et J.R. Davis. 1988. *Streptomyces scabies*. Pages 114-119 dans N.W. Schaad, ed, *Laboratory Guide for Identification of Plant Pathogenic Bacteria*. APS Press, St. Paul, Minnesota. 164 pp.

(Texte original de P.D. Hildebrand)

► Nervation noire

Fig. 8.3 à 8.8

Xanthomonas campestris pv. *campestris* (Pammel) Dowson

La nervation noire est l'une des maladies les plus destructrices des crucifères cultivées dans le monde entier. On observe cette maladie chaque année dans la plupart des régions productrices de crucifères, et les pertes de rendement et de qualité peuvent être élevées. Tous les légumes du genre *Brassica* sont sensibles à cette maladie. Plusieurs crucifères adventices sont aussi des hôtes du parasite.

Symptômes La nervation noire peut apparaître sur les plantes à n'importe quel stade de croissance. Sur les jeunes plantes, les bords des feuilles cotylédonaire noircissent et peuvent tomber. Sur les vraies feuilles, les symptômes apparaissent le long de la bordure des feuilles sous forme de lésions jaunes, en forme de V, dont la base est habituellement dirigée vers la nervure (8.3). À mesure que la lésion grandit vers la base de la feuille, celle-ci flétrit et finalement se nécrose (8.4). L'infection progresse dans les tissus vasculaires vers la base du pétiole et de là se répand dans la tige, vers le haut ou le bas de la plante, et dans les racines. Les infections systémiques peuvent produire des lésions jaunes dispersées sur les feuilles, partout sur la plante.

Les nervures des feuilles, des pétioles, des tiges et des racines infectés noircissent à mesure que le parasite se multiplie, ce qui nuit à la circulation normale de l'eau et des éléments nutritifs (8.6). Les plantes gravement atteintes peuvent perdre quelques feuilles ou plusieurs. Les symptômes foliaires sur le rutabaga et le radis peuvent ne pas être visibles, mais les tissus vasculaires noircis sont visibles dans la portion comestible de ces plantes (8.7). Sur le chou et le chou de Bruxelles, l'infection peut se répandre par les nervures jusqu'à la tige principale et dans les feuilles de la pomme, ce qui rend le produit impropre à la vente. La nervation noire est souvent suivie d'une infection par des organismes de la pourriture molle qui réduisent davantage la qualité et la durée d'entreposage du produit.

La présence de nervures noires dans les lésions jaunes, le long de la bordure des feuilles, est un signe diagnostique de la nervation noire. Lorsque des tiges et des pétioles affectés sont coupés transversalement, l'anneau vasculaire peut sembler noir. Les nervures noircies sont aussi visibles lorsque les tiges sont coupées longitudinalement. Ces symptômes ressemblent beaucoup à la jaunisse fusarienne, sauf que, dans ce dernier cas, les nervures sont brunes. Dans le cas de

la nervation noire, de petites zones d'infection et de noircissement peuvent aussi se retrouver à l'extérieur de l'anneau vasculaire. Un exsudat bactérien peut suinter des tissus vasculaires sectionnés.

Agent pathogène Le *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* est un bâtonnet aérobie, non sporulant, Gram négatif, qui mesure 0,4 à 0,7 sur 0,7 à 1,8 µm et muni d'un flagelle polaire unique. La bactérie produit un polysaccharide extracellulaire mucilagineux connu sous le nom de xanthane et qui est responsable de l'obturation des tissus du xylème ainsi que de l'interruption de la circulation de l'eau et des éléments nutritifs. Un pigment liposoluble, jaune et lié à la membrane, connu sous le nom de xanthomonadine, est responsable de la couleur jaune des colonies bactériennes qui croissent sur certains milieux.

Le parasite produit des colonies jaunes, mucilagineuses (8.8) et convexes sur gélose à l'extrait de levure, glucosée ou au carbonate de calcium. De nombreux milieux semi-sélectifs ont été mis au point afin d'isoler le parasite de la semence et du sol.

Cycle évolutif Le parasite survit sur la semence, qui est fréquemment la source la plus importante d'inoculum pour l'infection dans les planches de semis. Au champ, aussi peu que trois graines infectées sur 10 000 (0,03 %) peuvent causer une épidémie de nervation noire. Le parasite survit dans les débris de culture infectée jusqu'à ce que ceux-ci soient complètement décomposés, soit jusqu'à deux ans. L'organisme peut aussi survivre dans le sol pendant 40 à 60 jours.

Sur les jeunes pousses, la bactérie de la nervation noire entre par les stomates, le long de la bordure des cotylédons, souvent au point d'attache des téguments infectés. Les bactéries migrent ensuite entre les cellules jusqu'à ce qu'elles atteignent les tissus du xylème et de là se répandent dans toute la plante. Sur les vraies feuilles, les bactéries entrent par les hydathodes, situés aux extrémités des nervures le long de la bordure des feuilles (8.5), et de là se répandent dans toute la plante.

La température optimale de la croissance du parasite se situe entre 25 et 30°C. Dans ces conditions, les symptômes peuvent apparaître sur les plantes 7 à 14 jours après l'infection. À des températures plus basses, les symptômes se développent plus lentement.

Le parasite est disséminé à partir de plantes infectées, de débris de culture et de sol infectés, et par les éclaboussures de pluie, le vent, les insectes, la machinerie et les ouvriers. La dissémination sur de grandes distances se fait par la semence et les plantes contaminées.

Moyens de lutte Pratiques culturales — On doit choisir, lorsque c'est possible, des semences certifiées exemptes de maladies. Un traitement à l'eau chaude, s'il est fait avec soin, est une méthode efficace pour éliminer des semences les bactéries de la nervation noire. Les semences de chou, de brocoli et de chou de Bruxelles doivent être traitées à 50°C pendant 25 minutes, alors que les semences de chou-fleur, de chou-rave, de chou frisé, de navet et de rutabaga doivent être traitées pendant 15 minutes. Les semences peuvent aussi être traitées au moyen d'antibiotiques, mais ils sont généralement peu utilisés puisqu'ils ne sont efficaces que contre les maladies bactériennes et qu'ils sont habituellement phytotoxiques.

Les graines doivent être semées dans des champs ou des lits de semence en serre qui ont été fumigés ou stérilisés. Si ce n'est pas rentable, les producteurs doivent utiliser des

planches de semis dans lesquelles les cultures de crucifères sont absentes depuis au moins trois années. Les caissettes de semis doivent être stérilisées à la vapeur, à l'eau bouillante ou avec un désinfectant chirurgical. Les planches de semis doivent être protégées des eaux de ruissellement qui proviennent de zones où on a préalablement cultivé des crucifères. On doit éviter les taux de semis trop élevés parce que les peuplements denses restent humides pendant de longues périodes, ce qui favorise la dissémination du parasite et l'infection des plantes.

Comme la température est rarement favorable à l'expression des symptômes dans les planches de semis, des plantes infectées peuvent être transplantées au champ par inadvertance; les symptômes peuvent apparaître par la suite. Les plantules qui présentent des symptômes visibles doivent être arrachées et détruites, et les plantules à proximité doivent être examinées avec soin afin de déceler l'apparition de symptômes. La densité des peuplements doit être réduite afin de permettre un meilleur assèchement des plantes. Les plantules ne doivent pas être taillées pour réduire leur croissance ou pour les endurcir, car le parasite est disséminé par les outils utilisés pour la taille.

Les cultures doivent être transplantées ou semées directement en terre là où il n'y a pas eu de crucifères cultivées depuis au moins trois années. La culture doit être exempte de crucifères adventices qui peuvent aussi être infectées par le parasite. On n'effectuera les travaux des champs, dans les plantations, que lorsque le feuillage sera sec parce que le parasite est facilement disséminé lors de conditions humides. L'irrigation par aspersion de cultures malades doit être évitée.

Si les plants proviennent d'un fournisseur, les producteurs doivent insister pour avoir du matériel certifié exempt de maladies et une déclaration écrite affirmant que les plants n'ont pas été taillés et que seuls des matériaux neufs ont été utilisés pour l'emballage. Des renseignements tels que le numéro et l'origine du lot de semences, les dates de récolte et d'expédition, les calendriers de traitements phytosanitaires et les conditions de transport sont aussi utiles afin de juger de la santé des plants, et aident à identifier la source d'un problème phytosanitaire.

Les amoncellements de déchets de rutabaga et d'autres crucifères ne doivent pas se retrouver près des champs de production ou des entrepôts. Les débris de culture doivent être incorporés au sol tout de suite après la récolte, afin d'activer la décomposition et de réduire le risque de dissémination. Le fumier provenant d'animaux qui ont été nourris de déchets de culture ou sur des terres sur lesquelles les animaux ont été nourris de végétaux infectés ne doit pas être utilisé pour la production de cultures de crucifères.

Cultivars résistants — Des cultivars résistants sont disponibles pour certains types de crucifères maraîchères.

Références bibliographiques

- Schaad, N.W. 1989. Detection of *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* in crucifers. Pages 68-75 dans A.W. Saettler, N.W. Schaad et D.A. Roth, eds, *Detection of Bacteria in Seed and Other Planting Material*. APS Press, St. Paul, Minnesota. 122 pp.
- Williams, P.H. 1980. Black rot: a continuing threat to world crucifers. *Plant Dis.* 64:736-742.

► **Pourriture molle**

Fig. 8.9 à 8.11

Erwinia carotovora subsp. *atroseptica* (van Hall) Dye
Erwinia carotovora subsp. *carotovora* (Jones) Bergey et al.
Pseudomonas fluorescens (Trevisan) Migula
 (syn. *Pseudomonas marginalis* (Brown) Stevens)
Pseudomonas viridiflava (Burkholder) Dowson
 (syn. *Pseudomonas vividilivida* (Brown) Stevens)

La pourriture molle est fréquemment une contrainte majeure au succès de la production de brocoli en Ontario, au Québec et dans les provinces de l'Atlantique. Les pertes peuvent être supérieures à 30 % et s'élever jusqu'à 100 %. Toutes les bactéries responsables ont une gamme d'hôtes qui comprend plusieurs autres types de cultures maraîchères, telles que la carotte, la laitue et la pomme de terre.

Symptômes (Pour les symptômes et dommages causés par les *Erwinia*, voir Pomme de terre, pourriture molle bactérienne et jambe noire; pour ceux causés par le *Pseudomonas viridiflava*, voir Laitue, maladies à *Pseudomonas*.) Les symptômes apparaissent d'abord à la suite de périodes pluvieuses, alors que les pommes demeurent humides pendant plusieurs jours. Sur les pommes colonisées par des souches virulentes de *P. fluorescens*, des plages apparaissent grasses là où l'eau forme une pellicule (8.9). Ces plages contrastent avec les zones saines où la surface cirreuse des inflorescences est d'un vert grisâtre et sur lesquelles l'eau forme des gouttelettes. De petites lésions noires, à l'endroit des stomates, se développent fréquemment dans les plages grasses des sépales et des pédicelles des inflorescences. Les lésions sont en relief et une coloration sombre, d'abord localisée aux cellules de garde, s'étend ensuite aux tissus avoisinants. Une pourriture se développe sur les inflorescences atteintes ou sur les jeunes inflorescences succulentes des zones méristématiques de la pomme. Pendant des périodes prolongées d'humidité, la pourriture s'étend considérablement et rapidement, produisant des plages creuses sur les inflorescences (8.10 et 8.11).

Lorsque les inflorescences sont colonisées par des souches saprophytes du *P. fluorescens*, des plages grasses apparaissent, mais les inflorescences ne pourrissent pas. De même façon, la pourriture demeure localisée et révèle peu de plages grasses lorsque les inflorescences sont attaquées par des souches du *P. viridiflava* ou des *Erwinia*, mais la pourriture et les plages grasses peuvent être plus étendues lorsque ces bactéries sont présentes en combinaison avec des souches saprophytes du *P. fluorescens*.

Des inflorescences translucides suivies de pourriture humide sont des signes diagnostiques de cette maladie du brocoli lorsque des souches pectolytiques du *Pseudomonas fluorescens* sont présentes. Parfois des inflorescences deviennent grasses, mais ne pourrissent pas malgré des périodes prolongées d'humidité; on peut alors soupçonner qu'elles ont été colonisées par des souches saprophytes du *P. fluorescens*. On peut suspecter la présence de parasites propres aux blessures tels que des souches du *P. viridiflava* ou d'*Erwinia* si seules quelques inflorescences pourrissent et sont peu grasses.

Agents pathogènes Des souches des pathovars II et IV du *Pseudomonas fluorescens*, aussi appelé *P. marginalis*, ont été reconnues comme cause principale de la pourriture molle, mais parfois la pourriture molle est causée

par l'interaction entre des souches saprophytes du *P. fluorescens* et d'autres bactéries qui causent des pourritures molles comme l'*Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*, l'*Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* et le *P. viridiflava*.

Pour une description détaillée de l'*Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* et de l'*Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*, voir Pomme de terre, pourriture molle bactérienne et jambe noire; pour le *P. fluorescens* et le *P. viridiflava*, voir Laitue, maladies à *Pseudomonas*. Il est relativement facile de différencier ces bactéries en référant à quelques caractéristiques d'identification. Les colonies bactériennes isolées sur le milieu B de King doivent être prélevées sur des tissus translucides ou gâtés. La fluorescence est déterminée sur le milieu B de King, et la présence d'enzymes pectolytiques est déterminée sur le milieu pectate modifié de Cuppels et Kelman (voir Schaad, Autres références, dans le présent chapitre) sans cristal violet. L'activité «biosurfactante» est détectée en mélangeant des colonies obtenues sur le milieu B de King dans une goutte d'eau avec un fil à boucle, puis en transférant la bouclée dans une goutte d'eau sur une boîte de Pétri en plastique. Si la goutte d'eau s'étend, la réaction est positive. Les souches virulentes du *P. fluorescens* et du *P. viridiflava* émettent de la lumière fluorescente sur le milieu B de King et creusent des puits peu profonds sur des milieux au pectate, mais seul le *P. fluorescens* a une activité biosurfactante. Certaines souches saprophytes du *P. fluorescens* ont une activité surfactante, mais ne creusent pas de puits. Les souches d'*Erwinia* ne sont pas fluorescentes, ne produisent pas de biosurfactants et creusent des puits profonds. On peut aussi détecter une activité pectinolytique par la macération de tranches de pomme de terre inoculées avec les différentes souches bactériennes.

Cycle évolutif L'épidémiologie des souches virulentes du *Pseudomonas fluorescens* n'est pas bien comprise. La bactérie survit dans le sol, mais peut aussi se retrouver dans l'eau des étangs et des ruisseaux. Pendant les périodes de pluies abondantes, le parasite est disséminé sur les inflorescences du brocoli par les éclaboussures d'eau provenant du sol. Si les inflorescences restent humides plusieurs jours, les bactéries se multiplient et libèrent un biosurfactant, la viscosine, et des enzymes pectolytiques dans les gouttes d'eau. Le biosurfactant réduit la tension superficielle, laquelle mouille alors la surface cirreuse des inflorescences. Le biosurfactant permet à la bactérie d'entrer dans les stomates et les tissus avoisinants et augmente l'activité des enzymes pectolytiques. Si les inflorescences sèchent, l'entrée de la bactérie est bloquée et la pourriture n'a pas lieu. Cependant, les plages atteintes sur les inflorescences se remouillent facilement lors de périodes ultérieures d'humectation et la pourriture peut progresser rapidement si l'humidité et les températures chaudes persistent pendant plusieurs jours.

La progression de la pourriture molle est particulièrement rapide lorsque les températures sont chaudes. La température optimale de croissance de la bactérie est 28°C, mais la croissance, bien que lente, peut se poursuivre à des températures aussi basses que 1 à 2°C. Les dommages causés au champ par le froid et le mildiou peuvent prédisposer les inflorescences à la colonisation et à la pourriture bactériennes. Des insectes comme la punaise terne et les altises peuvent causer des blessures aux inflorescences, ce qui les prédisposent à l'infection. Un excès d'azote dans le sol favorise, d'une part, une croissance luxuriante, qui diminue la circulation de l'air et, d'autre part, la formation de tissus tendres très sensibles à une attaque bactérienne. Des carences en bore et en calcium peuvent prédisposer à l'infection les inflorescences de brocoli.

Moyens de lutte Pratiques culturales — Les pratiques de production qui augmentent la circulation de l'air dans la culture, comme un espacement plus large entre les plantes et des

rangs dans le sens des vents dominants, peuvent être bénéfiques. Les plantations ultérieures doivent se trouver à bonne distance ou du moins en amont de plantations antérieures, afin d'éviter la dissémination de l'inoculum par la pluie. Une surfertilisation azotée doit être évitée. Le calcium et le bore doivent être maintenus à des niveaux adéquats.

Les pommes de brocoli doivent être refroidies et entreposées au froid immédiatement après la récolte. Les pommes qui présentent au champ des symptômes graisseux prononcés sont plus sensibles à la pourriture pendant l'entreposage.

Cultivars résistants — Les cultivars qui produisent des pommes au-dessus du feuillage sèchent plus rapidement et semblent plus résistants. Shogun et plusieurs lignées semblent posséder une certaine tolérance. Il n'existe pas de cultivars résistants.

Lutte chimique — Durant la période de formation des pommes, des applications excessives d'insecticides ou de fongicides contenant des surfactants doivent être évitées, puisque les surfactants contribuent à l'augmentation de l'infection bactérienne.

Références bibliographiques

- Bradbury, J.F. 1977. *Erwinia carotovora* var. *atroseptica*. CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria, No. 551. Commonw. Mycol. Inst., Kew, Surrey, Angleterre. 2 pp.
- Bradbury, J.F. 1977. *Erwinia carotovora*. CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria, No. 552. Commonw. Mycol. Inst., Kew, Surrey, Angleterre. 2 pp.
- Canaday, C.H., J.E. Wyatt et J.A. Mullins. 1991. Resistance in broccoli to bacterial soft rot caused by *Pseudomonas marginalis* and fluorescent *Pseudomonas* species. *Plant Dis.* 75:715-720.
- Hildebrand, P.D. 1989. Surfactant-like characteristics and identity of bacteria associated with broccoli head rot in Atlantic Canada. *Can. J. Plant Pathol.* 11:205-214.
- Palleroni, N.J. 1984. Family I. Pseudomonadaceae Wilson, Broadhurst, Buchanan, Krumwide, Rogers and Smith, 1917. Pages 143-213 dans N.R. Krieg et J.G. Holt, eds, *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. Vol. 1. Williams & Wilkins, Baltimore, Maryland. 964 pp.
- Wimalajeewa, D.L.S., N.D. Hallman, A.C. Hayward et T.V. Price. 1987. The etiology of head rot disease of broccoli. *Aust. J. Agric. Res.* 38:735-742.

(Texte original de P.D. Hildebrand)

► Tache bactérienne (taches noires des feuilles)

Fig. 8.1 et 8.2

Pseudomonas syringae pv. *maculicola* (McCulloch) Young, Dye & Wilkie

On trouve principalement la tache bactérienne sur le chou-fleur et, à un moindre degré, sur le brocoli et les choux de Bruxelles dans la plupart des régions productrices de crucifères. Les pertes peuvent être importantes dans des champs isolés, mais des augmentations soudaines de la maladie ne se produisent qu'occasionnellement.

Symptômes La maladie apparaît d'abord sous forme de taches ou de lésions à la face inférieure des feuilles extérieures qui sont toujours atteintes plus sérieusement que celles qui sont plus à l'intérieur. Chaque tache est localisée à l'endroit d'un stomate. Les lésions sont très petites au départ, environ 1 mm de diamètre, et brunes à pourpres (8.1). Plus tard, un halo jaune se forme autour de chaque tache à mesure qu'elle grandit. Les taches s'unissent pour former des plages brun pâle, minces comme du papier et qui finissent par se briser, ce qui donne au feuillage une apparence déchiquetée.

L'infection restreint la croissance des nervures, ce qui produit un feuillage gaufré. Une infection importante peut entraîner la chute des feuilles. Le parasite peut aussi provoquer, sur les inflorescences ou la pomme (8.2), de petites taches inesthétiques, brunes à grises, surtout lorsque le temps est frais et humide ou après une gelée. Les tissus atteints sont fermes au début, mais ramollissent s'ils sont envahis par des organismes secondaires.

Agent pathogène Le *Pseudomonas syringae* pv. *maculicola* est un bâtonnet mobile Gram négatif muni d'un flagelle polaire. Les cellules mesurent 0,7 à 1,2 µm de diamètre et environ 1,5 µm de longueur. Les colonies sur le milieu B de King sont fluorescentes sous l'ultraviolet. L'organisme est oxydase négatif et arginine dihydrolase négatif et produit du lévane à partir du saccharose. Les souches ne sont pas pectolytiques, mais produisent une réaction d'hypersensibilité sur le tabac suite à une infiltration. On isole le parasite à partir de tissus malades en utilisant les techniques de routine. Afin de confirmer l'identité, on testera la pathogénicité par une inoculation de l'hôte.

Cycle évolutif Le *Pseudomonas syringae* pv. *maculicola* survit sur la semence et les débris de culture infectée. Il peut demeurer viable dans le sol pendant deux à trois ans. Un faible pourcentage de semence contaminée est suffisant pour provoquer une épidémie au champ. Le parasite est disséminé dans le champ par les éclaboussures d'eau, le sol de lavage et probablement par les insectes. La progression de la maladie est favorisée par un temps frais et humide et une température optimale aux environs de 24°C. La tache bactérienne est enrayée et peut disparaître à des températures supérieures à 30°C.

Moyens de lutte Pratiques culturales — L'utilisation de semences traitées à l'eau chaude et la production de plantules dans des planches de semis où des crucifères n'ont pas été cultivées depuis au moins trois ans contribuent à prévenir l'introduction du parasite dans le champ. Le chou-fleur doit être transplanté dans un terrain où les crucifères n'ont pas été cultivées depuis au moins trois ans. L'incorporation des débris de culture dans le sol, aussitôt que possible après la récolte, contribue à détruire le parasite et réduit la probabilité de l'apparition de la maladie dans les cultures ultérieures de chou-fleur. C'est particulièrement important là où on ne pratique pas la rotation des cultures. Si la tache bactérienne est présente lors de la récolte, les pommes récoltées doivent être refroidies rapidement avec de l'air froid ou de la glace pilée afin de prévenir de nouvelles infections des inflorescences pendant le transport vers le marché.

Références bibliographiques

- Palleroni, N.J. 1984. Family I. Pseudomonadaceae Wilson, Broadhurst, Buchanan, Krumwide, Rogers and Smith, 1917. Pages 143-213 dans N.R. Krieg et J.G. Holt, eds, *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. Vol. 1. Williams & Wilkins, Baltimore, Maryland. 964 pp.
- Sutton, J.C. 1970. Bacterial leaf spot of cauliflower. Ontario Ministry Agric. Food. *Factsheet*. 2 pp.

(Texte original de P.D. Hildebrand)

MYCOSES

► Alternariose Tache noire Tache grise

Fig. 8.15 et 8.16

Alternaria brassicae (Berk.) Sacc.
Alternaria brassicicola (Schwein.) Wiltshire
Alternaria raphani Groves & Skolko

Trois espèces d'*Alternaria* peuvent causer des pertes sérieuses dans les cultures de crucifères au Canada. L'*Alternaria brassicicola* a été détecté dans 33 % des échantillons de semences de crucifères de jardin en Saskatchewan et mentionné comme une menace potentielle des cultures de canola (colza) dans la région. Dans une autre étude sur le chou, l'*Alternaria brassicae* a atteint 60 à 100 % des plantes dans plusieurs champs en Ontario.

L'*Alternaria brassicae* et l'*A. brassicicola* infectent de nombreuses crucifères maraîchères telles que le chou de Bruxelles, le chou, le chou-fleur, le chou chinois, le chou-rave, le chou frisé, le navet et le rutabaga. L'*Alternaria raphani* peut infecter plusieurs de ces cultures, mais n'affecte généralement que le radis.

Symptômes La tacheture des feuilles est le principal symptôme associé aux infections causées par les *Alternaria*. La fonte des semis en prélevée et postlevée et les dommages aux inflorescences et aux graines des porte-graines peuvent aussi se produire. Les taches ou «piqûres» sur les feuilles s'agrandissent et deviennent des lésions circulaires de plusieurs centimètres de diamètre avec anneaux concentriquement zonés. Les lésions sont d'abord brun jaunâtre et plus tard deviennent brunes à noires (8.15 et 8.16). Les tissus foliaires plus jeunes sont moins sensibles à l'infection que les tissus plus âgés.

Les trois champignons pathogènes sporulent abondamment sur les lésions foliaires et le centre des lésions devient mince, parcheminé et tombe, ce qui donne une apparence criblée à la feuille. Souvent, les lésions grandissent et s'unissent, ce qui mène à la formation de grandes zones nécrotiques et à la chute prématurée des feuilles à mesure que la maladie progresse. Les lésions causées par l'*A. brassicae* tendent à être petites et brun pâle à brun grisâtre, et sont connues sous le nom de tache grise. Les lésions de l'*Alternaria brassicicola* sont grandes, gris olivâtre à noir grisâtre, et connues sous le nom de tache noire. Des lésions allongées peuvent se présenter sur les pétioles, les tiges et les fleurs. De petites lésions brunes et rondes peuvent apparaître sur le pédicelle des fleurs et les calices. De petites taches sombres se forment sur les jeunes siliques et entraînent finalement leur déformation et la dispersion prématurée des graines chez les porte-graines. Dans les siliques infectées qui mûrissent, les graines malades sont ridées et leur germination est faible.

La semence attaquée peut sembler saine, sans lésions visibles, bien que des spores puissent être présentes à la surface de la graine, et du mycélium dans la graine. Les plantules atteintes présentent, sur les cotylédons, des taches rondes plus ou moins déprimées, brun foncé à noires, et des lésions sombres sur les hypocotyles, qui réduisent la croissance de la plante et peuvent ressembler aux symptômes de tige noire causés par le *Rhizoctonia solani*. Les inflorescences infectées du chou-fleur présentent des taches déprimées, veloutées et brun foncé, et de nombreuses spores. Les pommes de brocoli affectées présentent une coloration brune qui commence sur les bords des fleurs individuelles et des grappes. Sur les pommes de chou entreposées, les lésions peuvent s'agrandir

et subir une pourriture plus avancée par suite de l'invasion de champignons et de bactéries secondaires.

Agents pathogènes Les *Alternaria* sont des parasites non spécifiques avec des besoins nutritifs simples et une phase saprophyte à l'extérieur de l'hôte. L'*Alternaria brassicae* et l'*A. brassicicola* ne sont pas spécifiques à un hôte, de sorte que des infections croisées peuvent se produire entre différents types de cultures. Un stade latent qui comporte des chlamydo-spores a été signalé chez l'*A. raphani*, et des microsclérotés ont été identifiés chez l'*A. brassicae*. Bien que les trois champignons puissent survivre sur des adventices sensibles et des cultures vivaces, les débris infectés sont la principale source d'inoculum et un moyen de perpétuation de ces parasites.

Ces espèces d'*Alternaria* n'ont pas de forme sexuée. Le mycélium est ramifié et cloisonné, et les conidies sont produites sur des conidiophores qui sont généralement brun pâle ou bruns et qui apparaissent seuls ou en bouquets. Les conidies sont générées surtout en chaînes et apparaissent à travers les pores dans la paroi du conidiophore. Elles sont typiquement ovoïdes ou obclaviformes et portent des cloisons transversales et longitudinales. Les conidiophores de l'*A. brassicae* peuvent atteindre 170 µm de longueur, et les conidies sont brunes et ont des appendices apicaux qui mesurent jusqu'à la moitié de la longueur de la conidie entière. Le corps de la spore mesure 96 à 114 µm et l'appendice de la spore 45 à 65 µm. Les conidies sont générées en courtes chaînes de deux ou trois et montrent plus de cloisons transversales que les conidies de l'*A. brassicicola*. L'*Alternaria brassicicola* produit des conidiophores plus courts, jusqu'à 70 µm de longueur, et des conidies sombres qui, en culture, sont généralement cylindriques à oblongues et possèdent un appendice apical qui mesure un sixième de la longueur de la conidie entière. Les spores sont généralement plus petites que celles de l'*A. brassicae*, mesurent entre 45 et 55 µm et sont produites en chaînes de 20 ou plus. Elles ont souvent un pore central qui est bien visible dans les parois transversales. L'*Alternaria raphani* ressemble à l'*A. brassicae*, mais il génère des chlamydo-spores; les conidies sont en chaînes de six, chacune mesure 60 à 83 µm, et l'appendice apical a une taille intermédiaire, généralement de 10 à 25 µm de longueur.

Les *Alternaria* peuvent être facilement isolés à partir de tissus malades en utilisant les procédures de routine. Les cultures d'*A. brassicicola* sur gélose glucosée à la pomme de terre croissent plus rapidement et prennent une coloration noire, charbonneuse, contrairement aux cultures d'*A. brassicae* qui ont un mycélium pâle. L'*Alternaria raphani* ne sporule pas aussi abondamment que les deux autres espèces et forme un mycélium blanc et cotonneux qui produit aussi de nombreuses formes irrégulières variant d'un mycélium foncé et épais à plusieurs cloisons, à un mycélium avec chlamydo-spores caractéristiques. Sur gélose au malt, le mycélium aérien est cotonneux et blanc à gris olivâtre foncé; le mycélium sous la surface est incolore à noir olivâtre.

Cycle évolutif Les spores sont produites en grand nombre et peuvent être disséminées dans tous les champs par le vent, les éclaboussures de pluie, les équipements, les humains et le bétail. La dissémination se fait aussi par des tissus végétaux malades emportés par le vent, bien que le principal moyen de dissémination vers les nouveaux champs soit l'utilisation de semences contaminées. La dissémination du champignon au champ à partir des planches de semis contaminées, via le sol qui adhère aux racines des plants lors du repiquage, est aussi possible.

L'*Alternaria brassicae* et l'*A. brassicicola* requièrent de l'eau libre et des températures de 15 et 25°C, respectivement, pendant 16 heures pour amorcer l'infection. Le développement ultérieur de la maladie a lieu après deux à trois jours, bien que l'alternance de périodes humides et sèches restreint l'infection par les deux espèces. Une période continue minimale de 12 heures d'humidité relative supérieure à 90 % et des températures supérieures à 14°C sont nécessaires pour une sporulation abondante. À 10°C, l'*A. brassicae* produit de nombreuses lésions sur les tissus de l'hôte après quatre jours, alors que l'*A. brassicicola* n'infecte pas les tissus de l'hôte dans ces conditions.

Moyens de lutte Pratiques culturales — Un traitement de la semence à l'eau chaude (voir nervation noire, dans le présent chapitre) réduit ou élimine l'infection interne et la contamination externe de la semence par les *Alternaria*. Pratiquer de longues rotations avec des cultures autres que des crucifères, incorporer les débris de culture malade dans le sol, éliminer les amoncellements de rejets, éradiquer les crucifères adventices, et ne pas irriguer par aspersion sont autant de moyens de réduire les niveaux d'inoculum. Les planches de semis et les cultures successives de crucifères doivent être situées loin ou en amont de cultures existantes de crucifères, afin d'éviter l'inoculum anémophile. De plus, les planches de semis doivent être gardées exemptes de maladies afin de prévenir la dissémination. La lutte contre la tache alternarienne sur les pommes de chou, au champ, est essentielle si la récolte est destinée à l'entreposage pour une période prolongée.

Lutte chimique — La protection des semences par un traitement fongicide ne permet de lutter que contre les spores de champignon à la surface des graines. Des pulvérisations régulières de fongicides protectants, commençant à la mi-saison, inhibent la progression de la maladie, surtout si les conditions sont chaudes et humides.

Références bibliographiques

- Changri, W., et G.F. Weber. 1963. Three *Alternaria* species pathogenic on certain cultivated crucifers. *Phytopathology* 53:643-648.
- Ellis, M.B. 1968. *Alternaria brassicae*. CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria, No. 162. Commonw. Mycol. Inst., Kew, Surrey, Angleterre. 2 pp.
- Ellis, M.B. 1968. *Alternaria brassicicola*. CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria, No. 163. Commonw. Mycol. Inst., Kew, Surrey, Angleterre. 2 pp.
- Groves, J.W., et A.J. Skolko. 1944. Notes on seed-borne fungi. II. *Alternaria*. *Can. J. Res. Sect. C* 22:217-234.
- Humpherson-Jones, F.M., et R.B. Maude. 1982. Studies on the epidemiology of *Alternaria brassicicola* in *Brassica oleracea* seed production crops. *Ann. Appl. Biol.* 100:61-71.
- Petrie, G.A. 1974. *Alternaria brassicicola* on imported garden crucifer seed, a potential threat to rapeseed production in western Canada. *Can. Plant Dis. Surv.* 74:31-34.
- Wiltshire, S.P. 1947. Species of *Alternaria* on Brassicae. *Imp. Mycol. Inst. Papers*, No. 20. 15 pp.

(Texte original de R.F. Cerkauskas)

► Fonte des semis

Fig. 8.25

Pythium debaryanum auct. non R. Hesse
Pythium ultimum Trow
Rhizoctonia solani Kühn
 (téléomorphe *Thanatephorus cucumeris* (A.B. Frank) Donk)

La fonte des semis dans les cultures de crucifères cause des pertes importantes dans les plateaux de semis en serre (8.25) et dans les cultures par semis direct. Les parasites responsables sont des habitants normaux du sol et peuvent infecter plusieurs cultures maraîchères.

Pour en savoir plus sur la fonte des semis, voir maladies à *Rhizoctonia*, dans le présent chapitre. Voir aussi Céleri, fonte des semis.

(Texte original de P. D. Hildebrand)

► Fusariose vasculaire (jaunisse)

Fig. 8.31 et 8.32

Fusarium oxysporum f. sp. *conglutinans* (Wollenweb.) W.C.

Snyder & H.N. Hans.

(syn. *Fusarium conglutinans* Wollenweb.)

La fusariose vasculaire a été signalée pour la première fois sur le chou en 1889 dans l'État de New York. Au Canada, on a observé la maladie pour la première fois en Ontario en 1931. Les pertes peuvent être significatives chez une vaste gamme de crucifères pendant les saisons de croissance chaudes ou dans les régions où des cultivars résistants ne sont pas disponibles commercialement. Lors d'enquêtes poussées sur les cultures maraîchères en Ontario en 1967, on a observé la maladie dans 5 des 24 champs de choux pommés précoces, à des taux de 10 à 95 % de plantes atteintes.

Les crucifères maraîchères qui sont sensibles à la fusariose vasculaire sont le brocoli, le chou de Bruxelles, le chou, le chou chinois, le chou-fleur, le chou à rosette, le chou frisé, le chou-rave et le radis. Les giroflées ornementales (*Matthiola* spp.) et plusieurs crucifères indigènes et adventices sont également sensibles.

Symptômes Le parasite infecte les plantes à tous les stades de croissance. Le premier symptôme sur le chou est un feuillage vert jaunâtre. Parfois, le jaunissement est uniforme, mais habituellement il est plus intense sur un des côtés de la feuille et de la plante (8.31). La feuille s'enroule ou la plante devient tordue lorsque seulement une face est affectée. Lorsque toute la plante est affectée, les feuilles inférieures jaunissent en premier. Ce symptôme progresse graduellement vers le haut de la plante qui devient rabougrie. Les feuilles atteintes peuvent tomber prématurément. Les tissus vasculaires sont d'abord jaunes, puis brunissent, meurent et deviennent cassants. Ces symptômes peuvent ne pas apparaître sur les plantes sensibles, cultivées dans des sols frais au début du printemps, jusqu'à ce que le sol se réchauffe au moment de la maturité de la culture.

Les symptômes de fusariose vasculaire ressemblent à ceux de la nervation noire et, dans certaines circonstances, ils peuvent être confondus avec cette maladie. Les deux maladies provoquent l'enroulement ou la chute des feuilles, le dessèchement des bordures des feuilles, le brunissement du système vasculaire (8.32) et finalement la mort de la plante. Dans la nervation noire, le jaunissement de la feuille vers les marges se déploie souvent en forme de V. Pour la fusariose vasculaire, la coloration vasculaire tend à être brun jaunâtre plutôt que noire. Le champignon pathogène est isolé en quelques jours lorsqu'on met en boîte de Pétri, à 25°C, des tissus vasculaires infectés par la fusariose vasculaire sur gélose glucosée à la pomme de terre acidifiée ou additionnée d'un antibiotique. La bactérie de la nervation noire ne croît pas sur gélose modifiée.

Agent pathogène Le *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans* est apparenté mais distinct des autres formes de *F. oxysporum* qui causent le flétrissement des solanacées et des légumineuses. Il existe quatre races physiologiques de *F. oxysporum* f. sp. *conglutinans*. La race 1 est très virulente chez le chou, le chou de Bruxelles, le chou frisé, le chou-fleur et le radis, mais moins chez la giroflée, le chou à rosette et le chou-rave. La race 2 est très virulente chez le radis, mais légèrement moins ou avirulente chez le chou de Bruxelles, le chou frisé, la giroflée ornementale, le chou, le chou-fleur, le chou à rosette et le chou-rave. Les races 3 et 4 sont virulentes chez la giroflée. La race 4 diffère de la race 3 en ce qu'elle cause un léger flétrissement ou pas de flétrissement chez les cultivars de giroflée ornementale tels que Apricot, Double Giant Imperial Rose, Double Early Giant Imperial Golden Rose, Double Giant Imperial Shasta, Standard Gold et Tenweeks White.

Sur gélose glucosée à la pomme de terre à pH 6,5 à 7, les colonies du *F. oxysporum* f. sp. *conglutinans* peuvent être blanc pâle à blanc crème, et le mycélium est uniformément floconneux. Les microconidies et les macroconidies hyalines sont toutes deux portées sur des phialides. Les microconidies sont généralement abondantes, de diverses formes cylindriques, ovales ou droites à incurvées, unicellulaires ou cloisonnées et mesurent 2,5 à 4 sur 6 à 15 µm. Les macroconidies, bien que clairsemées chez certaines souches, sont généralement pluricellulaires, falciformes, mesurent jusqu'à 5,5 µm de largeur et 33 µm de longueur. Les chlamydo-spores hyalines, à parois lisses à rugées, sont généralement abondantes et peuvent être terminales, intercalaires, solitaires ou en chaînes.

Cycle évolutif Le parasite pénètre habituellement par les racines des plantules et les racines blessées lors de la transplantation. Le champignon se déplace directement vers les vaisseaux conducteurs de la sève brute du xylème de la tige et des feuilles. Une partie de la plante ou la plante entière peut mourir. Le champignon pathogène produit ensuite des conidies et des chlamydo-spores, à l'intérieur et à l'extérieur des tissus atteints. Le brunissement des vaisseaux et le jaunissement des feuilles précédant le champignon sont causés par une toxine produite dans le xylème et qui se déplace avec la sève brute vers le haut de la plante.

La jaunisse fusarienne se développe par temps chaud. Elle atteint un maximum de développement à des températures du sol qui oscillent entre 27 et 29°C. Son développement est inhibé au-dessus de 32°C et retardé à des températures du sol inférieures à 16°C. L'humidité et le pH du sol ont peu ou pas d'influence sur le développement de la maladie.

Le parasite peut survivre dans le sol pendant de nombreuses années en l'absence d'un hôte. Une fois que le champignon pathogène est établi, il peut se répandre rapidement à d'autres zones par la poussière transportée par le vent, l'eau de ruissellement et le sol qui adhère aux instruments aratoires. La dissémination sur de longues distances se fait par la semence contaminée ou les plantules malades.

Moyens de lutte Pratiques culturales — On évitera d'utiliser des plantules ou des semences infectées. Une fois que la maladie apparaît dans une région, la meilleure stratégie de lutte est l'utilisation de cultivars résistants à la fusariose vasculaire.

Cultivars résistants — Il existe deux types de résistance (A et B) chez le chou. Les cultivars du type A sont uniformément résistants quelle que soit la température du sol au champ; les cultivars du type B ont un certain niveau de résistance en dessous de 21°C. Market Prize, Market Topper et King Cole possèdent la résistance de type A. Les cultivars tels que Red Hollander, Wisconsin All Season et Wisconsin Hollander sont des exemples de cultivars possédant la résistance de type B.

Les cultivars commerciaux de radis résistants à la fusariose vasculaire sont Red King et Fancy Red. La plupart des cultivars de brocoli, de chou de Bruxelles et de chou-fleur sont résistants à la fusariose vasculaire, excepté par temps chaud.

Les producteurs doivent consulter les conseillers agricoles en ce qui concerne les cultivars les mieux adaptés à une région donnée.

Références bibliographiques

Armstrong, G.M., et J.K. Armstrong. 1966. Races of *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans*; race 4, new race; and a new host for race 1, *Lychnis chalcidonica*. *Phytopathology* 56:525-530.

Booth, C. 1971. *The Genus Fusarium*. Commonw. Mycol. Inst., Kew, Surrey, Angleterre. 237 pp.

Brayford, D. 1992. *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans*. IMI Descriptions of Fungi and Bacteria, No. 1114. Internat. Mycol. Inst., Kew, Surrey, Angleterre. 2 pp.

Subramanian, C.V. 1970. *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans*. CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria, No. 213. Commonw. Mycol. Inst., Kew, Surrey, Angleterre. 1 p.

(Texte original de A.A. Reyes)

► Hernie du chou

Fig. 8.22 à 8.24

Plasmodiophora brassicae Woronin

La hernie du chou est une maladie fongique importante qui affecte les cultures de crucifères partout dans le monde. Au Canada, elle sévit principalement en Colombie-Britannique et dans l'est du Canada où des cultures entières ont été détruites par la maladie. On trouve la hernie sur le brocoli, le chou de Bruxelles, le chou, le chou-fleur, le navet, le rutabaga et le radis. Elle peut aussi attaquer plusieurs espèces indigènes et adventices de la famille de la moutarde et des genres n'appartenant pas aux crucifères, tels que l'*Agrostis* (l'agrostide), le *Dactylis* (le dactyle pelotonné), l'*Holcus* (houlque laineuse), le *Lolium* (ivraie vivace), le *Papaver* (le pavot) et les *Rumex* (oseilles et patiences).

Symptômes La maladie peut progresser considérablement avant que les symptômes aériens ne soient visibles. Les racines infectées croissent et forment des galles de tailles et de formes variées. Sur des cultures comme le radis, le navet et le rutabaga, dans lesquelles les racines charnues sont des hypocotyles tubérisés, les galles se forment sur le pivot ou sur les racines secondaires. Ces galles sont souvent globulaires ou sphériques et peuvent être de dimensions considérables (8.24). Des renflements claviformes et aciculaires se forment sur les racines individuelles (8.23) des hôtes qui ont un système racinaire fibreux tels que le chou, le chou-fleur et le brocoli. Ces renflements peuvent être isolés et n'occuper que des zones sur certaines racines ou ils peuvent confluer et occuper le système racinaire en entier (8.22). Les racines fortement déformées sont incapables d'absorber l'eau et les minéraux. En conséquence, la croissance des parties aériennes est arrêtée et les feuilles à la base de la plante peuvent jaunir et tomber. Le feuillage plus jeune peut bleuir et flétrir pendant la journée et se rétablir la nuit. À mesure que la maladie progresse, les renflements des racines sont souvent envahis par des organismes secondaires qui causent de la pourriture et la mort de la plante. Les plantules peuvent être infectées dans les planches de semis. Habituellement, il n'y a pas de symptômes visibles sur les parties aériennes, mais de petits renflements claviformes peuvent être observés sur les racines. On peut confondre avec la hernie des dommages causés par les herbicides et des renflements durs d'origine inconnue et appelés nodules d'hybridation sur le navet, le rutabaga et le colza/canola.

Agent pathogène Le *Plasmodiophora brassicae* est un myxomycète qui produit une masse plurinucléée de protoplasme dépourvu de paroi cellulosique, sans mycélium défini, et appelé plasmode. Les spores de repos sont unicellées, hyalines, sphériques et mesurent 2,4 à 3,9 µm. Les zoospores sont ovoïdes ou de formes variées, biflagellées et mesurent 2,5 à 3,5 µm. Les zoosporanges mesurent environ 8 µm. Le champignon ne peut pas être cultivé *in vitro*, mais peut croître sur une culture de callus établie à partir des galles racinaires.

Cycle évolutif En présence de racines sensibles, les spores de repos du champignon germent et produisent des zoospores mobiles qui nagent dans l'eau libre et pénètrent à l'intérieur des poils absorbants. Le champignon se transforme en un plasmode sporangien et par la suite se divise en masses plurinucléées qui se transforment en zoosporanges. Ces derniers sont libérés à partir de l'hôte par des pores produits par dissolution de la paroi cellulosique des cellules de l'épiderme, et de quatre à huit zoospores secondaires sont libérées à partir de chaque zoosporange. Certaines des ces zoospores fusionnent par paires avant de germer et d'infecter l'hôte.

Les plasmodies dans les racines provoquent une hypertrophie cellulaire anormale et une hyperplasie des cellules, ce qui mène à la formation d'une tumeur. Les cellules infectées sont distribuées en petits groupes autour de cellules saines à l'intérieur de la galle. À mesure que les plasmodies se développent, ils se transforment en masses de spores de conservation qui sont libérées dans le sol au moment où des organismes secondaires décomposent les galles. Les cellules infectées par les plasmodies utilisent les éléments nutritifs nécessaires à la plante et interfèrent avec l'absorption et la translocation des éléments nutritifs et de l'eau dans les racines, causant le rabougrissement et le flétrissement de la plante. La décomposition des galles libère des substances toxiques qui sont en partie responsables des symptômes de flétrissement. Le champignon envahit aisément les jeunes poils absorbants, mais des blessures sont nécessaires pour l'infection des racines subérisées et des tiges souterraines, bien que les tiges puissent aussi être envahies via les cicatrices foliaires.

Le *Plasmodiophora brassicae* est disséminé par l'eau de drainage, par le sol qui adhère à l'équipement agricole, aux chaussures et aux outils, par les plants infectés et par les fumiers et l'eau d'irrigation contaminés. Cette maladie est habituellement plus grave dans des sols humides et acides. La production répétée de crucifères mène à une accumulation rapide du champignon pathogène. Les spores de repos peuvent demeurer viables dans le sol pendant plus de 18 ans. Au moins neuf pathotypes du parasite ont été identifiés. Le rôle de plantes autres que des crucifères dans l'épidémie de la maladie n'est pas connu.

La moyenne quotidienne de température diurne du sol pour le développement de la maladie se situe de 19,5 à 23°C. Des températures du sol d'au moins 16 à 21°C sont nécessaires pour la germination des spores dormantes. Des niveaux d'humidité du sol de 50 à 70 % supérieurs à la capacité maximale de rétention de l'eau (environ -20 kPa à -15 kPa mbars) sont requis pour l'infection. La hernie du chou a tendance à être plus grave dans les sols dont le pH est inférieur à 7,0.

Moyens de lutte Pratiques culturales — Un bon drainage du sol et le maintien d'un pH élevé par des applications régulières de chaux contribuent à réduire l'incidence de la maladie. L'efficacité de ces traitements peut dépendre du pH du sol, qui est probablement le facteur le plus important dans le développement de la maladie. Des concentrations élevées de calcium et de magnésium peuvent entraver la progression de la maladie à un pH inférieur à 7,2, alors que des concentrations faibles de calcium et de magnésium peuvent permet-

tre la progression de la maladie à un pH supérieur à 7,2. La chaux calcique est habituellement plus efficace que la chaux dolomitique. Cependant, si les sols sont pauvres en magnésium, la chaux dolomitique est préférable. De la chaux finement broyée est plus réactive que des granules grossiers et modifie le pH plus rapidement. L'augmentation du pH entraîne souvent une carence en bore dans les sols à texture grossière (voir carence en bore, dans le présent chapitre). L'application de bore sous forme d'une pulvérisation foliaire ou dans l'eau de transplantation atténue ce problème éventuel.

De longues rotations, de cinq à sept ans, entre les cultures de crucifères sont nécessaires et on doit éliminer les crucifères adventices. Le transport de sol ou de végétaux provenant de zones infectées vers des champs propres doit être évité, et le fumier d'animaux, qui se nourrissent des déchets de plantes infectées ou qui paissent sur des cultures infectées, ne doit pas être utilisé. Les plants doivent être produits dans des sols non infectés, et le sol du champ doit être bien drainé et ne pas avoir d'antécédents de hernie. Des spores de conservation de *Plasmodiophora brassicae* peuvent être présentes dans l'eau d'irrigation et dans les sédiments où les eaux de ruissellement, provenant de champs infectés, sont recueillies dans des bassins d'irrigation. On doit prendre des précautions afin d'utiliser de l'eau d'irrigation qui n'est pas contaminée par le champignon de la hernie.

Cultivars résistants — Des lignées de chou résistantes à plusieurs races et un cultivar de chou résistant, Richelain, sont disponibles. Dans la région de l'Atlantique, le rutabaga 'Kingston' est résistant à toutes les races connues, alors que le rutabaga 'York' est résistant à de nombreuses races, mais pas à toutes. Le brocoli 'Oregon CR1' est résistant à de nombreuses races, mais ses qualités horticoles sont médiocres.

Lutte chimique — Les producteurs doivent fumiger les planches de semis si des planches exemptes de maladies ne sont pas disponibles. L'incidence de la maladie dans les plantations au champ peut être maintenue à un faible niveau en utilisant un fongicide dans l'eau de transplantation.

Références bibliographiques

- Buczaki, S.T. 1979. *Plasmodiophora brassicae*. CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria, No. 621. Commonw. Mycol. Inst., Kew, Surrey, Angleterre. 3 pp.
- Chiang, M.S., et R. Crête. 1989. Richelain: A clubroot-resistant cabbage cultivar. *Can. J. Plant Sci.* 69:337-340.
- Colhoun, J. 1953. A study of the epidemiology of the clubroot disease of Brassicae. *Ann. Appl. Biol.* 40:262-283.
- Dobson, R., R.L. Gabrielson et A.S. Baker. 1982. Soil water matric potential requirements for root-hair and cortical infection of Chinese cabbage by *Plasmodiophora brassicae*. *Phytopathology* 72:1598-1600.
- Myers, D.F., et R.N. Campbell. 1985. Lime and the control of clubroot of crucifers: Effects of pH, calcium, magnesium, and their interactions. *Phytopathology* 75:670-673.
- Tommerup, I.C., et D.S. Ingram. 1971. The life cycle of *Plasmodiophora brassicae* Woron. in *Brassica* tissue cultures and in intact roots. *New Phytol.* 70:327-332.

(Texte original de R.W. Delbridge)

► Jambe noire

Fig. 8.17 à 8.20

Phoma lingam (Tode:Fr.) Desmaz.

(téléomorphe *Leptosphaeria maculans* (Desmaz.) Ces. & de Not.)

La jambe noire est une maladie dévastatrice de nombreuses crucifères cultivées. Bien que la jambe noire puisse se répan-

dre rapidement au champ, sa progression n'est pas aussi spectaculaire que celle de la nervation noire causée par le *Xanthomonas campestris* (voir nervation noire, dans le présent chapitre).

La jambe noire est une maladie importante du canola (colza), mais est devenue moins importante sur les crucifères maraichères grâce au succès des méthodes de lutte antiparasitaire dans l'industrie de la production de semence dans le monde.

Symptômes Les plantes peuvent devenir infectées dans les planches de semis ou à n'importe quel moment au champ. Les symptômes sur les plantes dans les planches de semis apparaissent deux à trois semaines avant la transplantation. L'infection des plantules est d'abord visible sur les feuilles cotylédonaire ou sur les premières vraies feuilles (8.17). Des plantules peuvent mourir, alors que pour d'autres seules les feuilles cotylédonaire meurent. Des lésions bleuâtres, peu visibles, peuvent apparaître sur les tiges des plantes plus âgées au niveau de la cicatrice cotylédonaire. Plus tard, une plage allongée, brun pâle et déprimée, bordée d'un liseré pourpre ou noir se forme sur la tige, près du niveau du sol. À mesure que la lésion s'étend vers le haut et le bas, la tige est encerclée et noircie. De nombreuses petites pycnides noires et punctiformes apparaissent dans ces lésions. Les lésions sur la tige peuvent s'étendre sous la ligne de terre (8.18), causant l'apparition de chancres foncés et la mort des racines fibreuses. Les plantes sévèrement infectées flétrissent et peuvent verser. Sur le rutabaga et le navet, des chancres se forment sur la racine charnue (8.19 et 8.20), et une pourriture sèche peut survenir pendant l'entreposage. Des taches peu visibles, rondes, brun pâle à grises, apparaissent sur les feuilles. De nombreuses conidies, souvent dans des cirrhes rosâtres, se forment dans ces lésions. L'infection des siliques et des graines peut se produire sur les porte-graines.

Agent pathogène Les périthèces (*pseudothecia*) de la forme sexuée sont globuleux, noirs, mesurent 300 à 500 µm de diamètre et ont des ostioles proéminents. Chacune des asques mesure 80 à 125 sur 15 à 22 µm, a deux parois distinctes et contient huit ascospores mesurant chacune 35 à 70 sur 5 à 8 µm. Les ascospores sont bisériées, cylindriques à elliptiques, généralement arrondies à leurs extrémités, brun jaunâtre et guttulées. Les pseudoparaphyses sont filiformes, hyalines et cloisonnées.

Les pycnides du *Phoma lingam* sur les tiges et les feuilles sont de deux types : les pycnides de type I sont sclérotisées et d'abord enfoncées dans les tissus de l'hôte, puis finissent par éclater; elles sont de formes variées, de 200 à 600 µm de diamètre et ont des ostioles étroits; les pycnides de type II sont globuleuses et noires, et mesurent 200 à 600 µm de diamètre.

Les conidies sont unicellulaires, hyalines, courtes, cylindriques, généralement droites, certaines incurvées, guttulées (une guttule à chaque extrémité de la conidie) et mesurent 3 à 5 sur 1,5 à 2 µm.

Le champignon pathogène peut être isolé à partir de segments de tissus désinfectés en surface et placés sur une gélose au jus de légumes V-8, additionnée de 40 µg/mL de rose Bengale et de 100 µg/mL de streptomycine. Afin de détecter le parasite dans les semences de crucifères, les échantillons de graines doivent être placés sur un papier filtre humide et incubés à 20°C en obscurité pendant une journée. Les graines doivent être ensuite transférées dans un congélateur à -20°C pendant une journée, ce qui empêche la germination des graines, mais n'affecte pas le développement du champignon. L'incubation des graines doit se poursuivre encore sous fluorescents à 20°C et sous une photopériode de 12 heures. Après 7 à 10 jours, les pycnides apparaissent sur les graines infectées.

Cycle évolutif Le *Phoma lingam* peut survivre pendant au mois quatre ans dans la graine et pendant au moins trois ans dans les résidus de culture au champ. Le parasite infecte les

plantules en causant des lésions dans lesquelles se forment des pycnides. Des conidies s'échappent de ces pycnides en de longs cirrhes roses à lilas. Les conidies sont dispersées dans et par l'eau sur les crucifères à proximité, où elles germent et causent de nouvelles infections. Le temps humide et pluvieux contribue à la dissémination des spores et à la réinfection.

Le téléomorphe a été observé dans plusieurs régions du Canada, des États-Unis et ailleurs. Les ascospores peuvent être transportées par le vent sur de longues distances et causer des infections que l'on ne peut relier à de la semence contaminée ou à des rotations peu efficaces.

Moyens de lutte Pratiques culturales — La semence doit être traitée à l'eau chaude comme pour la nervation noire. Une rotation quadriennale doit être pratiquée dans les planches de semis et au champ. Les planches de semis doivent être inspectées minutieusement et les plants malades doivent être éliminés. Après l'arrachage, les plants ne doivent pas être aspergés ou trempés dans l'eau avant la transplantation. Les cultures de crucifères ne doivent pas être plantées près ou en aval de champs dans lesquels des crucifères, y compris le colza (canola), ont été cultivées l'année précédente parce que les eaux de ruissellement, le vent et la pluie peuvent disséminer le champignon d'un champ à un autre. Les producteurs doivent choisir des champs avec des sols bien drainés et bien aérés, éliminer les crucifères adventives, éviter les travaux au champ lorsque les plantes sont humides et incorporer rapidement les résidus de culture après la récolte afin d'accélérer la décomposition. Le fumier provenant d'animaux qui se nourrissent de plantes infectées ne doit pas être utilisé comme engrais.

Cultivars résistants — Seul le raifort est résistant à la jambe noire. Le chou, le chou chinois, le chou de Bruxelles, la plupart des cultivars de canola et certains cultivars de radis et de rutabagas sont très sensibles. Les cultivars de chou-fleur, de brocoli et certains cultivars de navet et de canola sont modérément sensibles. Certains cultivars de navet, de rutabaga, de radis et de moutarde sont légèrement sensibles ou immuns.

Références bibliographiques

- Bonham, J.M., P.A. Delwiche, R.L. Gabrielson et P.H. Williams. 1980. *Leptosphaeria maculans* on cabbage in Wisconsin. *Plant Dis.* 64:326.
Limonard, T. 1966. A modified blotter test for seed health. *Neth. J. Plant Pathol.* 72:319-321.
Punithalingham, E., et P. Holliday. 1972. *Leptosphaeria maculans*. CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria, No. 331. Commonw. Mycol. Inst., Kew, Surrey, Angleterre. 2 pp.

(Texte original de R.W. Delbridge)

► Maladies à *Rhizoctonia*

Fig. 8.25, 8.34 à 8.38

Fonte des semis

Pourriture basale

Pourriture de la pomme

Rhizoctone commun

Tige noire

Rhizoctonia solani Kühn

(téléomorphe *Thanatephorus cucumeris* (A.B. Frank) Donk)

On observe les maladies causées par le *Rhizoctonia solani* partout où l'on cultive des crucifères au Canada. Selon le

moment où se produit l'infection, ce champignon peut causer différentes maladies telles que la fonte des semis, la tige noire, les pourritures basale et de la pomme et le rhizoctone commun. Il existe plusieurs souches de ce champignon pathogène qui sont spécifiques à un hôte et qui montrent une grande variabilité de virulence vis-à-vis les cultures.

Symptômes Fonte des semis — La fonte des semis en prélevée a lieu lorsque les semences pourrissent et ne réussissent pas à germer, ou lorsqu'elles germent, mais que les plantules ne lèvent pas. Les pertes sont souvent attribuées à de la semence de mauvaise qualité. La fonte des semis en postlevée a lieu lorsque les tiges des plantules sont attaquées. L'infection a habituellement lieu lorsque les plantules atteignent entre 2 et 5 cm de hauteur. Une zone translucide encercle complètement la tige frêle près de la surface du sol. Les tissus de la tige pourrissent, ce qui entraîne le flétrissement de la plantule et finalement son affaissement (8.25). La fonte des semis évolue habituellement en foyers ou le long des rangs dans les planches de semis ou dans les caissettes. Les semences envahies servent de réserves de nourriture, permettant au champignon pathogène d'atteindre les graines ou les plantules adjacentes. Des espèces de *Pythium* peuvent aussi être responsables de la fonte des semis.

Pourriture basale — Les plantes peuvent être attaquées au milieu de la saison, alors que les feuilles extérieures des choux viennent en contact avec le sol humide infecté. Des lésions brunes à noires, bien définies, déprimées et elliptiques apparaissent d'abord sur les faces inférieures et au bas des feuilles. Les lésions peuvent devenir parcheminées lorsque le temps est sec. Un mycélium aranéeux et sombre peut croître sur les lésions. Les feuilles à la base de la plante finissent par flétrir, prennent des teintes de jaune tremblées de noir, séchent et peuvent tomber. Les plantes peuvent récupérer et produire des pommes, ou la pourriture basale peut évoluer en une pourriture de la pomme.

Pourriture de la pomme — Lorsque le temps est humide, la pourriture basale peut évoluer en une pourriture de la pomme sur les choux en croissance (8.38). Le champignon attaque la base des feuilles extérieures, ce qui entraîne leur chute et expose la tige. À mesure que les hyphes s'étendent dans la tige, des feuilles extérieures sont attaquées à la base, et leur bordures, sur le dessus de la pomme, jaunissent et se dessèchent. Un mycélium aranéeux et foncé peut être observé entre les feuilles. La maladie peut s'étendre sur la surface entière de la pomme et en profondeur sur plusieurs épaisseurs de feuilles. La pomme reste droite, sombre et parsemée de petits sclérotés bruns. Au départ, la pourriture est ferme, mais des bactéries de pourriture molle peuvent envahir les tissus affectés et les rendre mous et nauséabonds. La forme sexuée du champignon apparaît comme une croissance membraneuse grise ou crayeuse sur la face inférieure des feuilles basses ou à la surface du sol, à partir de points d'attache sur la tige au niveau du sol. En entrepôt, les lésions présentes au champ peuvent s'agrandir et produire une pourriture ferme (voir Laitue, bactérioses à *Pseudomonas*).

Les symptômes de la fonte des semis, de la tige noire, de la pourriture basale et de la pourriture de la pomme sont des signes diagnostiques des maladies causées par le *R. solani*. Il est généralement possible de différencier la fonte des semis en postlevée causée par le *R. solani* de celle causée par les

Pythium. Le *Rhizoctonia solani* cause une pourriture de la tige près de la surface du sol et peut descendre plus avant dans les racines. Les *Pythium*, en général, infectent les apex radiculaires et les poils absorbants et progressent vers le haut et à travers la plante jusqu'à la surface du sol. Des particules de sol adhèrent habituellement au mycélium grossier du *R. solani*, mais pas au mycélium fin des *Pythium* lorsque les plantules sont arrachées. Le mycélium cloisonné, grossier et brun du *R. solani* peut être différencié au microscope du mycélium non cloisonné, fin et hyalin des *Pythium*.

Pendant la phase tige noire, aucun mycélium n'est habituellement visible. Dans les phases pourriture basale et pourriture de la pomme, le *Rhizoctonia solani* peut être différencié du *Sclerotinia sclerotiorum*. La pourriture produite par le *R. solani* est, au départ, ferme et circonscrite, et des sclérotés bruns peuvent être visibles sur la surface gâtée, ce qui contraste avec la pourriture visqueuse et les sclérotés noirs produits par le *Sclerotinia sclerotiorum*. Sur les racines tubéreuses, des trames de mycélium crème à brun et des sclérotés bruns typiques du *R. solani* le distinguent des autres pourritures des racines.

Rhizoctone commun — Le navet, le radis, le rutabaga et le raifort peuvent être attaqués en champ ou en entrepôt. Le parasite entre par les racines, les cicatrices foliaires ou les blessures mécaniques. Les lésions sont habituellement brun foncé, légèrement déprimées et spongieuses (8.36). Les tissus infectés du raifort sont jaune pâle à ocre grisâtre et secs. Les tissus infectés se détachent facilement du front de pourriture. Des bactéries secondaires de pourriture molle peuvent succéder à l'infection fongique (8.37).

Tige noire — Bien que les plantules de nombreuses cultures autres que des crucifères deviennent de plus en plus résistantes au *Rhizoctonia solani* à mesure qu'elles approchent de la maturité, les crucifères sont fréquemment attaquées même après que les plantes aient atteint 10 à 15 cm de hauteur. La tige noire peut avoir comme origine la fonte des semis, mais de nouvelles infections peuvent aussi survenir. La tige noircit au-dessus et en dessous de la surface du sol, et le cortex externe se décompose et se détache sur des zones bien définies qui encerclent la tige (8.34 et 8.35). La tige est filiforme au niveau de la lésion, d'où le nom de *wirestem* en anglais. Parce que la stèle raidie de la tige fournit un certain support, le plant reste droit, mais il peut éventuellement mourir lorsqu'on le transplante en champ. Si le plant survit, il reste chétif, rabougri et son rendement est invariablement médiocre.

Agent pathogène (voir Haricot, rhizoctone brun) Les souches de *R. solani* qui attaquent les crucifères n'infectent pas normalement la pomme de terre et vice versa. L'identification des souches est possible en déterminant la virulence sur des hôtes spécifiques et en observant l'anastomose entre des souches de contrôle et la souche en cause. Les souches qui attaquent le radis et les autres crucifères appartiennent typiquement aux groupes d'anastomose AG-4 et AG-2, respectivement.

Cycle évolutif (voir Haricot, rhizoctone brun, et Laitue, rhizoctone brun) Les températures qui permettent la croissance de la souche du chou se situent entre 9 et 31°C, avec optimum entre 25 et 27°C pour l'infection et le développement de la maladie.

Moyens de lutte Pratiques culturales — Afin de prévenir la fonte des semis et la tige noire dans les planches de semis,

seul du sol stérilisé ou du sol dans lequel les crucifères ont été absentes auparavant doit être utilisé. Les semences doivent être traitées à l'eau chaude et avec un fongicide adéquat. La densité du semis doit permettre une pénétration de la lumière et une circulation de l'air adéquates. Les producteurs doivent éviter l'irrigation excessive et réduire ou éliminer l'arrosage lors de journées nuageuses. L'arrosage doit être fait le matin, de sorte que les plants puissent sécher durant la journée. Des facteurs comme des semis profonds, des semences peu vigoureuses et des sols excessivement salins, froids, chauds ou humides peuvent accroître la pourriture des graines et la fonte des semis en prélevée. Les carences en calcium, potassium et azote, ou des quantités excessives d'azote, peuvent favoriser la maladie.

La tige noire sur les plantules de chou peut évoluer en pourriture basale ou pourriture de la pomme, de sorte que les plantules atteintes ne doivent pas être transplantées au champ. On doit pratiquer une rotation minimale de trois ans avec des cultures autres que des crucifères. Lors des opérations culturales, le sol ne doit pas servir à renaissier et ne doit pas être butté sur les feuilles inférieures des plantes.

Les racines comestibles comme le navet, le rutabaga et le raifort présentant seulement de légères infections peuvent être entreposées sans danger à des températures basses.

Cultivars résistants — L'amélioration génétique de cultivars de crucifères résistants au *Rhizoctonia solani* n'a pas été étudiée de façon approfondie parce qu'on pensait que l'organisme en cause avait une vaste gamme d'hôtes et que les différences entre les souches n'étaient pas évidentes. Avec la reconnaissance de la spécificité des souches pour un hôte, le potentiel d'amélioration génétique pour la résistance s'est accru.

Lutte chimique — Les bancs, les caissettes et les outils doivent être stérilisés avec des désinfectants appropriés. On peut abreuver le sol de fongicides après les semis.

Références bibliographiques

- Gratz, L.O. 1924. Wirestem of cabbage. *N. Y. Agric. Exp. Stn. (Cornell) Mem.* 85. 60 pp.
- Linn, M.B., et M.C. Shurtleff. 1973. *Rhizoctonia* disease of cabbage and related crops. *Univ. Illinois Coop. Ext. Serv.* No. 902. 4 pp.
- Mordue, J.E.M. 1974. *Thanatephorus cucumeris*. CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria, No. 406. Commonw. Mycol. Inst., Kew, Surrey, Angleterre. 2 pp.
- Ogoshi, A. 1987. Ecology et pathogenicity of anastomosis and intraspecific groups of *Rhizoctonia solani* Kühn. *Annu. Rev. Phytopathol.* 25:125-43.
- Parmeter, J.R., ed. 1970. *Rhizoctonia solani*. *Biology and Pathology*. Univ. Calif. Press, Berkeley, Californie. 255 pp.
- Valkoner, J.P.T., et H. Koponen. 1990. The seed-borne fungi of Chinese cabbage (*Brassica pekinensis*), their pathogenicity and control. *Plant Pathol.* 39:510-516.
- Wellman, F.L. 1931. *Rhizoctonia* bottom-rot and head-rot of cabbage. *J. Agric. Res.* 45:461-469.

(Texte original de P.D. Hildebrand)

► Mildiou

Fig. 8.26 à 8.30

Peronospora parasitica (Pers.:Fr.) Fr.

Le mildiou est une maladie importante chez les crucifères partout au Canada. Les pertes chez le brocoli, le chou de Bruxelles et le chou-fleur, dans la région au sud de la vallée du Fraser en Colombie-Britannique en 1965 et 1966, ont été estimées à 5 et 2 %, respectivement. En Ontario, lors d'un inventaire chez le chou et le radis, on a trouvé de 11 à 30 %

de plantes infectées dans de nombreux champs. Au Québec et à Terre-Neuve, respectivement, 10 et 70 à 100 % des plantes étaient atteints dans deux champs de rutabagas qui ont été étudiés, alors qu'en Nouvelle-Écosse 25 % des plantes étaient malades.

On trouve souvent le mildiou sur le brocoli, le chou-fleur, le chou frisé, le chou-rave et le radis. D'autres crucifères comme la drave de l'Arctique (*Draba lactea* Adams), la julienne des dames (*Hesperis matronalis* L.), la caméline à petits fruits (*Camelina microcarpa* Andr. dans l'ouest du Canada et le *Camelina sativa* (L.) Crantz dans l'est du Canada), le cresson alénois (*Lepidium sativum* L.), la moutarde tanaïsie (*Descurainia richardsonii* (Sweet) O.E. Schultz), la lépidie densiflore (*Lepidium densiflorum* Schrad.), le cochléaria (*Cochlearia officinalis* L.), la bourse-à-pasteur (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medic.), le sisymbre élevé (*Sisymbrium altissimum* L.), la giroflée jaune (*Cheiranthus cheiri* L.) et de nombreuses plantes nordiques peuvent aussi être des hôtes du *Peronospora parasitica*.

Symptômes L'infection peut survenir à n'importe quel stade de croissance (8.26). L'infection des plantules entraîne la formation de taches jaunes sur les cotylédons. Le champignon pathogène sporule sur la face inférieure du cotylédon et sur l'hypocotyle. Plus tard, les cotylédons jaunissent, flétrissent et meurent. À ce stade, le champignon peut devenir systémique et latent.

Les premiers symptômes foliaires consistent en des plages isolées, anguleuses et jaunes sur la face supérieure de la feuille et une croissance mycélienne en plaques (8.27), clairsemée, blanche et duveteuse sur la face inférieure. Dans des conditions humides, les zones attaquées s'agrandissent et deviennent ocre et parcheminées (8.28). Chez le chou, l'invasion systémique de la tige peut survenir après l'infection des feuilles inférieures pendant la saison de croissance. Le champignon peut alors envahir progressivement les feuilles de la pomme et sporuler après que le chou ait été entreposé. Des tissus envahis de façon systémique, tels que la nervure médiane et le limbe, deviennent jaunâtres, puis noir grisâtre et nécrosés. Les tissus affectés deviennent très sensibles à l'attaque par les bactéries et les champignons secondaires. Le champignon peut provoquer, sur la pomme, de nombreuses taches déprimées, noires et de tailles variées.

L'infection du chou-fleur peut s'étendre à la pomme, en champ et en entrepôt. Une coloration noire, semblable à celle qu'on observe sur le chou, peut être évidente sur les inflorescences (8.29). Une sporulation fongique abondante et une pourriture causée par des organismes secondaires tels que les bactéries suivent souvent le jaunissement des inflorescences de chou-fleur. Sur les pommes de brocoli, l'invasion fongique ne peut pas être détectée par des symptômes externes. Des stries brunes à noires peuvent apparaître dans le système vasculaire de la partie supérieure de la tige principale et des rameaux qui mènent aux inflorescences. La sporulation fongique suivie de pourriture a aussi lieu sur le chou de Bruxelles.

Les racines de radis, de rutabaga et de navet peuvent être envahies de manière systémique, subissant alors un changement de coloration à l'intérieur, ce qui provoque un brunissement ou un noircissement interne qui s'étend vers le bas à

partir du collet ou au niveau du sol. L'épiderme de radis malades devient brun à noir et marbré sur environ la moitié de la racine (8.30). Souvent, il y a une légère roussissure des tissus épidermiques et un certain fendillement. À des stades avancés, chez les trois cultures, le fendillement ou l'éclatement des racines peut se produire. Les tissus internes demeurent fermes jusqu'à ce que des organismes secondaires entrent et provoquent une pourriture.

Agent pathogène — Le *Peronospora parasitica* est un parasite obligatoire; il produit un mycélium non cloisonné qui occupe les espaces intercellulaires de l'hôte et forme des suçoirs (haustoria) à l'intérieur des cellules. Les sporangiophores hyalins et ramifiés de façon dichotomique émergent à travers les stomates et portent des sporanges terminaux hyalins, elliptiques et solitaires, qui mesurent 16 à 20 sur 20 à 22 µm et qui germent à l'aide d'un tube germinatif. Les oogones et les anthéridies de la forme sexuée apparaissent à mesure de la sénescence de l'hôte. L'oospore qui se forme est sphérique, mesure 26 à 45 µm de diamètre, a des parois épaisses et est brun jaunâtre. La température et l'humidité relative peuvent influencer la morphologie des sporanges et des sporangiophores; ni la taille ou la forme du sporange, ni les hôtes ne sont donc des caractères fiables. Le *Peronospora parasitica* peut produire des oospores chez plusieurs espèces et cultivars de *Brassica*. Cependant, les mycéliums de type I et de type II sont requis pour la formation d'oospores. Les résultats suggèrent que les populations du champignon en champ sont potentiellement très variables.

Cycle évolutif — Le *Peronospora parasitica* montre une certaine spécialisation de parasitisme au niveau générique, spécifique et à des niveaux taxonomiques inférieurs de l'hôte. Par exemple, les souches du navet peuvent être incapables d'infecter le radis ou le rutabaga. Cependant, la gamme d'hôtes de souches provenant de crucifères peut être variable et indépendante de la famille hôte. De plus, la résistance à la maladie s'accroît avec l'âge de l'hôte. Historiquement, les différences dans la gamme d'hôtes étaient utilisées afin de délimiter des espèces distinctes; cependant, le *P. parasitica* est maintenant considéré comme une espèce collective unique. Bien que la plupart des crucifères adventices soient sensibles au mildiou, on ne sait pas si elles servent d'hôtes aux souches de *Peronospora* que l'on trouve sur les crucifères cultivées.

Des conditions fraîches et humides favorisent le développement de la maladie. Des températures de 10 à 15°C et une humidité abondante sur les feuilles, provenant de la rosée, de la bruine ou d'épais brouillards, sont des conditions optimales au développement d'une épidémie. La sporulation, la germination et la réinfection peuvent se réaliser en quatre à cinq jours.

Le champignon peut survivre à l'état latent ou dormant dans des plantes infectées de façon systémique, devenant alors une source de lésions sur les parties florales comme les inflorescences du chou-fleur. Le champignon survit, entre les cultures, sous forme d'oospores qui se développent lorsque l'hôte devient sénescant. L'infection des plantules dans un sol contaminé par des oospores provenant de tissus décomposés de l'hôte est possible. Les oospores sont présentes dans les racines et peuvent contaminer aussi la semence. La survie des sporanges est grandement réduite dans les sols secs et à des températures basses. Les sporanges sont disséminés par le vent et la pluie. Le mycélium à l'intérieur des téguments séminaux et la contamination des graines par les oospores sont d'autres moyens qui assurent la dispersion sur de longues distances.

Moyens de lutte Pratiques culturales — La lutte contre les maladies est très importante dans les planches de semis et nécessite d'utiliser des sols propres et bien drainés dont les crucifères ont été absentes les deux dernières années, d'éviter d'utiliser une irrigation excessive par aspersion afin de garder les plantules et les surfaces foliaires aussi sèches que possible, d'éviter le surpeuplement des plantules et de promouvoir la ventilation dans les planches en régularisant la densité de semis. Des engrais peuvent être utilisés pour stimuler la croissance afin d'aider les plantules à combattre les infections. L'élimination des résidus de culture dans les planches de semis doit être régulière parce que les oospores peuvent survivre dans le feuillage desséché.

Cultivars résistants — De nombreux cultivars d'hybrides de brocoli résistants ou tolérants sont disponibles. Ce sont Arcadia, Cindy, Citation, Esquire, Eureka, Green Belt, Hi-Caliber, Marathon, Mariner, Pinnacle, Samurai, Sprinter et Zeus.

Lutte chimique — Des pulvérisations foliaires préventives dans les planches de semis avec des fongicides de contact peuvent être nécessaires si les conditions environnementales sont favorables au développement de la maladie. Elles peuvent empêcher de nouvelles infections, mais ne feront pas disparaître les lésions établies. Un programme régulier de pulvérisations peut être nécessaire après la transplantation ou le semis direct au champ si le mildiou persiste.

Références bibliographiques

- Channon, A.G. 1981. Downy mildew of brassicas. Pages 321-339 dans D.M. Spencer, ed. *The Downy Mildews*. Academic Press, Londres. 636 pp.
 Dickinson, C.H., et J.R. Greenhalgh. 1977. Host range and taxonomy of *Peronospora* on crucifers. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 69:111-116.
 Kluczewski, S.M., et J.A. Lucas. 1983. Host infection and oospore formation by *Peronospora parasitica* in agricultural and horticultural *Brassica* species. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 81:591-596.
 Sherriff, C., et J.A. Lucas. 1990. The host range of isolates of downy mildew, *Peronospora parasitica*, from *Brassica* crop species. *Plant Pathol.* 39:77-91.

(Texte original de R.F. Cerkauskas)

► Oïdium (blanc)

Fig. 8.33

Erysiphe polygoni DC.

(syn. *Erysiphe cruciferarum* Opiz:Junell)

L'oidium est une maladie mineure chez le chou, le chou-fleur et les autres crucifères maraîchères, sauf pour le rutabaga cultivé dans le sud de l'Ontario, dans la région qui borde le Lac Huron, où l'incidence et l'intensité de la maladie peuvent être élevées. L'*Erysiphe polygoni* a de nombreux hôtes.

Symptômes — Les symptômes de la maladie comprennent une croissance mycélienne en plages, blanche, poudreuse ou farineuse et superficielle sur la face supérieure des feuilles (8.33). Les plages s'unissent à mesure que la maladie progresse, jusqu'à ce que la surface entière soit couverte par le champignon. Ce dernier se répand souvent sur la face inférieure des feuilles dans les derniers stades de l'évolution de la maladie. Les feuilles malades changent successivement de couleur, passant du vert pâle au jaune et à l'ocre. Les feuilles meurent et, dans les cas très graves, tombent, provoquant le rabougrissement de la plante et la baisse de rendement, selon le stade de croissance au moment de l'infection.

Agents pathogènes La nomenclature de l'organisme a changé. Auparavant, le nom collectif *Erysiphe polygoni* était utilisé pour le parasite du rutabaga, du navet et de plusieurs autres hôtes d'importance économique. Récemment, certains auteurs ont restreint le nom *Erysiphe polygoni* au parasite des polygonacées et utilisent *E. cruciferarum* pour désigner le champignon pathogène qui attaque les membres des familles des crucifères et des papavéracées. *Erysiphe polygoni* est un parasite obligatoire d'une vaste gamme d'hôtes. Il forme un mycélium blanc et superficiel qui produit de nombreux suçoirs (haustoria) sur la face supérieure de la feuille. Le mycélium a une apparence poudreuse causée par la production de nombreuses conidies unicellulaires hyalines, étroitement ellipsoïdes à cylindriques, et qui mesurent 24 à 51 sur 10 à 17,5 µm. Le téléomorphe consiste en un cléistothèce foncé, complètement fermé, qui contient 4 à 10 asques. Le cléistothèce possède aussi 10 à 30 appendices mycéliens simples et indéfinis, dont la longueur est d'une demie à trois fois le diamètre du cléistothèce, ce qui est caractéristique de l'espèce.

Cycle évolutif Différentes races physiologiques du champignon attaquent diverses espèces de plantes. Les spores, principal moyen de dissémination, sont transportées sur de longues distances par le vent vers les autres champs. Le champignon survit principalement sous sa forme téléomorphe (cléistothèce), qui se forme à la fin de l'été sur la face supérieure de plantes infectées encore vivantes pendant l'hiver. Une survie limitée du mycélium est possible dans les tissus des plantes hivernantes.

Le développement de la maladie est relié à une faible humidité relative, un stress hydrique à l'intérieur de l'hôte et à la présence d'un film d'eau à la surface de la feuille dans lequel les spores peuvent germer.

Moyens de lutte *Pratiques culturales* — Des mesures de lutte efficaces dans les cultures de rutabaga comprennent la rotation, l'élimination des crucifères adventices et la destruction des repousses de rutabaga et d'autres crucifères.

Références bibliographiques

- Braun, U. 1987. A monograph of the Erysiphales (powdery mildews). *Series: Beihefte zur Nova Hedwigia*, No. 89. J. Cramer, Berlin. 700 pp.
 Dixon, G.R. 1978. Powdery mildews of vegetable and allied crops. Pages 495-524 dans D.M. Spencer, ed, *The Powdery Mildews*. Academic Press, Londres. 565 pp.
 Purnell, T.J., et A. Sivanesan. 1970. *Erysiphe cruciferarum*. CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria. No. 251. Commonw. Mycol. Inst., Kew, Surrey, Angleterre. 2 pp.

(Texte original de R.F. Cerkaskas)

► Racine noire

Aphanomyces raphani Kendrick

Fig. 8.21

La racine noire du radis est une maladie fongique terricole mineure qu'on observe en Ontario, au Québec et en Colombie-Britannique où des pertes, variant de 10 à 50 % sur au moins un hectare, ont été signalées. Le champignon attaque principalement le radis, mais infecte aussi le brocoli, le chou de Bruxelles, le chou, le chou chinois, le chou-fleur, le chou frisé, le chou-rave, le rutabaga et le navet.

Symptômes Le radis est sensible du stade plantule jusqu'à la maturité, mais on observe rarement l'infection des plantules au champ. Sur les plantules, les symptômes apparaissent sous forme de lésions grasseuses, foncées sur la partie inférieure de l'hypocotyle. Les racines, les tiges, les pétioles et les cotylédons infectés noircissent et pourrissent à mesure que la maladie progresse, ce qui provoque souvent la fonte des semis. Des oospores sont présentes dans les tissus

envahis, surtout dans les tissus corticaux des racines secondaires des plantules et des plantes plus âgées, mais aussi chez des porteurs sains. Dans les plantes plus âgées, les premiers symptômes sont l'apparition de plages gris bleuâtre à noires sur le périoderme près de racines secondaires, de crevasses de croissance ou de blessures. Les lésions foncées peuvent s'unir et former des anneaux qui encerclent la racine et réduisent la croissance. Elles peuvent mener à la déformation et au rabougrissement des parties aériennes. La coloration noire s'étend profondément dans la racine (8.21). Au départ, la pourriture est sèche, mais, à mesure que la maladie progresse, des organismes responsables de pourritures molles peuvent causer éventuellement la décomposition de la racine. L'infection de l'hypocotyle des plantules des autres crucifères donnent des symptômes typiques de la fonte des semis.

La coloration noire ou grise qui s'étend profondément dans les tissus racinaires permet de distinguer la racine noire des lésions plus superficielles, brunes et écailleuses, résultant de maladies causées par les *Rhizoctonia*. De même, le mycélium de l'*Aphanomyces raphani* est non cloisonné et hyalin.

Agent pathogène L'*Aphanomyces raphani* est proche parent de l'*A. cochlinoïdes* (voir Betterave, racine noire) et la différence entre les espèces se base principalement sur la taille des oogones. Le développement et le cycle vital des deux champignons sont similaires, bien que la taille et la forme des structures fongiques diffèrent. Les hyphes de l'*A. raphani* mesurent 8,2 à 11,3 µm de diamètre, sont non cloisonnés, robustes et abondamment ramifiés à angles droits, et les oogones mesurent 32 à 45 µm de diamètre. Les oospores de l'*A. raphani* sont hyalines et mesurent 21,4 à 29 µm de diamètre.

Les bactéries saprophytes se retrouvant souvent sur les tissus malades de l'hôte, ceux-ci doivent être lavés minutieusement et placés dans de l'eau distillée, à la température de la pièce pendant une nuit. L'identité du champignon est vérifiée par la libération de zoospores à partir des sporanges produits sur des morceaux de tissus qui ont ainsi été traités. Des oospores, caractéristiques du parasite, sont produites en abondance dans les racines secondaires envahies par le champignon chez le radis et d'autres crucifères. On peut utiliser un milieu semi-sélectif contenant 150 µg/mL de sulfate de streptomycine et 10 µg/mL de benomyl dans une gélose au radis afin de faciliter l'isolement des *Aphanomyces* à partir des tissus végétaux infectés (voir Références bibliographiques, Humaydan et Williams). D'autres milieux sélectifs peuvent être utilisés (voir Betterave, racine noire).

L'*Aphanomyces raphani* croît rapidement à 23°C sur des milieux artificiels tels que la gélose glucosée à la pomme de terre, atteignant souvent 90 mm de diamètre en neuf jours. Les colonies sont de couleur crème, humides et denses et présentent un feutrage coriace de mycélium dépourvu d'hyphes aériens. Les cultures sont plus facilement préservées sur gélose au radis. D'abondantes oospores et zoospores sont produites sur ce milieu. La croissance a lieu de 12 à 32°C et l'optimum entre 18 et 24°C.

Cycle évolutif La maladie prolifère à des températures élevées; l'infection des plantules de radis survient entre 16 et 32°C et son maximum est à 27°C. Un taux d'humidité élevé du sol ou de l'eau libre dans le sol est nécessaire pour la pénétration des zoospores mobiles. La germination des oospores dans le sol est stimulée par la présence de plantules de radis.

Les oospores sont produites en grand nombre dans les racines secondaires de nombreuses crucifères et dans les débris de l'hôte ou dans les particules de sol qui sont mélangés à la semence. Elles permettent au champignon de persister pendant de longues périodes et d'infecter ultérieurement les hôtes. Le mycélium et les zoospores sont incapables de survie prolongée dans le sol, mais le champignon peut

subsister sous forme de mycélium dans les repousses ou les porte-graines. La dissémination se fait par les éclaboussures d'eau ou par le ruissellement des eaux qui transportent des oospores ou des zoospores vers les autres plantes ou vers les champs voisins. La dissémination de l'inoculum se fait aussi par des plantes infectées, des particules de sol ou des débris de l'hôte emportés par le vent, et par les outils, la machinerie agricole et les ouvriers.

Moyens de lutte Pratiques culturales — Les résidus infectés doivent être incorporés adéquatement dans un sol bien drainé. Les quantités d'inoculum d'*Aphanomyces raphani* dans le sol peuvent être réduites en suivant une rotation quadriennale avec des cultures autres que des crucifères et en éliminant les crucifères adventices. Certaines cultures de choux peuvent échapper à l'infection pendant plusieurs semaines après la transplantation.

Cultivars résistants — Les cultivars de radis possédant de la résistance à la racine noire comprennent Belle Glade, Fancy Red, French Breakfast et Fuego.

Lutte chimique — Bien qu'efficace, la fumigation n'est pas rentable.

Références bibliographiques

- Ghafoor, A. 1964. Radish black-root fungus: host range, nutrition, and oospore production and germination. *Phytopathology* 54:1167-1171.
- Hall, G. 1989. *Aphanomyces raphani*. CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria, No. 973. CAB Internat. Mycol. Inst., Kew, Surrey, Angleterre. 3 pp.
- Humaydan, H.S., et P.H. Williams. 1978. Factors affecting *in vitro* growth and zoospore production by *Aphanomyces raphani*. *Phytopathology* 68:377-381.
- Humaydan, H.S., P.H. Williams, B.J. Jacobsen et H.L. Bissonnette. 1976. Resistance in radish to *Aphanomyces raphani* and *Rhizoctonia solani*. *Plant Dis. Rep.* 60:156-160.
- Kendrick, J.B. 1927. The black-root disease of radish. *Indiana Agric. Exp. Stn. Bull.* 311:32 pp.

(Texte original de R.F. Cerkauskas)

► Rouille blanche

Fig. 8.40

Albugo candida (Pers.) Kuntze
(syn. *Albugo cruciferarum* (DC.) S.F. Gray)

La rouille blanche est de peu d'importance chez les cultures de radis comestibles, mais les pertes dues à la déformation et à la destruction des parties florales peuvent être importantes chez les porte-graines. L'*Albugo candida* attaque de nombreuses crucifères, mais les pertes en rendement et en qualité sont généralement minimales, à l'exception du chou champêtre (*Brassica campestris* L.) qui peut subir des dommages appréciables. Le parasite démontre une grande spécificité pour l'hôte, de sorte que l'infection du radis à partir d'inoculum hivernant sur des crucifères adventices ou cultivées, à l'exception du canola, est peu probable.

Symptômes L'infection peut être locale ou systémique. Les infections locales consistent en des pustules protubérantes, blanches et luisantes, ou sores (8.40), qui croissent sur les faces supérieure et inférieure des feuilles et sur les tiges. Les pustules proviennent des masses de conidies qui se forment sous l'épiderme de la feuille. Lorsque les pustules se rompent, les sporanges secs et poudreux sont alors disséminés par le vent. L'infection systémique des jeunes tiges et des parties florales provoque l'agrandissement et le

développement anormal des sépales, des pétales, des pistils et des anthères et empêche le développement normal des graines du radis. Les fleurs, les pédoncules floraux et les siliques infectés s'hypertrophient et se transforment en galles difformes, en «bois de cerf», qui contiennent de nombreuses oospores. Les galles en «bois de cerf» sont vertes au départ, mais brunissent et deviennent cassantes à maturité. Le champignon infecte souvent simultanément les mêmes tissus, particulièrement les parties florales déformées, que le champignon du blanc, le *Peronospora parasitica*.

Agent pathogène L'*Albugo candida* est un parasite obligatoire qui produit un mycélium non cloisonné et intercellulaire avec des suçoirs (haustoria) nouveaux dans les tissus de l'hôte. Des sporangiophores claviformes sont produits à partir de la couche de mycélium sous l'épiderme de l'hôte. Les sporangiophores produisent des sporanges en chaînes; à l'extrémité de la chaîne, le plus âgé se détache facilement à maturité. Les sporanges sont hyalins, presque sphériques et mesurent 14 à 16 sur 16 à 20 µm. La germination s'effectue principalement par la production de zoospores qui contiennent une vacuole discoïdale sur un côté. Les oogones et les anthéridies sont produites à partir du mycélium dans les espaces intercellulaires des tissus de l'hôte, particulièrement dans le cas d'infections systémiques. Les oospores qui sont produites ont des parois verruqueuses, ce qui est un caractère utile pour différencier les différentes espèces d'*Albugo*. Les oospores sont brun foncé, mesurent 40 à 55 µm de diamètre et se trouvent habituellement dans les tiges et les graines.

Cycle évolutif Le champignon hiverne sous forme d'oospores à parois épaisses, à l'intérieur des galles en «bois de cerf», ou sous forme de mycélium dans les tissus vivants. Les galles en «bois de cerf» peuvent se détacher de la plante et tomber sur le sol en libérant éventuellement des oospores. Les oospores peuvent germer et infecter les cotylédons et les feuilles des jeunes plantes au printemps. Les pustules qui prolifèrent à la surface des feuilles contiennent plusieurs sporanges qui sont libérés et dispersés sur les plantes avoisinantes, surtout par le vent, mais aussi par la pluie et les insectes. De nombreuses générations de sporanges sont produites sur les plantes pendant la saison de croissance. Les oospores séminicoles sont une autre source importante d'inoculum. En conditions expérimentales, des oospores ont germé après 17 ans en collection; cependant, leur longévité en conditions naturelles n'est pas connue.

Des conditions humides et des températures entre 10 et 25°C favorisent la progression de la maladie. Le refroidissement des sporanges est nécessaire afin de déclencher la production des zoospores. La germination a lieu entre 1 et 20°C et est optimale entre 10 et 14°C. Des températures supérieures à 25°C réduisent le taux et la quantité de zoospores libérées. Les zoospores mobiles nagent pendant un court moment, puis produisent des tubes germinatifs qui envahissent l'hôte par les stomates. La présence d'eau à la surface de l'hôte est essentielle à la germination et à l'infection.

Moyens de lutte Pratiques culturales — L'incorporation dans le sol des résidus de culture infectée contribue à réduire les niveaux d'inoculum pathogène. Les radis doivent être cultivés à une certaine distance du lieu où ils étaient cultivés auparavant. Les repousses de colza et de moutarde sauvage sont une source d'inoculum et doivent être détruites au début de la saison de croissance. Pendant le développement des porte-graines, l'irrigation à la rigole doit être pratiquée plutôt que l'irrigation par aspersion parce qu'elle est moins propice à disséminer le parasite.

Cultivars résistants — Les cultivars de radis Chinese Rose Winter, Round Black Spanish et Burpee White possèdent une certaine résistance à la rouille blanche.

Lutte chimique — Le traitement des semences avec des fongicides à large spectre est efficace parce qu'il diminue la dissémination par semences contaminées.

Références bibliographiques

- Mukerji, K.G. 1975. *Albugo candida*. CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria, No. 460. Commonw. Mycol. Inst., Kew, Surrey, Angleterre. 2 pp.
- Petrie, G.A. 1986. *Albugo candida* on *Raphanus sativus* in Saskatchewan. *Can. Plant Dis. Surv.* 66:43-47.
- Pound, G.S., et P.H. Williams. 1963. Biological races of *Albugo candida*. *Phytopathology* 53:1146-1149.
- Williams, P.H., et G.S. Pound. 1963. Nature and inheritance of resistance to *Albugo candida* in radish. *Phytopathology* 53:1150-1154.

(Texte original de R.F. Cerkauskas)

► Sclérotiniose (pourriture blanche)

Fig 8.39

Sclerotinia sclerotiorum (Lib.) de Bary
(syn. *Whetzelinia sclerotiorum* (Lib.) Korf & Dumont)

La sclérotiniose peut attaquer une gamme exceptionnellement vaste de cultures maraîchères (voir Laitue, sclérotiniose). Chez les crucifères, le chou et le chou de Bruxelles sont les plus souvent atteints. Le *Sclerotinia minor* Jagger infecte aussi les cultures de crucifères, mais il n'a pas été observé sur les crucifères au Canada.

Symptômes Les premiers symptômes observés sur le chou sont des zones translucides sur les tiges et les feuilles inférieures, particulièrement celles qui sont en contact avec le sol, et aussi sur les surfaces supérieures de la pomme. À mesure que les lésions s'étendent, les feuilles flétrissent, et le champignon peut se répandre au reste de la plante. Les tissus infectés ramollissent, deviennent spongieux et se couvrent d'un mycélium fongique blanc et cotonneux dans lequel de nombreux sclérototes de forme irrégulière sont incrustés (8.39). Les sclérototes sont blancs au départ, mais noircissent plus tard. Le champignon peut se répandre rapidement des pommes infectées aux pommes saines à l'intérieur des cageots pendant le transport ou l'entreposage si des températures basses ne sont pas maintenues.

Les choux entreposés peuvent aussi être attaqués par le *Botrytis cinerea* (voir Laitue, pourriture grise). Les lésions de la moisissure grise sont grasseuses, vert grisâtre et souvent couvertes de masses de spores poudreuses et grises qui permettent de distinguer rapidement cette maladie de la sclérotiniose. La moisissure grise attaque habituellement les feuilles du chou vers la fin de la période d'entreposage.

La sclérotiniose est avant tout une maladie d'entreposage du rutabaga et du navet. Après l'infection initiale, une coloration rougeâtre peut apparaître à la marge des lésions, alors que la portion interne est brun pâle et translucide. Le mycélium blanc cotonneux typique et les sclérototes apparaissent plus tard sur les tissus infectés.

Agent pathogène (voir Carotte, sclérotiniose)

Cycle évolutif (voir Carotte, sclérotiniose) Le champignon pathogène peut continuer de coloniser lentement les tissus du chou, du rutabaga et du navet cultivés en champ et entre-

posés au froid, produisant des foyers de végétaux en décomposition à l'intérieur des cageots. Le champignon peut aussi survivre sur des résidus infectés qui adhèrent aux cageots d'entreposage en bois et qui peuvent servir de source d'inoculum.

Moyens de lutte Pratiques culturales — Une fois que le *Sclerotinia sclerotiorum* est établi au champ, il est difficile de détruire tous les sclérototes. Le travail du sol ramène habituellement suffisamment de sclérototes à la surface pour déclencher la maladie si les conditions environnementales sont favorables. On recommande une rotation triennale avec des cultures comme le maïs, les céréales ou les graminées. Les cultures sensibles doivent être plantées dans des sols bien drainés. Plusieurs espèces d'adventices sont sensibles au *S. sclerotiorum*, de sorte que les champs doivent être exempts de mauvaises herbes. On doit lutter contre les parasites qui causent des lésions nécrotiques et on doit éviter les blessures lors de la récolte. Les produits récoltés doivent être entreposés dans des contenants propres. En lavant les racines du rutabaga et du navet pour enlever le sol, on ralentit la progression de la maladie pendant l'entreposage. Une température et une ventilation adéquates doivent être maintenues pendant l'entreposage.

Références bibliographiques

- Dillard, H.R., et J.E. Hunter. 1986. Association of common ragweed with sclerotinia rot of cabbage in New York State. *Plant Dis.* 70:26-28.
- Mordue, J.E.M., et P. Holliday. 1976. *Sclerotinia sclerotiorum*. CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria, No. 513. Commonw. Mycol. Inst., Kew, Surrey, Angleterre. 2 pp.
- Ramsey, G.B. 1925. *Sclerotinia* species causing decay of vegetables under transit and market conditions. *J. Agric. Res.* 31:597-632.

(Texte original de P.D. Hildebrand)

VIROSES

► Mosaïque du navet

Fig. 8.41 à 8.43

Virus de la mosaïque du navet

La mosaïque du navet est une maladie grave et répandue chez le rutabaga dans le centre-sud de l'Ontario où se fait la plus grande partie de la production du rutabaga en Amérique du Nord. La gamme d'hôtes du virus de la mosaïque du navet est vaste et les sources potentielles d'inoculum comprennent plusieurs crucifères comestibles et adventices. Les pertes peuvent être considérables pendant la saison de croissance des cultures de crucifères orientales, de raifort, de laitue, d'épinard et de moutarde. Les racines infectées de rutabaga sont sensibles à la pourriture pendant l'entreposage.

Symptômes Le premier signe de l'infection par la mosaïque du navet, chez le rutabaga, est un jaunissement précoce des feuilles inférieures de groupes de plantes dans le champ. Lors d'infections massives, la culture en entier peut jaunir (8.41). Les jeunes feuilles deviennent difformes et peuvent avoir une apparence froissée ou boursoufflée et une mosaïque marbrée de plages vert foncé et vert pâle bien marquées (8.42). Une chlorose et une moucheture des nervures peuvent apparaître sur les feuilles apicales. Des lésions chlorotiques et nécrotiques pâles sont souvent présentes sur

les feuilles de la base. Les feuilles plus âgées subissent une sénescence rapide. À mesure que de nouvelles feuilles sont produites, les plus âgées tombent lorsqu'elles arrivent à maturité, ce qui donne à la plante une apparence en «col de cygne». Lorsque les plantes sont infectées au début de leur croissance, les racines sont gravement rabougries (8.43) et la perte des feuilles rend la récolte mécanisée difficile. Dans le sud de l'Ontario, les symptômes de la maladie sont généralement bien visibles trois semaines après l'infection des plantes, mais les symptômes varient en fonction du cultivar, du stade de développement de la plante au moment de l'infection et des conditions environnementales qui suivent l'infection.

Au champ, on reconnaît la mosaïque du navet par la déformation et la marbrure foliaires, particulièrement sur les jeunes feuilles. Des échantillons foliaires doivent être expédiés à un laboratoire de diagnostic pour une identification formelle.

Agent pathogène Le virus de la mosaïque du navet est un filament flexueux, qui mesure approximativement 720 nm de longueur et qui contient une seule molécule linéaire d'ARN. Il est transmissible par la sève, à des dicotylédones appartenant à de nombreuses familles, et par plusieurs espèces de pucerons, selon un mode non persistant.

On trouve le virus de la mosaïque du navet partout dans le monde et on l'observe fréquemment dans la zone tempérée de l'Amérique du Nord. En Ontario, quatre souches du virus ont été identifiées, la plus commune étant identique à une souche provenant de l'État de New York et qui infecte les crucifères. Les autres souches du virus de la mosaïque du navet ont une gamme d'hôtes qui est limitée à quelques cultures du genre *Brassica* et à des crucifères adventices. Une seule de ces souches est importante sur le rutabaga.

Cycle évolutif Le virus de la mosaïque du navet n'est pas transmis par les semences. Jusqu'à récemment, la principale source de virus était limitée à des rutabagas infectés, soit des repousses ou ceux qu'on avait éliminés de l'entreposage au début du printemps. Les autres plantes qui servent de réservoir se limitent à quelques adventices de la famille de la moutarde.

La dissémination naturelle du virus de la mosaïque du navet en champ ne se fait que par les pucerons (voir pucerons, dans le présent chapitre). En général, les plantations hâtives de rutabagas qui deviennent infectées sont une source d'inoculum pour les champs de rutabagas en périphérie. La transmission du virus par les pucerons, à partir du rutabaga, aux champs de colza d'hiver nouvellement plantés a lieu à l'automne, ce qui permet au virus de survivre à l'hiver.

En 1985, une épidémie du virus de la mosaïque du navet dans le sud de l'Ontario a causé plus de 30 % de pertes dans les cultures de rutabagas. Cette augmentation soudaine a coïncidé avec un accroissement de la production de colza d'hiver autour des champs de rutabagas, accroissement qui commença au début des années quatre-vingt. L'effet du virus sur les rendements du colza est minime, mais les pertes chez le rutabaga ont augmenté chaque année. L'infection des champs de rutabagas, à plusieurs kilomètres de distance des sources les plus proches d'inoculum, est causée par le déplacement de pucerons virulifères provenant du colza d'hiver qui migrent vers le rutabaga au début de juillet. Cette maladie a été particulièrement grave dans le cas du principal cultivar de rutabaga, Laurentian.

Moyens de lutte La lutte contre le virus de la mosaïque du navet dépend de la répression des pucerons vecteurs (voir pucerons, dans le présent chapitre), pratiquée au moment opportun, parce que les symptômes peuvent n'apparaître que longtemps après la disparition des pucerons.

Pratiques culturales — Les repousses de rutabaga doivent être détruites par hersage à l'automne et laissées à geler à la surface du sol. Au printemps, les repousses doivent être éliminées et les déchets d'entreposage doivent être enfouis dans le sol afin de hâter leur décomposition. L'élimination des moutardes et des repousses de colza dans ou aux alentours des plantations de rutabagas contribue à réduire l'infection. Si possible, le rutabaga doit être cultivé à l'écart des autres cultures de crucifères, particulièrement de celles des colzas d'hiver et de printemps et du canola de printemps. La plantation hâtive permet aux racines de rutabaga de croître avant que le virus ne soit apporté par les pucerons, l'avantage étant que les cultures infectées tardivement produisent des racines vendables avec un meilleur potentiel de conservation. Dans le sud de l'Ontario, les rutabagas doivent être semés de préférence avant la mi-juin. Les rutabagas gravement infectés par le virus doivent être mis en marché rapidement afin d'éviter les pertes lors de l'entreposage.

Cultivars résistants — Des lignées résistantes sont en développement.

Références bibliographiques

- Shattuck, V.I., et L.W. Stobbs. 1987. Evaluation of rutabaga cultivars for turnip mosaic virus resistance and the inheritance of resistance. *HortScience* 22:935-937.
- Stobbs, L.W., et V.I. Shattuck. 1989. Turnip mosaic virus strains in southern Ontario, Canada. *Plant Dis.* 73:208-212.
- Tomlinson, J.A. 1970. Turnip mosaic virus. CMI/AAB Descriptions of Plant Viruses, No. 8. Commonw. Mycol. Inst./Assoc. Appl. Biol., Kew, Surrey, Angleterre. 4 pp.

(Texte original de L.W. Stobbs)

MALADIES NON PARASITAIRES

► Brûlure de la pointe, nécrose interne

Fig. 8.51 et 8.52

La brûlure de la pointe et la nécrose interne sont des maladies physiologiques qui ont la même origine. Le chou chinois est particulièrement sujet à ce problème qui affecte aussi le chou de Bruxelles, le chou et le chou-fleur.

Symptômes Les feuilles internes des pommes de chou et de chou de Bruxelles sont affectées, mais aucun symptôme externe n'est visible. La marge des feuilles internes brunit, en commençant par les hydathodes, et plus tard se dessèche jusqu'à devenir diaphane, en bordure ou sur de grandes portions de la feuille (8.51 et 8.52). Les tissus atteints peuvent devenir brun foncé ou noirs et parfois être envahis par des bactéries secondaires qui entraînent une pourriture molle spongieuse. Lorsque la brûlure de la pointe interne a lieu sur des choux entreposés, les symptômes ne sont pas toujours apparents avant l'ouverture des pommes pour vérification lors de la mise en marché. Les choux de Bruxelles sont habituellement échantillonnés avant d'être transformés. Si l'incidence du brunissement interne est élevée, le chargement

peut être refusé. Chez le chou-fleur, les feuilles internes brunissent et se rabattent sur l'inflorescence en formation. Lorsque des micro-organismes secondaires attaquent ces feuilles, elles deviennent spongieuses, maculent l'inflorescence et la rendent invendable.

Cause La brûlure de la pointe et la nécrose interne sont causées par une mauvaise translocation du calcium vers les tissus en croissance rapide. Une mauvaise alimentation calcique de la marge des feuilles entraîne la mort des tissus. Un excès d'azote entraîne la formation de grandes feuilles extérieures qui accumulent le calcium aux dépens des jeunes feuilles en expansion dans les pommes.

Les facteurs environnementaux qui favorisent la croissance rapide des plantes favorisent aussi la brûlure de la pointe. Une humidité abondante du sol favorise aussi une croissance rapide, bien qu'un excès d'humidité réduise les niveaux d'oxygène, qui à leur tour réduisent l'absorption et le transport du calcium. Une période sèche qui suit une période très humide peut aggraver ce problème. Les crucifères cultivées dans des sols sablonneux sont habituellement plus sujettes à la brûlure de la pointe que celles qui sont cultivées dans des sols plus lourds.

Moyens de lutte Pratiques culturales — Les facteurs qui favorisent la croissance rapide des plantes doivent être évités. Le maintien de la fertilité du sol à un niveau optimal est important. Le maintien d'un rapport phosphore/potassium de 1:1 contribue à réduire à un minimum l'incidence de la brûlure de la pointe. L'irrigation peut être nécessaire afin de maintenir un niveau optimal d'humidité dans le sol. L'ajout de grandes quantités de calcium au sol ou par pulvérisations foliaires ne semble pas résoudre le problème. Un espacement plus serré des plantes et la récolte de la culture aussitôt à maturité sont des pratiques bénéfiques.

Cultivars résistants — Les cultivars dont la croissance est moins vigoureuse sont moins sujets à cette maladie. Des cultivars résistants de chou et de chou de Bruxelles sont disponibles.

Références bibliographiques

- Maynard, D.N., et A.V. Barker. 1972. Internal browning of Brussels sprouts: a calcium deficiency disorder. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 97:789-792.
- Maynard, D.N., B. Gersten et H.F. Vernell. 1965. The distribution of calcium as related to internal tipburn, variety, and calcium nutrition in cabbage. *Proc. Am. Soc. Hortic. Sci.* 86:392-396.
- Palzkill, D.A., T.W. Tibbitts et P.H. Williams. 1976. Enhancement of calcium transport to inner leaves of cabbage for prevention of tipburn. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 101:645-648.
- Rosen, J. 1990. Leaf tipburn in cauliflower as affected by cultivar, calcium sprays, and nitrogen nutrition. *HortScience* 25:660-663.

(Texte original de P.D. Hildebrand et L.S. Bérard)

► Éclatement

Fig. 8.46

L'éclatement est un accident qui affecte les hypocotyles et les racines de rutabaga et de navet, et les pommes de chou en formation. Ce désordre affecte habituellement, jusqu'à un certain point, le rendement en produits vendables dans la plupart des cultures.

Symptômes L'éclatement débute dans la zone du collet et peut s'étendre vers le bas, le long de la racine (8.46). Les tissus exposés peuvent être colonisés par des bactéries, surtout les *Erwinia*; elle cause des pourritures molles qui transforment la racine entière en une masse gélatineuse. L'intérieur de la racine peut être complètement gâté, tout en laissant une couche de tissus externes sains. Au départ, il n'y a pas d'odeur, mais les tissus deviennent putrides suite à la pourri-

ture bactérienne. Les pommes de chou sont aussi sujettes à l'éclatement.

Cause L'éclatement survient lors de périodes de croissance rapide, surtout lorsque des pluies abondantes ou des arrosages copieux suivent une période sèche.

Moyens de lutte Pratiques culturales — On doit tenir compte des facteurs qui provoquent la croissance rapide. Il faut éviter l'espacement irrégulier des plantes, qui favorise l'expansion rapide de certaines racines sur le rang, par des semis de précision. Il faut éviter une fertilisation excessive, surtout en azote, et l'utilisation de fumier. Des niveaux adéquats de matière organique bien décomposée, particulièrement dans les sols légers, contribuent à prévenir des poussées de croissance en maintenant un approvisionnement constant en eau et en minéraux. La pourriture causée par les organismes secondaires est aussi aggravée par le temps chaud et humide et des peuplements végétaux denses. Le maintien d'un niveau uniforme d'humidité du sol réduit l'incidence de l'éclatement. À petite échelle, on peut faire subir aux choux une rotation d'un demi-tour afin de briser quelques racines, ce qui permet de diminuer l'absorption d'eau et de ralentir la croissance jusqu'à ce que les pommes puissent être récoltées. Les racines et les pommes atteintes ne doivent pas être entreposées parce qu'elles sont sensibles à la pourriture bactérienne et peuvent devenir une source de pourriture à l'intérieur des cageots d'entreposage.

(Texte original de R.W. Delbridge)

► Granulée brune

Fig. 8.45

La granulée brune du brocoli est une maladie physiologique dont l'occurrence est sporadique et qui coïncide habituellement avec une croissance rapide lors de périodes où des températures élevées font suite à des pluies abondantes. Ce désordre peut entraîner des pertes importantes. Les symptômes n'apparaissent que sur les fleurons du brocoli, à mesure que l'inflorescence approche de la maturité. Les bourgeons floraux virent à l'ocre ou au brun (8.45) et se détachent facilement. Des quantités adéquates de matière organique bien décomposée, surtout dans les sols légers, contribuent à prévenir des poussées de croissance en maintenant un approvisionnement constant en eau et en minéraux. Certains cultivars semblent moins sensibles que d'autres.

Références bibliographiques

- Flint, M.L., ed. 1985. *Integrated Pest Management for Cole Crops and Lettuce*. Univ. Calif., Statewide Integrated Pest Management Project, Div. Agric. Nat. Res., Oakland. 112 pp.

(Texte original de P.D. Hildebrand)

► Intumescence (oedème, pustules de thrips)

Fig. 8.48 à 8.50

L'intumescence est un désordre physiologique qui peut affecter les feuilles de la plupart des crucifères, mais elle devient un sujet particulier de préoccupation lorsqu'elle affecte les feuilles des pommes de chou.

Symptômes L'intumescence est caractérisée par la présence de petites protubérances verruqueuses qui apparaissent sur l'une ou l'autre des faces des 3 à 10 premières feuilles extérieures de l'enveloppe de la pomme de chou

(8.48). Les protubérances peuvent être plus ou moins rapprochées les unes des autres; parfois elles se rejoignent pour former des zones saillantes de formes irrégulières. L'épiderme peut se rompre à mesure que les cellules plus à l'intérieur de la feuille s'agrandissent, se subdivisent et créent une pression vers l'extérieur (8.49). Les cellules exposées sont blanches au départ et donnent aux protubérances une apparence cristalline. Plus tard, ces tissus brunissent et deviennent liégeux. La marge des feuilles gravement affectées peut aussi sécher et devenir diaphane pendant l'entreposage. Les pertes dues au parage des feuilles affectées peuvent être importantes.

Cause Le problème apparaît à la suite de périodes où le sol est tiède et humide et l'air de la nuit frais et saturé en eau. Dans ces conditions, l'absorption de l'eau par les racines excède la perte d'eau causée par la transpiration. Ces conditions stimulent l'élargissement et la division des cellules de l'hypoderme, ce qui entraîne suffisamment de pression pour rompre l'épiderme. Ce désordre peut aussi être aggravé par l'abrasion par le sable poussé par le vent, les piqûres de thrips (8.50), les résidus d'herbicides et la pollution atmosphérique.

Moyens de lutte Pratiques culturales — Les producteurs doivent éviter l'irrigation excessive durant les périodes où les températures jour-nuit varient de façon importante. L'utilisation de brise-vent pour diminuer l'érosion du sol et lutter contre les thrips contribuent à la prévention du problème.

Références bibliographiques

Sherf, A.F., et A.A. MacNab. 1986. *Vegetable Diseases and Their Control*. 2^e éd. J. Wiley & Sons, New York. 728 pp.

(Texte original de L.S. Bérard)

► Moucheture noire du chou-fleur

Fig. 8.44

La moucheture noire du chou-fleur est un désordre physiologique mineur. On la trouve sur le chou-fleur, principalement chez les cultivars North American Snowball et rarement sur les cultivars originaires d'Europe, du Japon ou de l'Australie. On ne connaît pas les causes de la moucheture noire du chou-fleur, mais il pourrait s'agir de carences minérales. Les symptômes apparaissent sous forme de mouchetures noires et nécrotiques sur les ramifications ou les pédoncules floraux seulement, à l'intérieur de l'inflorescence. Plusieurs couches de cellules sont détruites et se décolorent, ce qui entraîne la formation de lésions noires légèrement déprimées (8.44). Les lésions mesurent 0,5 à 4,0 mm de diamètre. Il n'existe pas de moyens de lutte spécifiques contre cette maladie.

Références bibliographiques

Loughton, A., et J.W. Riekels. 1988. Black speck in cauliflower. *Can. J. Plant Sci.* 68:291-294.

(Texte original de P.D. Hildebrand)

► Tige creuse

Fig. 8.47

La tige creuse est un désordre physiologique commun du brocoli et parfois du chou-fleur.

Symptômes Les symptômes apparaissent à l'intérieur des tiges et habituellement ne sont pas visibles à l'extérieur. De petites fissures elliptiques se forment dans la tige. À mesure que la plante s'approche de la maturité, les fissures peuvent s'agrandir et s'unir, en creusant ainsi la tige (8.47). Dans les

cas graves, la zone creuse peut s'étendre jusque dans la région des fleurons. Habituellement, les tissus à l'intérieur des zones creuses ne subissent pas de changements de coloration, mais le changement de coloration et la pourriture des tissus peuvent survenir peu après la récolte.

Cause Bien que les symptômes soient similaires à ceux d'une carence en bore chez le chou-fleur, le rôle du bore dans la tige creuse n'est pas élucidé. Un équilibre entre les teneurs de bore et d'azote semble être important, mais cette relation n'a pas été clairement définie. Le calcium pourrait aussi être responsable de ce désordre. Les facteurs qui favorisent une croissance rapide des plantes, après l'induction florale, tendent à favoriser la tige creuse.

Moyens de lutte Pratiques culturales — Des méthodes qui maintiennent un taux de croissance régulier doivent être adoptées. Les producteurs doivent éviter une fertilisation azotée excessive, surtout après l'induction florale. Un espacement régulier et rapproché des plantes contribue à maintenir un taux de croissance régulier et réduit grandement l'incidence de la tige creuse. Cependant, lorsque la densité des têtes est trop élevée, la taille des inflorescences peut devenir trop petite. Les brocolis récoltés doivent être refroidis immédiatement afin d'inhiber l'activité bactérienne dans les cavités de la tige.

Cultivars résistants — Certains cultivars sont plus sensibles que d'autres à ce problème, mais aucun n'est complètement résistant. Plusieurs des cultivars hybrides de chou-fleur créés récemment sont très sensibles à la tige creuse.

Références bibliographiques

Scaife, A., et D.C.E. Wurr. 1990. Effects of nitrogen and irrigation on hollow stem of cauliflower (*Brassica oleracea* var. *botrytis*). *J. Hortic. Sci.* 65:25-29.

Shattuck, V.I., et B.J. Shelp. 1987. Effect of boron nutrition on hollow stem in broccoli (*Brassica oleracea* var. *Italica*). *Can. J. Plant Sci.* 67:1221-1225.

Shattuck, V.I., B.J. Shelp, A. Loughton et R. Baker. 1986. Environmental stability of yield and hollow stem in broccoli (*Brassica oleracea* var. *Italica*). *Can. J. Plant Sci.* 66:683-688.

Tremblay, N. 1989. Effect of nitrogen sources and rates on yield and hollow stem development in broccoli. *Can. J. Plant Sci.* 69:1049-1053.

Vigier, B., et J.A. Cutcliffe. 1984. Effect of boron and nitrogen on the incidence of hollow stem in broccoli. *Acta Hortic.* 157:303-308.

(Texte original de P.D. Hildebrand)

TROUBLES DE LA NUTRITION

Malgré une fertilisation optimale en azote, en phosphore et en potassium, les crucifères présentent parfois des symptômes de carence en d'autres éléments minéraux. Des éléments minéraux peuvent être non disponibles dans les sols qui sont alcalins ou trop acides. Le pH des sols sur lesquels se fait la culture des crucifères doit être maintenu entre 5,8 et 6,5 afin de permettre une croissance optimale.

► Carence en bore (coeur brun)

Fig. 8.53 à 8.56

Les crucifères, surtout le chou-fleur, le rutabaga et le navet, sont sensibles à la carence en bore. Les plantes ont besoin de bore afin d'effectuer la translocation des glucides et pour la régulation des hormones de croissance. La carence en bore affaiblit le développement des parois cellulaires qui s'affaissent.

Symptômes Le premier symptôme visible sur le chou-fleur apparaît sur l'inflorescence, sous forme d'une tache ferme, ocre et huileuse (8.53). On peut aussi trouver des plages huileuses sur les tiges à l'intérieur de la pomme. La coloration devient plus foncée et peut s'étendre à toute la pomme, mais l'inflorescence reste ferme (8.54). Les tissus externes de la tige, près de la base de la nervure centrale des pétioles les plus proches de la pomme, peuvent se fendiller, devenir liégeux et brunir. Les cavités qui finalement se forment dans les tissus de la tige brunissent aussi et la pointe des feuilles plus jeunes devient brun clair. L'inflorescence prend un goût amer.

Chez le rutabaga et le navet, la carence en bore survient dans la racine comestible et apparaît d'abord sous forme de zones brunes qui sont dispersées, groupées ou disposées en un patron concentrique (8.55). Le changement de couleur est plus prononcé dans la partie centrale de la racine. Les symptômes sont habituellement confinés aux deux-tiers inférieurs de la racine, mais, dans les cas graves, ils peuvent s'étendre de la base de la racine jusqu'au collet où des cavités peuvent se former (8.56). Les tissus affectés deviennent fibreux ou déformés et développent un goût amer, et ils peuvent subir l'invasion d'organismes secondaires qui causent des pourritures molles. Les racines légèrement affectées n'ont habituellement pas de symptômes externes. Dans les cas graves, les racines restent de petite taille et les tissus racinaires externes deviennent rudes, liégeux ou parcheminés. Les marges des feuilles des plantes fortement affectées sont typiquement chlorotiques; une teinte violacée peut apparaître sur la face inférieure des feuilles.

Cause La carence en bore survient plus couramment dans les sols à texture grossière ou sablonneuse et sujets à un lessivage important, ce qui ne laisse que des concentrations de bore soluble de moins de 0,5 ppm, ou dans des sols dont le pH est supérieur à 7. Lors de longues périodes de sécheresse, le bore est également moins disponible.

Moyens de lutte Pratiques culturales — L'irrigation contribue à prévenir la carence en bore en maintenant un degré d'humidité uniforme dans le sol. Dans les sols carencés, un engrais à base de bore est nécessaire. Dans les sols dont le pH est élevé, seules des pulvérisations foliaires doivent être utilisées. Il est habituellement inutile de faire des applications de bore après l'apparition des symptômes, car il est alors trop tard pour corriger le problème.

Cultivars résistants — Certains cultivars sont plus sensibles que d'autres à ce désordre nutritionnel. Il n'existe pas de cultivars complètement résistants.

Références bibliographiques

- Cutcliffe, J.A., et U.C. Gupta. 1987. Effects of foliar sprays of boron applied at different stages of growth on incidence of brown-heart in rutabagas. *Can. J. Soil Sci.* 67:705-708.
Gupta, U.C. 1979. Boron nutrition of crops. *Adv. Agron.* 31:273-303.
Shattuck, V.I., et B.J. Shelp. 1985. Brown heart in rutabaga. Ontario Ministry Agric. Food. *Factsheet*. 2 pp.

(Texte original de P.D. Hildebrand)

► Carence en magnésium

Fig. 8.57

Le brocoli, le chou, le chou-fleur et le chou frisé sont les cultures de crucifères les plus sensibles à la carence en magnésium. Le chou de Bruxelles et le navet sont moins affectés.

Symptômes Les symptômes de carence en magnésium apparaissent d'abord sur les feuilles âgées sous forme de taches marbrées de chlorose internervale (8.57). La chlorose s'intensifie et peut être accompagnée de marbrures internervales violacées, surtout près de la marge des feuilles. À mesure que la plante approche de la maturité, ces symptômes progressent vers le haut de la plante. Des teintes orange et rouges peuvent aussi apparaître, surtout sur la face inférieure des feuilles. Dans les cas de carence grave en magnésium, seules les très jeunes feuilles demeurent vertes.

Cause Le magnésium est essentiel à la production de chlorophylle dans les plantes. Des carences se produisent couramment dans les sols sablonneux acides.

Moyens de lutte Pratiques culturales — La chaux dolomitique composée de carbonates de calcium et de magnésium peut être appliquée afin de corriger ce problème. La chaux sous cette forme élève en même temps le pH du sol. On peut aussi appliquer le magnésium avec un engrais ou pulvériser des sels d'Epsom (sulfate de magnésium) sur les plantes.

Références bibliographiques

- Scaife, A., et M. Turner. 1983. *Diagnosis of Mineral Disorders in Plants*. Vol. 2. *Vegetables*. H.M. Stationery Office, Londres, 95 pp.

(Texte original de P.D. Hildebrand)

► Carence en molybdène

Fig. 8.58 et 8.59

Parmi les crucifères cultivées, le chou-fleur est le plus sensible à la carence en molybdène, mais les symptômes apparaissent aussi sur le brocoli, le chou de Bruxelles et le chou.

Symptômes Dans les planches de semis, les symptômes de la carence en molybdène apparaissent sur les feuilles sous forme de petites mouchetures foncées qui peuvent être entourées d'un liseré jaune. Sur les jeunes plantes en champ, la carence en molybdène est plus commune lorsque les conditions sont fraîches et humides, et elle peut apparaître sous forme de zones de chlorose internervale qui deviennent plus tard gaufrées. Les plages chlorotiques peuvent aussi prendre une coloration violacée. On observe des symptômes similaires sur les plantes plus âgées, surtout le long de la marge des feuilles qui deviennent épaisses et cassantes (8.58). Les plages chlorotiques deviennent nécrotiques et présentent un contour violacé. La marge des feuilles s'enroule vers le haut, ce qui donne à la feuille la forme d'une tasse. Des carences graves en molybdène empêchent le développement du limbe foliaire en ne laissant que la nervure centrale avec des franges de tissus de chaque côté, ce qui donne à la feuille l'apparence typique du symptôme dit en «queue de fouet» (8.59). Ce symptôme peut être confondu avec des dommages résultant de la nutrition de certaines larves d'insectes.

Cause Le molybdène est essentiel au maintien des chloroplastes et à la réduction des nitrates dans la plante. La disponibilité du molybdène est grandement réduite dans des conditions acides, par exemple lorsque le pH du sol est inférieur à 6,5.

Moyens de lutte Pratiques culturales — Le pH des sols doit être maintenu à 6,5 ou légèrement au-dessus. Du molybdène sous forme de molybdate de sodium peut être intégré au traitement des semences ou ajouté aux pulvérisations foliaires des plants avant la transplantation; on peut l'ajouter à l'eau de

transplantation et dans les pulvérisations foliaires au champ ou le mélanger aux engrais appliqués au sol. Les pulvérisations foliaires peuvent corriger une carence de façon spectaculaire; elles favorisent le rétablissement immédiat des plantes et la reprise de la croissance. Cependant, après l'apparition du symptôme de la «queue de fouet», le problème ne peut être corrigé pendant la saison de croissance en cours.

Cultivars résistants — Certains cultivars sont plus sensibles que d'autres à la carence en molybdène.

Références bibliographiques

Hewitt, E.J., et S.C. Argawala. 1951. Production of "whiptail" in cauliflower grown in sand culture. *Nature (Lond.)* 167:733.

(Texte original de P.D. Hildebrand)

► Carence en soufre

Fig. 8.60

La plupart des crucifères cultivées sont sensibles à la carence en soufre.

Symptômes Les premiers symptômes de carence en soufre apparaissent sous forme de taches diffuses de chlorose internervale sur les plus jeunes feuilles (8.60). Les feuilles peuvent aussi s'enrouler vers le bas, alors qu'elles s'enroulent vers le haut dans le cas de la carence en molybdène. À mesure que la feuille se développe et vieillit, les plages chlorotiques peuvent sécher et devenir ocre et diaphanes.

Cause Le soufre est essentiel à la synthèse des protéines et à la stabilisation de la chlorophylle dans les plantes. La carence en soufre survient habituellement chez les plantes cultivées dans des sols pauvres en matière organique, particulièrement dans les régions éloignées de la pollution au bioxyde de soufre des centres industriels.

Moyens de lutte Pratiques culturales — Les faibles teneurs en soufre des sols peuvent être corrigées en appliquant des engrais à base de soufre ou de gypse (sulfate de calcium).

Références bibliographiques

Scaife, A., et M. Turner. 1983. *Diagnosis of Mineral Disorders in Plants*. Vol. 2. *Vegetables*. H.M. Stationery Office, Londres. 95 pp.

(Texte original de P.D. Hildebrand)

TROUBLES PHYSIOLOGIQUES DE CONSERVATION

Les maladies physiologiques du chou entreposé ne se diagnostiquent pas facilement parce que leurs causes ne sont pas toujours évidentes. La sénescence générale en est un exemple. D'autres peuvent apparaître au début de la période d'entreposage ou lorsque les choux sont encore au champ, et leur progression peut être modifiée par des dommages causés par le gel. Plusieurs désordres caractérisés par des taches de taille et d'intensité variées peuvent être attribués faussement à des agents phytopathogènes.

► Bigarrure nervale

Fig. 8.66

La bigarrure nervale du chou se développe au début de la période d'entreposage. Les symptômes varient d'une saison

à l'autre. Ce problème ne cause souvent que de faibles pertes, mais on observe des symptômes à l'état de traces la plupart des années.

Symptômes La bigarrure nervale est caractérisée par des taches superficielles brunes ou noires sur l'épiderme de la nervure médiane, à la base de la face concave des feuilles pommées externes (8.66); parfois les taches s'étendent sur les nervures latérales. Actuellement, on croit que la bigarrure nervale est une maladie différente de la griselure du limbe parce que les cultivars n'y répondent pas de la même manière et ne réagissent pas de la même façon aux traitements d'entreposage, et parce que les symptômes n'apparaissent pas dans le même secteur de la pomme.

Cause On ne connaît pas les causes exactes de la bigarrure nervale. La coloration brune des cellules est causée par des dépôts de phénols sur les parois cellulaires des cellules de l'épiderme aux endroits où la pruine est mince. Une concentration élevée en nitrates accentue la gravité des symptômes.

Moyens de lutte Pratiques culturales — On évitera d'appliquer un excès d'engrais à base de nitrates. L'entreposage en atmosphère contrôlée réduit habituellement la bigarrure nervale chez la plupart des cultivars, mais pas à chaque année.

Cultivars résistants — Il n'existe pas de cultivars complètement résistants. Les cultivars les moins sensibles ont un moins bon potentiel d'entreposage.

Références bibliographiques (voir griselure du limbe, dans le présent chapitre)

Bérard, L.S., M.A. Dubuc-Lebreux et J. Vieth. 1987. Étude histologique de la bigarrure nervale, de la griselure du limbe et de la médiane noire, trois désordres du chou en entrepôt. *Can. J. Plant Sci.* 67:321-329.

(Texte original de L.S. Bérard)

► Griselle du limbe

Fig. 8.64

La griselle du limbe peut être présente sur les choux au moment de la récolte, mais les symptômes se développent principalement au début de l'entreposage. Cette maladie peut facilement être confondue avec la moucheture noire.

Symptômes La coloration grisâtre des cellules épidermiques près de la base et sur la face convexe des feuilles pommées externes est un signe typique de ce problème. La coloration grise résulte de l'épaississement de la pruine des feuilles. En réalité, les cellules sous-jacentes sont brunes à cause des dépôts de phénols sur les parois cellulaires. Les lésions mesurent 1 à 3 mm de diamètre; elles sont éparées ou elles peuvent s'unir pour former des plages irrégulières de tailles variées dans les zones internervales, mais souvent le long des plus grosses nervures (8.64). Les lésions peuvent s'étendre et entourer les cellules stomatiques, mais n'ont pas les stomates pour origine. Les lésions ne sont pas déprimées comme dans le cas de la moucheture noire.

Cause Des sols lourds, un pH acide du sol ou un excès de nitrate ont été mis en cause dans ce désordre. Des teneurs faibles en manganèse couplées à des teneurs élevées en zinc ont été trouvées dans les tissus atteints des cultivars sensibles.

Moyens de lutte Pratiques culturales — Les producteurs doivent éviter l'application excessive de nitrates au sol pendant la croissance et récolter le chou après quelques gelées

automnales. Le maintien du pH du sol aux alentours de 6,5, l'apport adéquat de matière organique dans le sol et la rotation des cultures contribuent à produire des choux qui ont une bonne qualité de conservation. L'entreposage en atmosphère contrôlée réduit la griselure du limbe chez de nombreux cultivars de chou, mais pas chez le cultivar April Green.

Cultivars résistants — Polinius, Houston Evergreen, Hidena, Slawdena et Green Winter sont des cultivars de longue durée de conservation.

Références bibliographiques

Bérard, L.S., B. Vigier, R. Crête et M. Chiang. 1985. Cultivar susceptibility and storage control of grey speck disease and vein streaking, two disorders of winter cabbage. *Can. J. Plant Pathol.* 7:67-73.

(Texte original de L.S. Bérard)

► Médiane noire

Fig. 8.61

La médiane noire peut être présente sur le chou à la récolte, mais généralement elle se développe peu après que les pommes ont été entreposées.

Symptômes La médiane noire apparaît d'abord sous forme de taches diffuses dans la chair parenchymateuse de la nervure médiane, à la base de la nervure médiane, sur la face convexe des feuilles pommées externes. Une coloration noire et uniforme se développe par la suite; elle peut s'étendre sur plus de 10 cm vers le haut de la nervure médiane (8.61). Lorsque cette maladie est grave, l'épiderme et le parenchyme sous-jacent sont détruits, ce qui crée une grande lésion déprimée sur la nervure médiane. La médiane noire n'affecte parfois que les feuilles centrales de la pomme. Les symptômes ne s'étendent pas au-delà de la ligne d'abscission entre la feuille et la tige principale.

Cause On ne connaît pas la cause exacte de la médiane noire. La différence de sensibilité des cultivars à cette maladie donne à penser qu'il serait d'ordre génétique; l'occurrence sporadique, d'une année à l'autre, suggère que des facteurs environnementaux en seraient responsables.

On impute la médiane noire à des dépôts de phénols sur les parois celluloses et à un contenu en potassium de moins de 1 % de la matière sèche dans les tissus de la nervure médiane au moment de la récolte. Une fertilisation azotée excessive favorise le développement de la maladie. L'exposition au froid en champ peut réduire la gravité des symptômes. L'entreposage en atmosphère contrôlée peut favoriser les symptômes sur les feuilles médianes.

Moyens de lutte Pratiques culturales — Les producteurs doivent maintenir la fertilité du sol à un niveau adéquat, récolter le chou après quelques gels légers, ne pas entreposer les cultivars sensibles en atmosphère contrôlée, enlever les feuilles pommées externes qui sont atteintes et rechercher la présence de symptômes de taches à l'intérieur des pommes lors des vérifications ponctuelles.

Cultivars résistants — Les cultivars Bartolo, Hidena, Decema Extra, Houston Evergreen, Polinius et Slawdena sont tolérants à la médiane noire.

Références bibliographiques

Bérard, L.S., B. Vigier et M.A. Dubuc-Lebreux. 1986. Effects of cultivar and controlled atmosphere storage on the incidence of black midrib and necrotic spot in winter cabbage. *Phytoprotection* 67:63-73.

(Texte original de L.S. Bérard)

► Moucheture noire du chou (nécrose tachetée, tacheture noire)

Fig. 8.62 et 8.63

La moucheture noire du chou est une maladie d'entreposage qui parfois entraîne des pertes importantes. Elle est différente de la tache noire des feuilles, bactériose qui affecte plusieurs crucifères cultivées, et de la nécrose noire du chou-fleur, qui est un trouble physiologique.

Symptômes Il existe deux types de moucheture noire du chou sur le chou. Le type I affecte les feuilles vertes externes de la pomme, à la récolte ou au début de l'entreposage (8.62). Le type II, désigné plus spécifiquement moucheture noire de la sénescence, affecte les feuilles médianes jaune pâle après le vieillissement du chou en entrepôt (8.63). La moucheture noire du chou est caractérisée par la destruction et le noircissement des cellules de garde et des cellules épidermiques adjacentes aux stomates, ce qui provoque l'apparition de taches noires en piqure d'épingle de moins de 1 mm de diamètre, éparses, souvent fortement déprimées sur les deux faces des feuilles de la pomme de chou.

Cause On ne connaît pas les causes de la moucheture noire du chou. Des températures d'entreposage trop basses peuvent favoriser ces symptômes. La moucheture noire du chou est aussi reliée à une forte salinité du sol; elle est favorisée par l'irrigation en périodes d'évapotranspiration élevée. On a identifié un déséquilibre minéral dans les tissus, surtout quand le cultivar tend à accumuler le cuivre, le zinc ou le nickel excédentaires. On a aussi attribué la nécrose des cellules à une brûlure causée par les sels résultant de l'évaporation des gouttelettes de guttation. Des taux élevés d'engrais et un pH du sol acide peuvent aggraver le problème.

Moyens de lutte Pratiques culturales — Une fertilisation adéquate du sol et un pH entre 6,0 et 6,8 doivent être maintenus. Des applications foliaires de chlorure de potassium peuvent contribuer à réduire ce problème. Les choux destinés à un long entreposage ne doivent pas être enveloppés d'une pellicule de plastique ou enrobés dans un «biopolymère». Les cultivars sensibles doivent être entreposés entre 3 et 4°C au lieu de 0 à 1°C. L'entreposage en atmosphère contrôlée réduit la moucheture noire du chou.

Cultivars résistants — Des cultivars résistants à la moucheture noire du chou sont disponibles.

Références bibliographiques

Cox, E.F. 1977. Pepper spot in white cabbage - a literature review. *ADAS Q. Rev.* 25:81-86.

(Texte original de L.S. Bérard)

► Tache nécrotique

Fig. 8.65

La tache nécrotique est une maladie d'entreposage mineure.

Symptômes Il existe deux types de tache nécrotique. Le type I apparaît sur les feuilles ou sur les nervures médianes, sous forme de lésions noires uniformément espacées (8.65), qui mesurent de 1 à 5 mm de diamètre. Les lésions sont mal définies au départ, mais deviennent bien circonscrites et déprimées à mesure que les cellules de l'épiderme et du parenchyme s'affaissent. Le type II apparaît sous forme de taches ou de cavités de tailles semblables, dans la moelle de la tige principale. Les lésions de la tache nécrotique sont plus grandes que celles de la moucheture noire, mais plus petites que celles de la plage noire; elles ne sont pas confinées aux feuilles du dessus de la pomme comme dans le cas de la plage noire.

Cause On ne connaît pas les causes de la tache nécrotique. Ce problème varie en fonction des cultivars et des saisons.

Moyens de lutte Pratiques culturales — L'entreposage en atmosphère contrôlée tend à favoriser la tache nécrotique sur les cultivars Superslaw, Danish Ballhead, Quick-Green Storage et Hitoma.

Cultivars résistants — Des cultivars résistants sont disponibles.

Références bibliographiques

Bérard, L.S., B. Vigier et M.A. Dubuc-Lebreux. 1986. Effects of cultivar and controlled atmosphere storage on the incidence of black speck and necrotic spot in winter cabbage. *Phytoprotection* 67:63-73.

(Texte original de L.S. Bérard)

► Troubles causés par le gel

Fig. 8.67 à 8.71

- Couperose noire
- Engelure interne
- Plage blanchie
- Plage noire
- Soulèvement épidermique

Les choux destinés à l'entreposage sont habituellement récoltés à la fin de l'automne après exposition au gel. Bien que les tissus du chou gèlent à $-0,8^{\circ}\text{C}$, ils peuvent tolérer quelques cycles de congélation-décongélation s'ils ne subissent pas de chocs mécaniques. Cependant, les taux de refroidissement et de décongélation et l'intensité des températures de congélation peuvent affecter la structure et le métabolisme des tissus, ce qui entraîne des troubles physiologiques au champ ou plus tard pendant l'entreposage.

Couperose noire Il s'agit d'un désordre superficiel de la feuille qui se développe pendant l'entreposage et qui est probablement causé par des gelées automnales précoces. Des taches individuelles se développent et s'unissent pour former des plages tachetées. Les taches sont rondes, mesurent 1 à 3 mm de diamètre et montrent un centre plus foncé en piqûre d'épingle et un halo grisâtre ou brun délimité par une ligne noire (8.67). On observe habituellement les taches sur la face convexe de la feuille ou de la nervure médiane, près de l'équateur de la pomme ou dans la moitié inférieure.

Engelure interne Cet accident est causé par un gel d'une durée de plus de 24 heures au champ ou en entrepôt. Les dommages sont souvent irréversibles. Après le dégel, les tissus foliaires ont une apparence vitreuse sur plusieurs couches d'épaisseur. Les tissus externes gardent souvent leur apparence saine. Les pommes lâches peuvent devenir spongieuses et s'affaisser. Une odeur fétide envahit les chambres d'entreposage. Les tissus internes des pommes affectées deviennent ocre ou rougeâtres et peuvent, par la suite, sécher et prendre une texture diaphane (8.71). Une zone foncée délimite habituellement les zones affectées. Les choux exposés à des gels intenses perdent leur dormance et entrent en sénescence plus rapidement. Des symptômes similaires à ceux de l'engelure interne peuvent survenir en atmosphère contrôlée si le chou est exposé à des niveaux anormalement faibles d'oxygène ou à des niveaux élevés de bioxyde de carbone.

Plage blanchie Des zones rondes à triangulaires, grandes et blanches (8.70) apparaissent sur les feuilles exposées du

dessus de la pomme de chou après des gels intenses au champ.

Plage noire Cette maladie apparaît après plusieurs mois d'entreposage, sous forme de grandes plages noires internervales et nécrotiques qui mesurent 1 à 5 cm de diamètre sur les feuilles du dessus du chou (8.68).

Soulèvement épidermique Ce phénomène peut apparaître lors de gel et dégel répétitifs des feuilles externes de la pomme. L'épiderme blanchit après s'être détaché du parenchyme sous-jacent et prend une apparence boursoufflée (8.69). Ce symptôme apparaît d'abord sur l'épiderme des nervures de la face concave des feuilles pommées externes. Lors de gels intenses, un soulèvement épidermique peut se produire sur l'épiderme des nervures de la face convexe, dans les zones internervales des deux faces et sur les feuilles plus à l'intérieur de la pomme. Certains symptômes bien évités au champ peuvent disparaître pendant l'entreposage à mesure que les feuilles fanent.

Moyens de lutte Pratiques culturales — On doit choisir des cultivars qui atteignent leur maturité pendant la saison de croissance et éviter les transplantations tardives. Si possible, la culture doit être récoltée avant l'arrivée de gels intenses. Si la culture a été exposée au gel, on doit laisser dégeler les pommes complètement avant de les récolter, car les chocs mécaniques doivent être évités. Les producteurs doivent contrôler les feuilles à l'intérieur de la pomme pour détecter la vitescence à la récolte. Pour l'entreposage à long terme, surtout en atmosphère contrôlée, les producteurs doivent choisir des lots qui n'ont pas été exposés au gel. Les choux qui ont subi des dommages superficiels par le gel et qui montrent des symptômes de soulèvement épidermique à la récolte ne doivent pas être entreposés à long terme. Les feuilles externes de la pomme atteintes par la couperose noire ou la plage noire peuvent être parées après l'entreposage. Les chambres d'entreposage doivent être ventilées et maintenues à une température constante, légèrement au-dessus de 0°C (la température en entrepôt à atmosphère contrôlée est de 3°C) et à un degré élevé d'humidité.

Références bibliographiques

Isenberg, F.M.R. 1979. Controlled atmosphere storage of vegetables. *Hortic. Rev.* 1:337-395.

(Texte original de L.S. Bérard)

► Autres troubles physiologiques de conservation

- Dormance
- Éthylène
- Maturité

Dormance Lors de la récolte, le bourgeon apical dans la pomme est dormant. Pendant la période d'entreposage, la dormance est levée graduellement et les bourgeons latéraux et le méristème apical à l'intérieur de la pomme commencent à croître. Les feuilles externes de la pomme se vident de leurs réserves métaboliques et commencent à faner, jaunissent ou brunissent et deviennent diaphanes. On peut aussi observer l'abscission des feuilles pommées externes. Ces symptômes de sénescence généralisée surviennent habituellement tard dans la période d'entreposage. À ce moment, les choux deviennent très sensibles à la pourriture.

Éthylène Un jaunissement important et l'abscission des feuilles situées profondément à l'intérieur de la pomme sont des symptômes d'exposition à l'éthylène au début de la période d'entreposage. Des concentrations d'éthylène aussi faibles que 1 ppm sont suffisantes pour accélérer la sénescence naturelle des pommes de chou entreposées. Le chou ne doit pas être entreposé avec des fruits qui produisent de l'éthylène, comme les pommes. L'air à l'intérieur de l'entrepôt doit être renouvelé périodiquement. Dans les entrepôts à atmosphère contrôlée, les concentrations d'oxygène et de bioxyde de carbone doivent être maintenues à 3 et 5 %, respectivement, afin d'inhiber l'effet de l'éthylène.

Maturité Les choux d'hiver qui sont destinés à de longues périodes d'entreposage doivent être récoltés au stade de maturité approprié. Les pommes immatures à la récolte restent habituellement vertes en entreposage et deviennent souvent flasques parce qu'elles perdent facilement de l'eau. Les pommes de chou dont la maturité est trop avancée peuvent se reconnaître à leur blancheur ou à leur teinte jaune verdâtre; leurs feuilles externes peuvent être rougeâtres ou blanchies à la suite de dommages causés par le gel (voir troubles causés par le gel). La sécante transversale des nervures, l'abscission des feuilles et l'éclatement de la pomme, de façon naturelle ou à la suite d'un choc mécanique, sont aussi des signes de maturité avancée de la pomme de chou.

(Texte original de L.S. Bérard)

NÉMATODES

► Nématode cécidogène du nord (nématode à galles du nord)

Fig. 6.35

Meloidogyne hapla Chitwood

Symptômes Les crucifères sont habituellement moins affectés que les autres cultures maraîchères et considérés comme tolérants ou résistants. Sur les racines, il peut être difficile de voir les galles très petites et sphériques. Lors de fortes infestations, la maturité est retardée et les rendements réduits. Pour la description complète et les stratégies de lutte, voir Carotte; voir aussi chapitre 3, Lutte contre les nématodes.

► Nématode des lésions racinaires (nématode des racines)

Fig. 16T4

Pratylenchus penetrans (Cobb) Filip. & Stek.

Symptômes Les symptômes tels que le flétrissement et le rabougrissement se présentent sous forme d'îlots lors de graves infestations; les feuilles jaunissent. Les racines secondaires sont nécrosées et couvertes de zones sèches. Pour la description complète, voir Pomme de terre; voir aussi chapitre 3, Lutte contre les nématodes.

► Nématodes ectoparasites

Paratrichodorus allii (Jensen) Siddiqi
Paratrichodorus pachydermus (Seinhorst) Siddiqi
Paratrichodorus spp.
Trichodorus spp.

Ce groupe de nématodes n'est pas bien établi au Canada; ils ne causent que des dommages légers dans certains jardins potagers du sud de l'Alberta.

Symptômes Les plantes affectées sont chétives et chlorotiques. Les racines prolifèrent anormalement, mais ne grandissent plus en longueur et les extrémités sont quelque peu renflées. Pour la description complète, voir Pomme de terre; voir aussi chapitre 3, Lutte contre les nématodes.

► Nématode de la betterave (nématode à kyste de la betterave)

Fig. 5.14 et 5.15

Heterodera schachtii Schmidt

Ce nématode attaque la plupart des crucifères cultivées telles que le brocoli, les choux de Bruxelles, le chou, le chou-fleur, le chou frisé, le chou-rave, le radis, le rutabaga et le navet.

Symptômes Les dommages sont particulièrement visibles sous forme d'îlots là où le nombre de nématodes est élevé. Les plantes infectées sont chétives et les feuilles extérieures flétrissent, jaunissent prématurément et meurent. Les feuilles du cœur sont plus nombreuses que la normale, mais plus petites. Les racines pivotantes sont courtes et atrophiées et le développement des racines latérales est excessif, ce qui donne à la racine pivotante une apparence chevelue. L'été, on peut observer des kystes bruns ou blancs, de la taille d'une tête d'épingle sur les racines lavées, surtout à l'aisselle des racines. Voir Betterave; voir aussi chapitre 3, Lutte contre les nématodes.

INSECTES

► Altises

Fig. 8.99 à 8.103; 10.20 et 10.21

Altise des crucifères *Phyllotreta cruciferae* (Goeze)
Altise des jardins *Phyllotreta robusta* LeConte
Altise des navets *Phyllotreta striolata* (Fabricius)
Altise du chou *Phyllotreta albionica* (LeConte)
Altise du houblon *Psylliodes punctulata* Melsheimer
Altise du raifort *Phyllotreta armoraciae* (Koch)

Ces altises attaquent surtout les crucifères et se nourrissent au Canada sur le brocoli, le chou, le chou chinois, le chou de Bruxelles, le chou frisé, le chou-rave, le navet, le raifort, le radis et le rutabaga. Elles se nourrissent aussi sur le canola, la moutarde et les crucifères adventices.

L'altise du chou est originaire de l'Amérique du Nord. Elle se retrouve de la Colombie-Britannique jusqu'au Manitoba.

L'altise des crucifères a été introduite d'Europe sur la côte ouest de l'Amérique du Nord, au début des années vingt. Elle était abondante dans les Provinces des Prairies à la fin des années trente et au début des années quarante et s'est répandue vers l'est pour atteindre l'Ontario en 1954 ainsi que le Québec et le Nouveau-Brunswick un peu plus tard. Elle est devenue l'altise la plus commune dans les champs de canola, surtout dans la partie la plus méridionale de la région de culture du canola, et elle est l'altise prédominante sur les crucifères à peu près partout dans le sud du Canada.

L'altise du houblon est indigène et sporadique à peu près partout au Canada. Elle se nourrit sur une grande variété de crucifères et sur d'autres cultures comme la betterave potagère, le houblon (voir Fines herbes et épices) et la rhubarbe.

L'altise des navets a été introduite en Amérique du Nord, probablement avant 1800. Au début des années mil neuf cent, elle était abondante des Provinces Maritimes jusqu'en Colombie-Britannique. On a longtemps estimé que c'était la plus abondante et la plus fréquente des altises des légumes maraîchers. En Saskatchewan, elle n'est abondante qu'à la limite nord de la zone agricole. Les adultes de l'altise des navets ont peu de préférence alimentaire, mais favorisent pour la ponte de leurs oeufs la plante sur laquelle ils se sont développés.

Les autres altises phytophages des crucifères, comme l'altise des jardins et l'altise du raifort, sont des ravageurs occasionnels et sporadiques au Canada. L'altise du raifort se nourrit principalement sur le raifort (voir Fines herbes et épices).

Dommages Lors d'infestations importantes, des populations de 800 à 1200 altises par m² sont fréquentes. La grande partie des dommages causés aux crucifères se produisent lorsque les adultes hivernants se nourrissent sur les cotylédons (8.99) et les premières vraies feuilles sur de jeunes plantes au début du printemps. En rongant la tige sous la surface du sol, elles peuvent entraîner de fortes pertes après l'émergence des plantules. Les cultures semées en plein champ sont particulièrement vulnérables. Lorsqu'elles se nourrissent, les altises grignotent de petits trous ronds dans les cotylédons et les jeunes feuilles, ce qui confère aux plantes une apparence criblée (8.100 et 8.102; 10.21). Une infestation importante peut détruire une jeune culture et nécessiter un nouveau semis, particulièrement par temps chaud et sec. Les dommages sont plus importants dans les sols légers et sablonneux.

Les crucifères repiquées sont plus tolérantes que les plantes semées en plein champ; cependant, de jeunes plants fraîchement repiqués peuvent être détruits lors de périodes de forte activité de nutrition des adultes (8.101) par temps chaud et sec. Ces périodes de forte activité ont un impact négatif sur les rendements parce que la vigueur des plantes est compromise et que la maturation est retardée et inégale. Lorsque les plantes ont atteint le stade six à huit feuilles et mesurent plus de 15 cm, seule une défoliation sévère affecte le poids des pommes et des inflorescences ainsi que la qualité (8.103). À ce stade, les plantes sont bien établies et plus aptes à réagir à la perte de surface foliaire.

Lorsque les larves d'altises réussissent à se nourrir sur les racines du radis et du rutabaga, l'apparence et la valeur marchande de ces cultures sont affectées, tandis que les dommages aux racines ne représentent pas un problème sérieux dans les cultures de choux. Dans les cultures de radis et de rutabagas, les blessures causées par les larves d'altises peuvent être masquées par la présence de la mouche du chou.

Le temps chaud et sec favorise le développement des altises et l'apparition de nouvelles générations d'adultes. Les adultes nouvellement émergés peuvent causer des dommages importants aux cultures de l'année en cours et aux cultures

de l'année suivante. Un printemps long et froid et des pluies abondantes en mai ou en juin tendent à diminuer l'importance des dommages et des pertes économiques.

On ne croit pas que les altises des crucifères soient des ravageurs importants en Colombie-Britannique ou dans les Provinces Maritimes, mais elles peuvent compromettre sérieusement la production de crucifères maraîchers en Ontario et dans les Provinces des Prairies où la lutte contre ces insectes est essentielle dans plusieurs régions, et ce presque chaque année. En Alberta, les altises sont responsables de la réduction des plantations et de pertes de rendement chez le chou pommé et vraisemblablement aussi chez d'autres choux cultivés. Au Québec, les attaques des altises sont plus sporadiques sur les cultures de crucifères et, bien que des dommages occasionnels soient notés, il est rare que l'on ait recours aux pulvérisations foliaires.

Au Canada, il n'existe pas de preuves que les altises transmettent des maladies aux crucifères, mais une recherche menée dans l'État de New York indique que l'altise des crucifères pourrait être un vecteur de la bactérie responsable de la nervation noire. Les espèces des genres *Phyllotreta* et *Psylliodes* sont des vecteurs reconnus du virus de la mosaïque du navet en Europe.

Identification Les altises adultes (8.99 et 10.20) (Chrysomélidae) sont petites, mesurent 2 à 3 mm de longueur, ont des élytres foncés et luisants et les segments des pattes arrière développés (fémurs). Certaines espèces ont des rayures jaunes sur les ailes antérieures (élytres). Les adultes sautent lorsqu'ils sont dérangés. Il faut attendre que la larve ait atteint le stade adulte avant de pouvoir en identifier l'espèce et il vaut mieux consulter un expert.

Biologie Les altises phytophages des crucifères sont bien adaptées au climat canadien. La mortalité hivernale est habituellement faible, mais parfois leur nombre est réduit de façon importante après plusieurs hivers rigoureux successifs. Au Canada, on estime que toutes les altises qui se nourrissent sur les crucifères ont un cycle évolutif semblable et produisent une génération par année. Les adultes hivernent sous les feuilles mortes ou parfois dans le sol et on en retrouve le long des clôtures, des brise-vent, à la périphérie des champs et moins souvent dans les champs cultivés. L'émergence à partir des aires d'hivernage commence dès la première période prolongée de temps chaud au printemps et culmine à la mi-mai. Les adultes se nourrissent de crucifères adventices et de repousses de canola et migrent vers les crucifères cultivées dès que ces dernières émergent du sol. Les oeufs sont pondus dans le sol, près des racines des plantes-hôtes et parfois sur les racines, de la fin de mai jusqu'au début de juillet.

Les larves se nourrissent sur les racines des plantes-hôtes. Les stades de prépupe et de puppe se retrouvent dans le sol, à l'intérieur d'une cellule faite de terre, et les adultes émergent à la fin de juillet. Les altises se nourrissent sur n'importe quelle crucifère présente et cherchent des sites d'hivernation à la fin de septembre et au début d'octobre. Le cycle évolutif, de l'oeuf à l'adulte, ne prend parfois que sept semaines, ce qui permet l'apparition d'une deuxième génération certaines années.

La température joue un rôle déterminant dans l'activité des altises et l'étendue des dommages causés aux cultures. Les adultes sont très actifs par temps chaud et venteux au printemps et à l'automne. Les vols ont lieu à des températures supérieures à 20°C et les adultes envahissent alors les champs cultivés. Les altises se nourrissent le plus activement

par temps ensoleillé, chaud et sec. Le temps frais et humide ralentit l'activité des adultes qui alors se nourrissent moins voracement; par temps inclément, ils s'abritent dans les crevasses et fissures du sol. Ils préfèrent attaquer les plantes et le feuillage exposés en plein soleil, comme les plantules, les plantes isolées ou les plantes largement espacées. L'ombre semble inhiber leur activité.

Moyens de lutte Dépistage — Que les infestations soient inégales ou sporadiques, chaque année la plupart des champs sont menacés dans les régions où l'on trouve de grandes superficies de crucifères maraîchères. Une moyenne de 75 altises par plante entraîne des dommages importants aux cultures de choux à maturité. Comme les altises se déplacent rapidement et se laissent tomber des plantes dès qu'elles sont dérangées, il est difficile de les recenser précisément. La meilleure façon d'évaluer les dommages est de chercher des perforations sur les feuilles, symptomatiques des dégâts causés par les adultes qui se nourrissent sur les plantes ou sur les cotylédons des plantules émergées.

Pratiques culturales — Des semis tardifs ou différés et des taux élevés pour les semis sans façons culturales réduisent les dommages causés par les altises. Il faut éliminer les adventices et les repousses de crucifères avant l'émergence de la culture et le repiquage des plants. L'arrosage des plantes par aspersion, par temps chaud et sec, entraîne la noyade des altises adultes au moment où elles sont le plus actives. Les tapis de trèfle, les polycultures maraîchères et les cultures intercalaires de tagètes réduisent généralement les populations d'altises phytophages des crucifères, mais au prix d'une plus grande compétition et de rendements réduits. Des paillis en fibres de polyester ou d'autres matériaux de plastique, servant de couverture dans les cultures de chou, de radis et de rutabagas, réduisent les dommages causés par les altises et favorisent une maturité précoce de la culture; cependant, ces paillis favorisent l'apparition de maladies et de mauvaises herbes.

Cultivars résistants — Il existe des différences entre les cultivars quant à la sensibilité chez le radis. De même, le chou chinois à feuilles foncées subit moins de dommages par l'altise des navets que les cultivars à feuilles pâles. En général, les altises phytophages des crucifères causent moins de dommages aux cultivars dont les parties comestibles sont protégées par une épaisse efflorescence (pruine).

Lutte biologique — Les altises phytophages des crucifères ont peu d'ennemis naturels, tels que des prédateurs, des parasites et des organismes pathogènes, et ceux qui existent sont peu aptes à abaisser le niveau des populations sous le seuil de rentabilité. Une guêpe européenne, le *Townesilitus bicolor* (Wesmael) (syn. *Microctonus bicolor*), a été introduite au Manitoba durant la période 1978-1983, mais elle ne semble pas s'être établie.

Lutte chimique — On a habituellement recours aux traitements chimiques dès les premiers signes de dommages, comme des perforations sur les cotylédons. Le brocoli et les autres choux pommés doivent être protégés contre les dommages esthétiques s'ils sont cultivés près de champs de canola. On utilise des insecticides granulaires afin de protéger les cultures semées sans façons culturales et on commence habituellement les traitements foliaires dès l'apparition de perforations sur les feuilles. Pour une plus grande

efficacité et une meilleure couverture, on recommande d'effectuer les pulvérisations à grand volume d'eau tôt le matin ou en fin de journée lorsque l'évaporation et le vent sont faibles.

Références bibliographiques

- Cutcliffe, J.A. 1975. Effect of plant spacing on single-harvest yields of several broccoli cultivars. *HortScience* 10:417-419.
- Kinoshita, G.B., H.J. Svec, C.R. Harris et F.L. McEwen. 1979. Biology of the crucifer flea beetle, *Phyllotreta cruciferae* (Coleoptera: Chrysomelidae), in southwestern Ontario. *Can. Entomol.* 111:1395-1407.
- Vincent, C., et L. Burgess. 1985. A bibliography relevant to crucifer-feeding flea beetle pests in Canada/Bibliographie sur les altises phytophages des crucifères au Canada. *Agric. Can. Tech. Bull.* 22. 31 pp.

(Texte original de J.J. Soroka)

► Autographe de la luzerne

Fig. 8.72

Autographa californica (Speyer)

On trouve l'autographe de la luzerne dans l'ouest du Canada où elle provoque des infestations sporadiques dans le sud de l'Alberta et de la Colombie-Britannique et où elle peut être plus importante que la fausse-arpenteuse du chou sur les cultures de crucifères.

Les larves font des trous déchiquetés dans les feuilles de la plupart des cultures maraîchères et parfois défolient ces dernières.

Identification Ce papillon nocturne (Noctuidae) pond des oeufs jaunes. Comme la fausse-arpenteuse du chou, la larve (8.72) a trois paires de lignes blanches, étroites et ondulées sur le dos et une large bande blanche latérale. Cependant, chez l'autographe de la luzerne, la ligne latérale s'étend jusqu'aux bords inférieurs des stigmates, la tête est vert brunâtre et exhibe une ligne noire au milieu des yeux; il n'y a pas de pattes sur les segments abdominaux trois et quatre des deux espèces (8.72 et 8.77)

Biologie On observe habituellement deux ou trois générations par année dans le sud de la Colombie-Britannique. Les chrysalides hivernent dans les résidus de culture. Les adultes émergent tôt au printemps et sont actifs la nuit. Ils volent sur de longues distances et les populations locales augmentent avec l'arrivée de migrants venant du sud. Les oeufs sont pondus directement sur les plantes-hôtes.

Moyens de lutte Dépistage — Des pièges à phéromones sont utilisés pour dépister les papillons de l'autographe de la luzerne, mais les seuils d'intervention pour la lutte chimique n'ont pas été établis au Canada.

Références bibliographiques

- Lafontaine, J.D., et R.W. Poole. 1991. Noctuoidea, Noctuoidea (part). Dans R.B. Dominick *et al.*, eds. *The Moths of America North of Mexico*. E.W. Classey Ltd., Faringdon, Angleterre. Fasc. 25.1. 182 pp.

(Texte original de H.S. Gerber et J.A. Garland)

► Chrysomèle du navet

Fig. 8.117 à 8.119

Entomoscelis americana Brown

La chrysomèle du navet est originaire des plaines du centre de l'Amérique du Nord entre les 45 et 68° parallèles de latitude nord. Au Canada, elle est particulièrement abondante dans le nord des Provinces des Prairies et se retrouve au centre de la Colombie-Britannique au sud du 55° parallèle de latitude nord. La chrysomèle du navet est un ravageur occasionnel des crucifères cultivées que l'on retrouve surtout dans les jardins potagers. Les larves et les adultes de la

chrysomèle du navet se nourrissent sur des crucifères telles que le canola, la moutarde, les cultures maraîchères et les mauvaises herbes.

Dommages Les dommages typiques se traduisent par la présence d'un nombre considérable de chrysomèles qui détruisent complètement la culture, et sont particulièrement sérieux en juin alors que les adultes nouvellement émergés migrent à partir des champs où ils infestaient précédemment les crucifères cultivées et adventices. Les chrysomèles nouvellement émergées ne volent pas, mais se déplacent en grand nombre sur plusieurs centaines de mètres à la recherche de nourriture. L'arrivée de centaines de chrysomèles peut rapidement dévaster les crucifères dans les jardins potagers.

Identification Les adultes (8.117) de la chrysomèle du navet (*Chrysomelidae*) sont grands, mesurent environ 10 mm de longueur et 5 mm de largeur et sont ornés de bandes noires et rouges, larges et longitudinales sur les ailes antérieures (élytres). Les oeufs sont bruns et mesurent environ 1,5 mm de longueur. Les larves (8.118) sont ridées et noir terne, et mesurent 1 à 2 mm de longueur au moment de l'éclosion et 10 à 15 mm de longueur à pleine maturité. Les nymphes sont orange et mesurent 6 à 10 mm de longueur (8.119).

Biologie La chrysomèle du navet produit une génération par année. Les oeufs sont séparés ou en petites masses et hivernent à la surface ou près de la surface du sol, sous les mottes de sol ou les résidus de culture. Les larves éclosent tôt au printemps, de la fin de mars jusqu'au début de mai, et le développement des larves est normalement complété à la fin de mai. La nymphose, qui dure environ deux semaines, s'effectue dans le sol. Les adultes émergent durant les trois premières semaines de juin. Ils se nourrissent brièvement, puis entrent en diapause pendant environ un mois et réapparaissent à la fin de juillet et en août. Ils volent, se nourrissent, s'accouplent et pondent leurs oeufs jusqu'à la fin d'octobre ou jusqu'au début de la saison froide, puis meurent.

Moyens de lutte Dépistage — Les champs de chaumes de canola et les autres sources d'infestation près de cultures de crucifères maraîchères ou des jardins potagers doivent subir un dépistage en juin lorsque les chrysomèles adultes du navet sont facilement visibles.

Pratiques culturales — Le travail du sol à l'automne et au printemps dans les champs infestés tue les oeufs de la chrysomèle du navet. La lutte contre les mauvaises herbes, au printemps, élimine les repousses de canola et les autres crucifères hôtes.

Lutte biologique — On ne connaît aucun parasite de la chrysomèle du navet et les incidences de prédation et de maladies sont très faibles.

Lutte chimique — Les chrysomèles du navet se nourrissent aussi sur les crucifères adventices et ont par conséquent une action bénéfique, de sorte qu'on ne conseille pas de recourir à la lutte chimique. Cependant, lorsqu'un grand nombre d'adultes de la chrysomèle du navet envahissent une culture de crucifères, les traitements insecticides sur la zone infestée sont efficaces.

Références bibliographiques

- Gerber, G.H. 1982. A pest management system for the red turnip beetle on rapeseed and canola. *Can. Agric.* 27(3):8-11.
Gerber, G.H. 1989. The red turnip beetle, *Entomoscelis americana*

(Coleoptera: Chrysomelidae), distribution, temperature adaptations, and zoogeography. *Can. Entomol.* 121:315-324.

(Texte original de W.J. Turnock)

► Fausse-arpenteuse du chou

Trichoplusia ni (Hübner)

Fig. 8.75 à 8.80; 3.22 à 3.24

La fausse-arpenteuse du chou est un ravageur important des cultures de crucifères en Ontario. Elle est moins importante dans les régions méridionales de l'est et du centre du Canada et en Colombie-Britannique. Elle ne constitue pas une menace pour les cultures de crucifères à Terre-Neuve. En Colombie-Britannique, l'autographe de la luzerne la surpasse en importance (voir Autres insectes, dans le présent chapitre).

La fausse-arpenteuse du chou n'hiverné pas en grand nombre au Canada. La plupart des infestations débutent par des invasions de papillons nocturnes en provenance du sud en juillet et en août. Dans la plupart des régions, il n'y a qu'une génération par année, mais trois générations peuvent se développer dans les régions plus chaudes du sud-ouest de l'Ontario.

Les principales plantes-hôtes de la famille des crucifères sont le brocoli, le chou, le chou de Bruxelles et le chou-fleur. Les autres plantes-hôtes sont la betterave, le céleri, l'épinard, la laitue, le persil, le pois, la pomme de terre, la tomate ainsi que certaines fleurs cultivées comme la capucine, l'oeillet et le réséda.

Dommages Au Canada, la fausse-arpenteuse du chou est généralement peu nuisible dans les régions plus au nord. Dans le sud, il est essentiel d'entreprendre des moyens de lutte contre cet insecte afin de permettre la production de crucifères vendables lors d'années où les infestations de papillons nocturnes sont importantes. Une larve de fausse-arpenteuse du chou dévore jusqu'à 65 cm² de tissus foliaires pendant sa croissance; les dommages les plus importants surviennent durant les deux derniers stades larvaires. On se préoccupe particulièrement des dommages causés aux parties comestibles des plantes (8.75), particulièrement au-dessous des pommes de chou et du chou-fleur et des inflorescences de brocoli, ainsi que de la présence de larves dans les produits mis sur le marché.

L'impact de la fausse-arpenteuse du chou varie selon la région, la culture et le marché visé. Cet insecte ne semble pas propager de parasites, mais les dommages causés aux plantes par les larves favorisent les infections secondaires.

Identification L'oeuf de cette noctuelle (*Noctuidae*) est rond et blanc perle (8.76). La larve est vert pâle, ornée de trois paires de lignes blanches ondulées sur le dos et d'une ligne latérale jaune pâle ou blanche, légèrement plus large que les lignes dorsales et subdorsales (8.77). La tête est verte et dépourvue de taches latérales. Les pattes des segments abdominaux trois et quatre sont atrophiées (8.78). La larve de premier stade de la fausse-arpenteuse du chou a la tête et une partie du thorax noires. Au repos ou lorsqu'elle est dérangée, la larve soulève le milieu de son corps et s'arque (8.78), ce qui est une position caractéristique. À maturité, les larves mesurent 35 à 40 mm de longueur. Au départ, la nymphe à l'intérieur d'un cocon lâche est vert pâle et devient plus foncée à mesure qu'elle approche de la maturité (8.79). L'adulte (8.80) est un papillon brun grisâtre et marbré dont l'envergure est d'environ 38 mm. Chacune des ailes antérieures porte une tache argentée; les adultes nouvellement émergés portent sur le thorax une touffe d'écaillés saillantes en forme de collet.

Biologie Les femelles pondent leurs oeufs un à un ou en groupes de deux ou trois près des bords de la face inférieure de la feuille. Les larves éclosent habituellement au bout de trois à quatre jours. Elles se nourrissent sur le dessous des pommes de chou et du chou-fleur et dans les inflorescences de brocoli. Elles complètent leurs cinq stades larvaires en deux à trois semaines. Les nymphes sont à l'intérieur d'un cocon lâche qui est habituellement attaché à la face inférieure de la feuille. La nymphose dure environ deux semaines. Les adultes sont actifs surtout en fin de soirée.

Moyens de lutte Dépistage — On procède au dépistage des populations d'adultes de la fausse-arpenteuse du chou à l'aide de pièges à phéromones qui indiquent les pics d'activité. On évalue l'importance des infestations de larves dans les cultures lors du dépistage des larves de la piéride du chou et de la fausse-teigne des crucifères. On utilise les mêmes méthodes de dépistage pour la fausse-arpenteuse du chou que pour la piéride du chou. Cependant, il est plus difficile d'éliminer les larves de la fausse-arpenteuse du chou à l'aide d'insecticides chimiques que les larves de la piéride du chou; donc l'observation directe, afin d'évaluer le nombre de larves dans une culture, est une méthode plus fiable que les méthodes indirectes de dépistage telles que l'évaluation de la proportion de plantes infestées ou le nombre de nouveaux dommages de nutrition.

Le seuil économique varie selon la culture et l'usage qui en sera fait. Par exemple, chez les cultures destinées à la transformation, le seuil de tolérance de contamination par les larves, qui est le principal problème, est pratiquement de zéro larve. On ne tolère aucun dommage aux choux pommés précoces destinés au marché des produits frais. Chez les choux tardifs, on tolère un certain niveau de dommages, car on enlève plus de feuilles sur la pomme lorsqu'on la pare pour la mise en marché. On tolère peu de dommages sur les inflorescences et sur les feuilles qui enveloppent les inflorescences du chou-fleur et du brocoli; il en est de même pour les cultures mises en marché pour leur feuillage telles le chou frisé.

Lutte biologique — Plusieurs guêpes et mouches parasites attaquent les larves de la fausse-arpenteuse du chou. Les oeufs et les jeunes larves sont la proie des fourmis, des coléoptères, des punaises et des araignées, mais les virus restent les meilleurs agents de lutte biologique; ils sont responsables d'une mortalité élevée des populations naturelles de larves de fausse-arpenteuse du chou, surtout en fin de saison. Les larves sont sensibles à de nombreux virus. Un virus causant une polyédrose nucléaire est particulièrement répandu. Dans certaines régions, comme au sud de l'Ontario, presque toutes les larves sur les plantes à la fin d'août sont infectées par ce virus (3.22). C'est un agent de lutte efficace, mais on n'en a pas encore tiré un insecticide commercial.

La bactérie entomopathogène *Bacillus thuringiensis* Berliner est le micro-organisme auxiliaire par excellence dans la lutte contre la fausse-arpenteuse du chou (3.23 et 3.24), surtout lors de la récolte alors qu'on veut éviter l'accumulation de résidus de pesticides. Elle n'est pas toxique ou infectieuse pour les mammifères et n'a pas d'impact sur les organismes non visés.

Lutte chimique — On lutte contre les larves de la fausse-arpenteuse du chou du premier au troisième stade à l'aide

d'insecticides chimiques et à des concentrations semblables à celles que l'on recommande habituellement contre la piéride du chou et la fausse-teigne des crucifères. Des dosages plus élevés sont requis pour éliminer les stades larvaires plus avancés. Un premier traitement est habituellement nécessaire à la fin de juin sur les cultures hâtives et à la mi-juillet sur les cultures tardives dans les zones où la fausse-arpenteuse du chou est plus nuisible.

Références bibliographiques

- Harcourt, D.G. 1963. Biology of cabbage caterpillars in eastern Ontario. *Proc. Entomol. Soc. Ont.* 93 (1962):61-75.
- Jaques, R.P. 1973. Tests on microbial and chemical insecticides for control of *Trichoplusia ni* (Lepidoptera: Noctuidae) and *Pieris rapae* (Lepidoptera: Pieridae) on cabbage. *Can. Entomol.* 105:21-27.
- Jaques, R.P. 1977. Field efficacy of viruses infectious to the cabbage looper and imported cabbageworm on late cabbage. *J. Econ. Entomol.* 70:111-118.
- Jaques, R.P. 1988. Field tests on control of the imported cabbageworm (Lepidoptera: Pieridae) and the cabbage looper (Lepidoptera: Noctuidae) by mixture of microbial and chemical insecticides. *Can. Entomol.* 120:575-580.
- Stewart, J.G. 1990. Action thresholds for leaf-feeding insects of broccoli. *Canadex* 252.621. 2 pp.
- Stewart, J.G., et M.K. Sears. 1988. Economics thresholds for three species of lepidopterous larvae attacking cauliflower grown in southern Ontario. *J. Econ. Entomol.* 81:1726-1731.
- Stewart, J.G., et M.K. Sears. 1989. Quarter-plant samples to detect populations of Lepidoptera (Noctuidae, Pieridae, and Plutellidae) on cauliflower. *J. Econ. Entomol.* 82:829-832.
- Zhao, J.Z., G.S. Ayers, E.J. Grafius et F.W. Stehr. 1992. Effects of neighboring nectar-producing plants on populations of pest Lepidoptera and their parasitoids in broccoli plantings. *Great Lakes Entomol.* 25:253-258.

(Texte original de J.G. Stewart et R.P. Jaques)

► Fausse-teigne des crucifères

Fig. 8.88 à 8.94

Plutella xylostella (L.)

La fausse-teigne des crucifères se retrouve au Canada, mais apparemment n'y hiverne pas. Les infestations annuelles se composent d'adultes emportés vers le nord par des vents propices en provenance de leurs aires de reproduction aux États-Unis. Ces migrateurs arrivent tôt au printemps, souvent avant que les crucifères ne soient plantées. Dans le sud du Canada, la première génération se développe surtout sur des crucifères adventices.

La fausse-teigne des crucifères attaque pratiquement toutes les crucifères cultivées et sauvages ainsi que certaines crucifères ornementales. Au Canada, les hôtes les plus importants sont le brocoli, le chou, le chou de Bruxelles et le chou-fleur. La fausse-teigne des crucifères est aussi un ravageur important du canola dans l'Ouest.

Dommages Les larves de premier stade (8.90) creusent des galeries dans les tissus foliaires. Les larves plus âgées se nourrissent sur la face inférieure des feuilles en grignotant des trous irréguliers dans le feuillage. Chez les feuilles gravement endommagées, seul l'épiderme supérieur demeure intact, ce qui donne à la feuille une couleur argentée (8.88). Les larves plus âgées se nourrissent sur les inflorescences de brocoli et de chou-fleur et creusent des galeries dans les parties comestibles du chou et du chou de Bruxelles. Chez le rutabaga, les larves endommagent parfois le collet.

La fausse-teigne des crucifères ne propage pas de maladies aux crucifères; cependant, les dommages infligés aux plantes par les larves favorisent l'entrée d'organismes secondaires.

Identification La fausse-teigne des crucifères (Plutellidae; le nom Yponomeutidae est aussi utilisé) est un papillon nocturne orné de trois taches blanc argenté en forme de losange et visibles lorsque l'adulte est au repos et que ses ailes sont repliées (8.94). Les oeufs (8.89) mesurent moins de 0,5 mm de longueur, sont ovales et jaunâtres à vert pâle. Les larves (8.90 et 8.91) qui peuvent atteindre 12 mm de longueur, sont relativement glabres, vertes à vert grisâtre et presque cylindriques. Lorsqu'elles sont dérangées, elles se tortillent et se laissent tomber au bout d'un fil. À maturité, elles se métamorphosent en nymphes à l'intérieur d'un cocon lâche à grandes mailles (8.92). La chrysalide mesure moins de 8 mm de longueur. Au départ elle est vert pâle, mais elle devient plus foncée à mesure qu'elle arrive à maturité. L'adulte (8.93 et 8.94) est brun grisâtre et a une envergure d'environ 13 mm.

Biologie Les femelles pondent leurs oeufs un à un ou en petits groupes, habituellement sur la face supérieure des feuilles de la plante-hôte. Ils éclosent après quatre à six jours, selon la température ambiante. Les larves se nourrissent sur la face inférieure des feuilles et complètent quatre stades larvaires en 10 à 14 jours. À maturité, les larves tissent un cocon sur la plante-hôte, habituellement sur les feuilles du bas, mais parfois sur les feuilles extérieures du chou ou dans les inflorescences de brocoli et de chou-fleur. La nymphose dure 24 heures et les adultes apparaissent après environ une semaine. Le cycle évolutif, du stade oeuf au stade adulte, dure environ 25 jours en juillet et août dans le sud de l'Ontario. Les adultes deviennent actifs au crépuscule et s'accouplent dans les 24 heures qui suivent l'émergence. Une femelle pond en moyenne 160 oeufs au cours de sa vie qui dure environ deux semaines; sa fécondité est reliée au contenu en protéines de la plante sur laquelle sa larve s'est nourrie. L'exigence thermique pour l'apparition d'une génération est de 283 degrés-jours au-dessus de 7,3°C. Il peut y avoir de trois à six générations par année.

Moyens de lutte On estime que cet insecte est un ravageur occasionnel des crucifères cultivées dans la plupart des régions du Canada, mais une infestation peut évoluer d'un niveau endémique à un niveau épidémique en l'espace d'une génération. Les producteurs doivent être constamment à l'affût d'une infestation. La lutte s'effectue habituellement à l'aide des mêmes traitements utilisés contre les pucerons et les autres larves de papillons diurnes et nocturnes. Cependant le chou de Bruxelles est particulièrement sujet aux attaques de la fausse-teigne des crucifères et requiert des mesures spéciales.

Dépistage — Des pièges à phéromones et des pièges collants servent à détecter l'activité des papillons nocturnes. Les procédés de dépistage des larves sont les mêmes que ceux qu'on utilise contre la piéride du chou. Le dépistage commence au début de l'été.

Pratiques culturales — Après la récolte des cultures hâtives de crucifères, telles que le navet fourrager et les choux transplantés tôt en saison, surtout par temps chaud et sec, on doit enfouir les fanes dans le sol à l'aide d'un herse à disques. L'irrigation par aspersion nuit au développement de ce ravageur tout en favorisant la croissance de la culture.

Lutte biologique — De nombreuses espèces de guêpes parasitent la fausse-teigne des crucifères. Dans le sud de

l'Ontario, la plus importante est le *Diadegma insulare* (Cress.) qui hiverne indépendamment de son hôte et a peu d'impact sur les deux premières générations de cet hôte. Cependant, chez la troisième génération et les générations ultérieures, le *D. insulare*, le *Microplitis plutellae* Muesbeck et le *Diadromus subtilicornis* (Grav.) prennent graduellement le dessus sur l'hôte. Au Canada, l'insecticide bactérien *Bacillus thuringiensis* Berliner assure aussi une bonne protection, mais ailleurs on note l'apparition de populations résistantes de la fausse-teigne des crucifères en champ.

Lutte chimique — Des applications foliaires d'insecticides chimiques peu résiduels doivent être faites au besoin. La résistance au carbaryl et à la perméthrine a été rapportée en Nouvelle-Écosse et à l'Île-du-Prince-Édouard en 1990.

Références bibliographiques

- Harcourt, D.G. 1963. Biology of cabbage caterpillars in eastern Ontario. *Proc. Entomol. Soc. Ont.* 93 (1962):61-75.
- Harcourt, D.G. 1985. Population dynamics of the diamondback moth in southern Ontario. Pages 3-23 dans *Proc. First International Diamondback Moth Management Conference*, Asian Vegetable Research Development Center, Thaïlande.
- McGauhey, W.H., et M.E. Whalon. 1992. Managing insect resistance to *Bacillus thuringiensis* toxins. *Science* 258:1451-1455.
- Stewart, J.G. 1990. Action thresholds for leaf-feeding insects of broccoli. *Canadex* 252.261. 2 pp.
- Stewart, J.G., et M.K. Sears. 1988. Economic thresholds for the three species of lepidopterous larvae attacking cauliflower grown in southern Ontario. *J. Econ. Entomol.* 81:1726-1731.
- Stewart, J.G., et M.K. Sears. 1989. Quarter-plant samples to detect populations of Lepidoptera (Noctuidae, Pieridae, and Plutellidae) on cauliflower. *J. Econ. Entomol.* 82:829-832.
- Zhao, J.Z., G.S. Ayers, E.J. Grafius et F.W. Stehr. 1992. Effects of neighboring nectar-producing plants on populations of pest Lepidoptera and their parasitoids in broccoli plantings. *Great Lakes Entomol.* 25:253-258.

(Texte original de J.G. Stewart et D.G. Harcourt)

► Mouche du chou

Delia radicum (L.)

Fig. 8.81 à 8.87

La mouche du chou se retrouve partout au Canada; elle est un ravageur important de toutes les crucifères cultivées. Elle a aussi été signalée sur la betterave, le céleri et l'oignon, mais il s'agit probablement d'une erreur. Elle infeste aussi la moutarde sauvage et le radis sauvage.

Dommages Les larves de la mouche du chou se nourrissent généralement sur les racines des plantes-hôtes. Lorsqu'elles sont nombreuses, elles détruisent ou retardent sérieusement le développement des jeunes plantes. Les infestations chez les plantes dont le développement est plus avancé retardent la croissance, réduisent les rendements et diminuent la qualité. Lorsque le temps est frais et humide, la survie des oeufs et des larves nouvellement émergées est maximale et les dommages aux racines sont habituellement très graves.

Les asticots de la première génération, progéniture des mouches issues des pupes hivernantes, causent habituellement les dommages les plus importants, car la température en début de saison favorise la survie des oeufs et des larves. Les crucifères non tubéreuses semées en plein champ et les cultures repiquées après la mi-juin échappent habituellement aux dommages importants. En effet, ces plantes sont déjà bien établies lorsque les asticots des générations d'été apparaissent, moins d'oeufs de mouches survivent dans les

régions où surviennent des sécheresses estivales; enfin les prédateurs des oeufs et des larves sont plus abondants et plus actifs en juillet et en août.

À la fin de l'été ou lors de périodes prolongées de temps sec, la ponte des oeufs et le développement des larves ont lieu sur les parties aériennes. Les jeunes larves creusent des galeries dans les tissus de la tige à la naissance des feuilles et il faut enlever les feuilles affectées avant la mise sur le marché. Le chou chinois est particulièrement sujet aux dommages causés par les asticots issus des oeufs pondus à la naissance des feuilles et il faut enlever de nombreuses feuilles détériorées par les larves (8.82).

La mouche du chou cause des dommages chez le navet, le radis et le rutabaga tout au long de la saison de croissance, car elle attaque les parties comestibles de ces plantes. Les blessures causées par les larves de la première génération produisent des tissus cicatriciels qui persistent sous forme de zones rudes et disgracieuses qui déprécient la culture. Les larves des générations suivantes creusent des sillons (8.81 et 8.83) à la surface ou près de la surface des racines. Ces sillons ne cicatrisent pas avant la récolte et, s'ils ne sont pas enlevés lors du parage, ils déprécient la récolte. De plus, lors de la récolte, la présence de larves creusant des galeries à l'intérieur des racines entraîne de graves problèmes à l'entreposage et à la mise sur le marché. La mouche du chou cause des dommages particulièrement importants chez le radis, car la présence de seulement quelques asticots peut rendre la récolte impropre à la vente.

La production du navet et du rutabaga potagers repose sur l'élimination efficace des dommages causés par la mouche du chou. Les dommages causés par la mouche sur le brocoli, le chou, le chou de Bruxelles, le chou-fleur ou le chou frisé peuvent être moins importants. Cependant les infestations provoquent la diminution de la taille des plantes et de la qualité et de la quantité des produits mis sur le marché; dans les cas les plus graves, elles peuvent entraîner le flétrissement et la mort des plantes.

Identification Les oeufs de la mouche du chou (Anthomyiidae) ressemblent à ceux de la mouche des légumineuses. Cependant, sous une loupe, on voit que les oeufs de la mouche du chou ont des stries longitudinales et un sillon qui s'étend sur la face ventrale. À l'opposé, l'oeuf de la mouche des légumineuses est réticulé en surface et le sillon ventral ne s'étend que sur le tiers de la longueur de l'oeuf. On distingue la larve apode (asticot) et la puppe (puparium) de chacune des espèces par les caractéristiques de la partie postérieure ventrale de leur corps; la mouche du chou a une paire de tubercules médians qui sont fourchus à leurs extrémités, alors que les tubercules de la mouche des légumineuses ne le sont pas.

Biologie Au Canada, la mouche du chou hiverne sous forme de puppe (8.86) et peut donner naissance à deux ou trois générations par année selon la température et les conditions du sol. Le début et la durée de l'émergence des mouches au printemps varient selon le climat. Donc, le nombre de générations de la mouche du chou qui attaquent une culture spécifique dépend du moment de la plantation et de la récolte de la culture en fonction du climat. Les femelles pondent leurs oeufs à proximité des crucifères (8.84), et les larves (8.85) se nourrissent sur les fins poils absorbants de la plante et finalement s'enfoncent dans la racine pivotante.

Dans le sud-ouest du Québec, les mouches (8.87) issues des pupes hivernantes commencent à pondre leurs oeufs du milieu de mai jusqu'à la fin de juin. Le pic de ponte a lieu

habituellement dans la première semaine de juin. Les larves complètent leur développement en moins de trois semaines. Les adultes de cette génération apparaissent au début de juillet et pondent habituellement moins d'oeufs que leurs parents. De plus, la survie des larves est plus faible lors des périodes chaudes et sèches de l'été. Les générations d'été subséquentes se chevauchent et des oeufs sont continuellement pondus jusqu'à la fin d'octobre. Le cycle évolutif dans le sud de l'Ontario et dans le sud-ouest de la Colombie-Britannique est similaire; cependant, les larves des générations d'été provoquent peu de dommages dans le sud de l'Ontario à cause des températures élevées et de la sécheresse du sol durant les mois d'été. Les mouches causent des dommages pendant presque toute la saison de croissance dans les régions plus fraîches.

Dans l'est de l'Ontario, les mouches issues des pupes hivernantes commencent à pondre leurs oeufs après une accumulation de 200 degrés-jours au-dessus de 4,4°C, mesurés à partir du 1^{er} mars, ce qui correspond à la période de pleine floraison de l'amélanchier (*Amelanchier* spp.), et les pics de ponte correspondent à la pleine floraison des pommiers 'McIntosh' et 'Cortland'. L'émergence des adultes se produit plus tard dans les Provinces Maritimes et dans les régions plus au nord du Québec et de l'Ontario où le climat est plus frais. Au printemps, l'émergence des mouches dans les Provinces des Prairies coïncide avec l'apparition des premières fleurs de l'amélanchier à feuilles d'aulne (*Amelanchier alnifolia* Nutt.) et du petit merisier (*Prunus pensylvanica* L.). Dans plusieurs régions au Canada, on trouve des oeufs à partir de la dernière semaine de mai et le pic d'activité pour les adultes issus de pupes hivernantes se situe entre la mi-juin et le 7 juillet (ce qui correspond aux stades six à neuf feuilles du rutabaga) et se poursuit jusqu'après la mi-juillet. Les mouches de cette génération commencent à émerger à la fin de juillet. Ces mouches et celles des générations estivales suivantes pondent des oeufs du début d'août jusqu'au milieu ou à la fin de septembre.

Moyens de lutte Dépistage — On utilise des cuvettes jaunes comme pièges à eau pour capturer les adultes de façon à suivre l'activité saisonnière, mais ils ne nous renseignent pas adéquatement sur les populations présentes ou sur le potentiel d'infestation.

Lutte chimique — On protège les crucifères non tubéreuses en ajoutant un insecticide dans l'eau de repiquage ou dans l'eau de bassinage après le repiquage ou les deux. Afin de protéger les cultures hâtives semées en plein champ ou repiquées, il faut habituellement effectuer un traitement au moment de la plantation. Il n'est pas nécessaire de traiter les champs semés ou plantés après la mi-juin puisque le système racinaire des plantes est bien développé au moment où les adultes pondent leurs oeufs, que les oeufs sèchent et qu'il est probable que les oeufs et les larves soient détruits par des organismes auxiliaires. Il faut protéger les plantations successives et tardives et il faut presque toujours traiter les cultures de navets, de radis et de rutabagas à l'aide d'un insecticide.

Navet : Un seul traitement est requis au moment du semis. Il consiste à appliquer un insecticide granulaire dans le sillon ou à effectuer une pulvérisation le long du rang.

Radis : On protège la culture en traitant la semence avec un insecticide au moment du semis ou en appliquant un insecticide granulaire dans le sillon.

Rutabaga : Les cultures plantées en mai subissent les attaques des deux premières générations de la mouche du chou et les cultures plantées en juin subissent celles des deuxième et troisième générations. Bien que les plantes jusqu'au stade quatre feuilles soient moins attirantes que les plantes plus âgées, il ne faut pas attendre l'apparition des dommages pour les traiter. Un minimum de deux, parfois trois bassinages sont requis, selon l'insecticide utilisé et les conditions climatiques. Le premier traitement est appliqué au moment du semis, dans le sillon, sous la semence. Un ou deux bassinages à cinq à six semaines d'intervalle peuvent s'avérer nécessaires et l'un d'eux doit coïncider avec le pic de ponte. Les cultures destinées à l'entreposage reçoivent un bassinage supplémentaire avec un fort volume d'eau. Au Canada, l'efficacité des traitements chimiques dans la prévention des dommages causés par la mouche du chou aux cultures de rutabagas est inégale et certains insecticides homologués, même lorsque appliqués aux taux recommandés, ne sont pas efficaces. Afin de réduire les dommages, il faut semer tôt et récolter avant le milieu d'août les cultures qui ne sont pas destinées à l'entreposage.

Références bibliographiques

- Bracken, G.K. 1988. Seasonal occurrence and infestation potential of cabbage maggot, *Delia radicum* (L.) (Diptera: Anthomyiidae), attacking rutabaga in Manitoba as determined by captures of females in water traps. *Can. Entomol.* 120:609-614.
- Brooks, A.R. 1951. Identification of the root maggots (Diptera: Anthomyiidae) attacking cruciferous crops in Canada with notes on biology and control. *Can. Entomol.* 183:109-120.
- Matthewman, W.G., et D.G. Harcourt. 1972. Phenology of egg-laying of the cabbage maggot, *Hylemya brassicae* (Bouché), on the early cabbage in eastern Ontario. *Proc. Entomol. Soc. Ontario* 102:28-35.
- Morris, R.F. 1959. *Control of Cabbage Maggot in Newfoundland*. Agric. Can. Publ. 1045. 4 pp.
- Ritchot, C. 1969. Les larves des racines, *Hylemya* spp. (Diptères: Muscides), ennemies des cultures de crucifères au Québec. I. Notes bibliographiques. *Ann. Soc. Entomol. Québec* 14:29-41.
- Ritchot, C. 1969. Les larves des racines, *Hylemya* spp. (Diptères: Muscides), ennemies des cultures de crucifères au Québec. II. Biologie. *Ann. Soc. Entomol. Québec* 15:134-163.

(Texte original de C. Ritchot, D.C. Read, M.Y. Steiner et D.G. Harcourt)

► Perce-oreille européen

Fig. 8.95 à 8.98

Forficula auricularia L.

Le perce-oreille européen se retrouve partout au Canada; il est plus abondant dans l'est et le centre du Canada et dans le sud de la Colombie-Britannique. Il est présent, mais peu abondant dans les Provinces des Prairies.

Les légumes hôtes comprennent le chou et d'autres crucifères, le céleri, la laitue, le maïs sucré et la poirée. Le perce-oreille se nourrit de plantes et d'insectes en passant facilement de l'un à l'autre, mais a une préférence pour les lichens et les mousses. La présence de perce-oreilles dans un produit frais et la contamination par leurs excréments causent parfois des problèmes. L'impact du perce-oreille sur la production des cultures commerciales au Canada semble négligeable.

Dommages Les jeunes larves se nourrissent sur les plantules alors que les larves plus âgées et les adultes se nourris-

sent en perçant des trous dans les feuilles et en grugeant les pommes de choux (8.95).

Identification Le perce-oreille européen se caractérise par une paire d'appendices non segmentés en forme de forceps (cerques) à l'extrémité anale de l'abdomen. Chez la femelle, l'extrémité des cerques est courbée vers l'intérieur; chez le mâle, ils sont plus courbés et plus longs (8.96). L'adulte brun rougeâtre arque habituellement les cerques sur son dos lorsqu'il est dérangé et ses ailes sont courtes. Les larves sont brun pâle et leurs ailes et cerques sont très réduits ou absents (8.98), selon leur âge.

Biologie Le perce-oreille européen hiverne à l'état adulte, habituellement en couples dans un nid dans le sol. Les oeufs (8.97) sont pondus à la fin de l'hiver et le mâle est alors chassé du nid. La femelle reste seule pour prendre soin des oeufs. Les oeufs éclosent en mai, bien que la période d'éclosion varie selon la région. Une deuxième couvée éclore vers la fin de juin; il y a parfois une troisième couvée. Les jeunes perce-oreilles (8.98) muent quatre fois. Pendant les deux premiers stades larvaires, les jeunes larves, qui demeurent habituellement avec la femelle, cherchent leur nourriture durant la nuit et retournent au nid pendant la journée. À ce stade, le taux de mortalité des larves est élevé, ceci résultant d'une humidité excessive et des maladies fongiques. Plus tard, elles se nourrissent sur une plus grande étendue et s'abritent à la surface du sol; elles atteignent leur maturité à la fin d'août. Le perce-oreille européen tend à rester très localisé. Les adultes se dispersent en rampant ou en volant, mais principalement par l'intermédiaire de l'homme lors du transport de sols, de plantes et d'équipement. L'habitude de s'abriter dans toute cachette disponible favorise leur transport dans de nouveaux endroits.

Moyens de lutte Le perce-oreille européen ne cause que rarement des dommages importants aux cultures maraîchères commerciales, bien que des dommages sporadiques dans certains champs et jardins potagers puissent parfois justifier le recours à des moyens de lutte.

Pratiques culturales — Un piège pratique peut être construit à l'aide de panneaux dans lesquels on aura pratiqué des rainures. Deux panneaux sont placés sur le sol l'un contre l'autre, leurs rainures alignées afin de former un espace de reptation. Comme mesure d'efficacité maximum, il faut visiter les pièges chaque jour et tuer les perce-oreilles. On attrape les jeunes larves avant qu'elles ne quittent le nid. Cette méthode est efficace aussi contre les adultes.

Lutte biologique — Les rares parasites et maladies connus du perce-oreille sont la mouche *Triarthria setipennis* (Fallén) (syn. *Bigonicheto spinipennis* (Meigen)), un nématode, le *Mermis nigrescens* Dujardin, et un champignon parasite mal connu et décrit en 1889 sous le nom d'*Entomophthora forficulae* Giard. La mouche est établie en Colombie-Britannique et à Terre-Neuve. Aucun agent de lutte biologique n'existe sur le marché.

Lutte chimique — Des recommandations pour la lutte chimique contre les perce-oreilles dans les cultures maraîchères n'ont pas été élaborées au Canada. Dans la plupart des cas, les produits chimiques utilisés contre d'autres ravageurs constituent la meilleure méthode de lutte contre le perce-oreille européen. Il existe sur le marché des appâts insecticides que l'on utilise dans les jardins potagers et autour des bâtiments. Les appâts sont le plus souvent fa-

briqués avec du son combiné à de l'huile de poisson et à un insecticide.

Références bibliographiques

Plant, C.W. 1992. A certain record of active flight in *Forficularia* [sic] *auricularia* Linnaeus, the common earwig. *Entomol. Record* 104:252.

(Texte original de L.M. Crozier)

► Piéride du chou

Fig. 8.104 à 8.109

Pieris rapae (L.)

(syn. *Artogeia rapae* (L.))

La piéride du chou se retrouve sur les crucifères partout où on les cultive au Canada. C'est un ravageur important dans toutes les provinces, sauf à Terre-Neuve.

Les crucifères maraîchères comme le brocoli, le chou, le chou de Bruxelles, le chou-fleur, le navet, le radis, et le rutabaga sont des hôtes de la piéride du chou. D'autres plantes de la famille des crucifères et d'autres familles servent aussi d'hôtes.

Dommmages Les larves grignotent des trous dans les feuilles des plantes (8.104) et, une fois que les pommes et les inflorescences ont commencé à se former, une seule larve suffit à déprécier les pommes de chou ou les inflorescences de chou-fleur. Lorsque le brocoli, le chou et le chou-fleur sont bien établis, ils tolèrent des dommages de nutrition plus importants. Les excréments de larves contaminent les feuilles et les inflorescences comestibles.

Les adultes de la piéride du chou ne transmettent pas d'agents phytopathogènes, mais les dommages que causent les larves permettent l'entrée d'organismes secondaires.

Identification L'adulte est un papillon blanc (8.109) (Pieridae) bien connu des maraîchers. L'oeuf (8.105) est ovale, pointu à l'extrémité distale et plat du côté en contact avec la feuille. Il a 12 crêtes longitudinales (8.106) à sa surface. Au moment de la ponte, l'oeuf est blanc crème; il devient jaune pâle à mesure que l'embryon arrive à maturité. La larve est une chenille qui mesure 30 mm de longueur et est vert pâle à pleine maturité, munie de cinq paires de pattes abdominales, d'une bande jaune orangée sur la longueur du milieu du dos (8.117) et de bandes plus pâles à la hauteur des stigmates. De courtes soies blanches lui donnent une apparence veloutée (8.117). La nymphe (chrysalide) (8.108) mesure environ 18 mm de longueur et est verte à brune selon le substrat sur lequel elle est fixée. Les ailes de l'adulte sont blanches et ont 50 mm d'envergure; la taille des femelles est légèrement plus grande que celle des mâles. Les mâles ont une seule tache noire au milieu de l'aile antérieure. Les femelles ont deux taches semblables (8.109). Chez les deux sexes, les ailes antérieures ont une tache sombre à l'apex et des écailles noires à la bordure antérieure. Les ailes postérieures ont de petites plages noires à la bordure extérieure.

Biologie Au Canada, à l'exception peut-être des Provinces des Prairies, la piéride du chou hiverne sous forme de chrysalide. Il y a trois ou quatre générations de cet insecte par année dans le sud du Canada. Les adultes apparaissent pour la première fois au début d'avril dans le sud de la Colombie-Britannique, à la fin d'avril ou au début de mai dans le sud-ouest de l'Ontario et de la mi-mai à la fin de mai dans l'est de l'Ontario, au Québec et dans les Provinces Maritimes. Dans le sud de l'Ontario, les pics de ponte de la première génération ont lieu à la fin de mai et au début de juin, et le temps de développement varie de 24 à 61 jours, avec une moyenne de 31 jours en juillet et août.

Les oeufs (8.105) sont pondus un à un près de la nervure médiane à la face inférieure de la feuille. Les jeunes larves (8.106) éclosent quatre à huit jours après la ponte. Il existe

cinq stades larvaires. Durant les trois premiers stades, les larves se nourrissent à la face inférieure des feuilles les plus externes de la plante. Les larves des stades plus avancés (8.107), plus grosses, tendent à migrer vers le centre ou le sommet des plantes.

Les chrysalides des générations d'été se retrouvent sur les feuilles du bas de la plante (8.108) ou dans les déchets de culture. Les chrysalides hivernantes se retrouvent sur les résidus de culture et dans les débris, les clôtures ou autres endroits protégés. Les adultes des générations d'été émergent au bout de 8 à 20 jours. L'accouplement et la ponte commencent dans les 24 heures qui suivent l'émergence et les adultes sont actifs durant presque toutes les heures de clarté, sauf lorsque le temps est nuageux, frais ou venteux. Les femelles visitent les fleurs sauvages à proximité des champs cultivés, ce qui explique pourquoi les rangs en périphérie des champs tendent à recevoir plus d'oeufs par plante.

Moyens de lutte Dépistage — Les populations de la piéride du chou sont habituellement dépistées en même temps que les populations de larves de la fausse-arpenreuse du chou et de celles de la fausse-teigne des crucifères. Une évaluation visuelle du nombre de larves par plante, exprimé en unités larvaires qui normalisent les différences de capacité d'ingestion de nourriture des larves, est utilisée dans certaines régions afin d'évaluer les dommages causés par les larves et pour fixer des seuils d'intervention dans les protocoles de lutte. Plus de 90 % d'une culture de choux ou d'autres crucifères peut être mise sur le marché lorsqu'on applique les pesticides en fonction du stade de croissance de la plante qui convient le mieux, et du stade de développement des populations de ravageurs où ces derniers sont le plus vulnérables. Les répercussions des dommages d'alimentation sur la croissance de la plante et la portion invendable de la récolte diffèrent selon le moment de l'attaque relativement au stade de croissance de la plante et selon la culture (brocoli, chou et chou-fleur).

Une méthode mise de l'avant pour évaluer le nombre d'unités larvaires est de dénombrer les nouveaux sites de dommages d'alimentation par les larves plutôt que de compter le nombre de perforations par plante, le nombre de larves de différentes espèces ou le nombre de plantes infestées. Un nouveau site d'alimentation est un trou qui paraît humide et qui n'a pas encore formé de cal.

Lutte biologique — Les parasites, les prédateurs et les maladies sont les principaux facteurs biotiques qui déterminent l'abondance de la piéride du chou au Canada. Par exemple, une guêpe, le *Cotesia glomerata* (L.) (syn. *Apanteles glomeratus*), est un parasite important qui infeste souvent plus de 30 % des larves. Le *Cotesia rubecula* (Marshall) (syn. *Apanteles rubeculus*), dont la biologie est similaire à celle du *C. glomerata*, est le principal parasite des larves de la piéride du chou en Colombie-Britannique et est établi dans l'est de l'Ontario. Une autre guêpe, le *Pteromalus puparum* (Fabricius), tue des proportions importantes de chrysalides de cette piéride, surtout en fin de saison. Des diptères, dont la plus commune est le *Phryxe vulgaris* (Fallén), parasitent les chrysalides de la piéride du chou et aussi de papillons diurnes et nocturnes.

Une granulose virale provoque un taux élevé de mortalité dans les populations de larves de la piéride du chou, surtout à

la fin de la saison. Le virus tue les larves à tous les stades de développement et tue les chrysalides en infectant la larve. Le virus, reconnu comme le facteur clé de lutte biologique contre les populations de piéride du chou dans certaines régions, n'est ni commercialisé, ni homologué au Canada.

La bactérie entomopathogène *Bacillus thuringiensis* Berliner est très efficace. On favorise présentement des préparations de cette bactérie comme traitement, surtout avant la récolte.

Lutte chimique — Lorsque l'arrosage est bien fait, les pulvérisations foliaires d'insecticides chimiques sont efficaces contre les larves de la piéride du chou. Dans les cultures hâtives, il faut traiter environ deux semaines avant la récolte. Le traitement des cultures tardives doit débuter autour de la mi-juillet et être répété à intervalles de deux semaines selon le besoin. Un peu avant la récolte, il est préférable d'utiliser des substances chimiques peu résiduelles. L'alternance des insecticides retarde, mais ne limite pas le développement de la résistance.

Références bibliographiques

- Harcourt, D.G., R.H. Backs et L.M. Cass. 1955. Abundance and relative importance of caterpillars attacking cabbage in eastern Ontario. *Can. Entomol.* 87:400-406.
- Harcourt, D.G. 1963. Biology of cabbage caterpillars in eastern Ontario. *Proc. Entomol. Soc. Ont.* 93 (1962):61-75.
- Jaques, R.P. 1973. Test on microbial and chemical insecticides for control of *Trichoplusia ni* (Lepidoptera: Noctuidae) and *Pieris rapae* (Lepidoptera: Pieridae) on cabbage. *Can. Entomol.* 105:21-27.
- Jaques, R.P. 1977. Field efficacy of virus infections to the cabbage looper and imported cabbageworm on late cabbage. *J. Econ. Entomol.* 70:111-118.
- Jaques, R.P. 1988. Field test on control of the imported cabbageworm (Lepidoptera: Pieridae) and the cabbage looper (Lepidoptera: Noctuidae) by mixtures of microbial and chemical insecticides. *Can. Entomol.* 120:575-580.
- Stewart, J.G. 1990. Action thresholds for leaf-feeding insects of broccoli. *Canadex* 252.621. 2 pp.
- Stewart, J.G., et M.K. Sears. 1988. Economic thresholds for three species of lepidopterous larvae attacking cauliflower grown in southern Ontario. *J. Econ. Entomol.* 81:1726-1731.
- Stewart, J.G., et M.K. Sears. 1989. Quarter-plant samples to detect populations of Lepidoptera (Noctuidae, Pieridae, and Plutellidae) on cauliflower. *J. Econ. Entomol.* 82:829-832.
- Zhao, J.Z., G.S. Ayers, E.J. Grafius et F.W. Stehr. 1992. Effects of neighboring nectar-producing plants on populations of pest Lepidoptera and their parasitoids in broccoli plantings. *Great Lakes Entomol.* 25:253-258.

(Texte original de J.G. Stewart, R.P. Jaques et D.G. Harcourt)

► Pucerons

Fig. 8.73 et 8.74; 16.90 et 16.91

- Puceron des feuilles du peuplier *Pemphigus populitransversus* (Riley)
- Puceron du chou *Brevicoryne brassicae* (L.)
- Puceron du navet *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach)
- Puceron vert du pêcher *Myzus persicae* (Sulzer)

Le puceron vert du pêcher (voir Pomme de terre) et le puceron du navet sont très répandus au Canada. Le puceron du chou, habituellement le plus dévastateur des pucerons qui infestent les crucifères, se retrouve partout au Canada. On trouve aussi le puceron des feuilles du peuplier, mais il est rarement nuisible au Canada.

Les pucerons sont plus abondants sur les crucifères par temps sec. Ils pondent leurs oeufs à l'automne et hivernent sur les plantes ligneuses. Les générations d'été se nourrissent sur le chou, le rutabaga et d'autres crucifères, ainsi que sur

d'autres cultures maraîchères. Les populations de pucerons varient grandement selon les cultures de crucifères.

Dommages Ces pucerons attaquent toutes les parties aériennes des crucifères, y compris les inflorescences. De fortes populations causent le flétrissement des feuilles et le rabougrissement des plantes. Ils transmettent aussi le virus de la mosaïque du navet. Dans le sud-ouest de l'Ontario, le puceron vert du pêcher est le vecteur le plus important du virus de la mosaïque du navet dans les cultures de rutabagas, mais plusieurs espèces de pucerons transmettent ce virus.

Identification La forme des colonies de pucerons sur la plante-hôte est utile pour l'identification en champ; la distribution du puceron vert du pêcher est uniforme alors que les pucerons du chou ont tendance à s'agréger (8.73 et 8.74).

La forme aptère du puceron du chou a un abdomen vert grisâtre, foncé et orné de bandes sombres. Le puceron est couvert d'une pruine gris blanchâtre et farineuse. La tête presque plate est dépourvue de tubercules frontaux bien développés. Les antennes et autres appendices sont foncés, mais plus pâles à la base de chaque segment.

Biologie Les formes sexuées des pucerons apparaissent, s'accouplent et pondent leurs oeufs en fonction du temps de l'année et des qualités nutritives des plantes-hôtes. Sinon, on ne retrouve que des femelles qui donnent naissance à d'autres femelles sans accouplement (parthénogénèse). Les formes ailées se développent sur les hôtes d'hiver, migrent à la fin du printemps vers les hôtes d'été et sont particulièrement abondantes au début de l'été, surtout par temps sec. Les populations de pucerons commencent généralement à décliner entre le début et le milieu de septembre, après l'apparition des formes ailées, et par suite du déclin généralisé des activités de reproduction, de l'allongement du temps requis pour atteindre la maturité, de la diminution des qualités nutritives de la plante-hôte et de l'augmentation du nombre d'agents de lutte biologique.

Moyens de lutte Dépistage — Au Canada, aucun seuil de nuisibilité précis n'a été fixé pour les pucerons qui se nourrissent sur les crucifères; cependant, après la formation de la pomme ou des inflorescences, le seuil est pratiquement de zéro pour le brocoli, le chou, le chou-fleur et surtout le chou de Bruxelles que les pucerons déprécient considérablement. On tolère des populations relativement élevées de pucerons avant le développement des parties comestibles. Cependant, les pucerons injectent une toxine et la présence même de quelques pucerons par plante peut causer de graves problèmes. Chez le rutabaga, de faibles populations du puceron vert du pêcher, même 8 à 10 pucerons par feuille peuvent se multiplier par parthénogénèse par temps chaud et sec et coloniser rapidement et complètement le tiers supérieur de la plante.

Lutte biologique — À l'état naturel, les prédateurs, les parasites et les maladies sont souvent efficaces vers la fin de la saison de croissance. Les populations de pucerons ravageurs apparaissent tôt en saison, avant que les agents de lutte biologique ne soient abondants.

Lutte chimique — Les pulvérisations foliaires peuvent s'avérer nécessaires afin de prévenir de trop fortes pertes dans les cultures et le rejet du chargement, surtout lorsque les traitements chimiques contre d'autres ravageurs des crucifères ont détruit les prédateurs et les parasites tout en ayant peu d'effets sur les pucerons.

La lutte contre les vecteurs du virus de la mosaïque du navet sur le rutabaga n'est pas facile, car ils infestent de nombreuses plantes et les insecticides chimiques ne sont pas efficaces contre les pucerons ailés migrants. Des pulvérisations hebdomadaires d'huile sont très efficaces et contribuent à retarder et à réduire l'infection par le virus de la mosaïque du navet transmis par les pucerons. L'huile entrave l'acquisition et la transmission du virus par les pucerons lorsqu'ils se nourrissent. Pour une application adéquate, les producteurs pulvérisent 1100 L à l'hectare d'une solution à 1 à 2 % à l'aide de nébulisateurs à haute pression; les buses dirigées améliorent la couverture de la face inférieure des feuilles. Pendant la période d'activité des pucerons, il faut répéter les traitements à l'huile à toutes les semaines jusqu'à ce que les racines aient atteint leur pleine grosseur, généralement tard en août. Afin de réduire la phytotoxicité du traitement, on ne pulvérise pas l'huile en plein soleil ou combinée à d'autres substances; il ne faut pas appliquer d'insecticides chimiques dans les 24 heures qui suivent un traitement à l'huile.

On ne doit recourir aux insecticides chimiques que lorsque des populations précoces de pucerons du chou et des températures favorables à leur développement justifient le traitement. Lorsque des populations élevées de pucerons causent le flétrissement, l'enroulement des feuilles ou le rabougrissement des plantes, il est habituellement trop tard pour traiter.

(Texte original de D.T. Lowery, D.G.R. McLeod et L.W. Stobbs)

► **Pyrale pourpre du chou**

Fig. 8.110 à 8.116

Evergestis pallidata (Hufnagel)

La pyrale pourpre du chou est originaire d'Europe. Elle est présente aux États-Unis et au Canada, mais n'a pas été rapportée au Labrador ni au Yukon. Comme ravageur au Canada, cette espèce est plus importante dans les Provinces Maritimes. La présence de cette espèce est inégale. Elle est disséminée lors du transport de produits infestés.

La pyrale pourpre du chou attaque toutes les crucifères maraichères, mais surtout le brocoli, le chou, le chou de Bruxelles, le chou-fleur, le chou frisé, le chou-rave, le navet, et le rutabaga. Elle attaque aussi le raifort. On retrouve les oeufs de ce papillon nocturne sur la bourse-à-pasteur (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medic.), la petite oseille (*Rumex acetosella* L.), mais les larves ne se nourrissent pas sur ces plantes.

Dommages La présence de nombreuses larves sur le rutabaga peut amener une défoliation complète de la culture et l'apparition de trous d'alimentation dans les racines (8.110). Dans les autres cultures de crucifères, les larves grignotent de grands trous dans le feuillage (8.111). Il n'existe pas d'études d'impact spécifiques à la pyrale du chou.

Identification Le premier indice d'une infestation par la pyrale pourpre du chou (Pyrallidae) est la présence de masses d'oeufs sur le feuillage des plantes infestées (8.112). La masse entière est d'un jaune vif et est recouverte d'un enduit cireux. Chacun des oeufs dans la masse est ovale et plat, orné d'une bordure translucide et mesure environ 1,1 mm de longueur et 0,8 mm de largeur. Juste avant l'éclosion, les oeufs deviennent bruns, puis noirs à cause de la formation de la tête de la larve visible à travers la membrane coquillière. La larve nouvellement éclosie est d'un vert aqueux pâle et mesure 1,5 à 2,0 mm de longueur. Son corps est couvert de très petits tubercules brun foncé, chacun muni d'une à plusieurs longues soies. La larve

mature (8.113) a 20 à 22 mm de long, est robuste et couverte de soies. Elle est brun rougeâtre sur le dessus, gris cendré en dessous et ornée d'une bande latérale jaune, étroite et bien évidente sur toute la longueur du corps et d'une bande blanche étroite en dessous, le long de la marge inférieure de la bande jaune.

Le cocon est ovale, mesure 12 à 15 mm de longueur et 5 à 7 mm de diamètre et est doublé à l'intérieur de soie gris foncé. À l'extérieur, il est couvert de particules de sol qui adhèrent grâce à une substance visqueuse et qui le fait ressembler à un agrégat. À l'intérieur du cocon, la couleur de la nymphe (8.114) varie de brun pâle à brun foncé.

Ce papillon nocturne (8.116) a une envergure de 22 à 28 mm. Il est jaune pâle et orné de lignes irrégulières brun foncé. Les mâles et les femelles sont de même taille et de même couleur.

Biologie Au Canada, la pyrale pourpre du chou ne produit qu'une génération par année. Les femelles pondent leurs oeufs en masses compactes sur la face inférieure des feuilles du bas des plantes infestées. Les larves éclosent au bout de quatre à huit jours, se nourrissent sur la face inférieure des feuilles pendant deux à trois semaines, se cachent entre les feuilles pendant le jour, puis abandonnent la plante-hôte et tissent des cocons juste sous la surface du sol. Elles passent l'hiver sous forme de larve dans le cocon et se métamorphosent en nymphes en juin de l'année suivante. L'adulte s'échappe par l'une des extrémités du cocon tissée plus lâchement. Le vent est un facteur de dissémination locale des papillons nocturnes.

Moyens de lutte Dépistage — La présence d'un grand nombre de masses d'oeufs ou de larves qui se nourrissent activement sur les feuilles indique qu'il est temps d'intervenir, surtout chez le rutabaga.

Pratiques culturales — Le travail du sol et les labours à l'automne ou au début du printemps contribuent à enfouir les cocons, probablement à détruire les larves et à empêcher les papillons d'atteindre la surface. On utilise une culture piège de navets afin d'attirer le papillon nocturne; elle est habituellement très infestée lorsqu'elle est faite à proximité de cultures de choux ou de rutabagas. Des pulvérisations périodiques sur la culture-piège tuent les larves et protègent la culture principale.

Lutte biologique — La pyrale pourpre du chou est exceptionnellement exempte d'ennemis naturels. Aucune maladie des larves n'a été rapportée. Le *Bracon montrealensis* Morrison et le *Meteorus autographae* Muesebeck sont des guêpes parasites qui semblent montrer de l'aptitude à la lutte biologique.

Lutte chimique — La lutte contre la pyrale pourpre du chou se fait à l'aide des mêmes insecticides que l'on utilise contre d'autres chenilles phytophages des crucifères. On utilise des pulvérisations foliaires contre les premiers stades larvaires.

(Texte original de R.F. Morris)

► **Autres insectes**

Fig. 16.112 à 16.114

Larves de tipules
Vers blancs

Les **larves de tipules** (*Tipulidae*) sont des larves de type asticot. Il existe de nombreuses espèces de tipules au Canada. Leurs larves sont charnues, noir grisâtre et mesurent environ 2,4 cm de longueur à maturité. Elles hivernent dans le sol et se nourrissent sur les racines des plantules et sur les plants de repiquage des crucifères. Dans les régions où elles causent

des dommages, les producteurs peuvent réduire les populations hivernantes de larves de tipule en pratiquant un travail du sol susceptible de diminuer les populations de larves pouvant causer des dégâts aux racines au printemps.

(Texte original de J.A. Garland)

Les **vers blancs** (16.112 à 16.114) endommagent les cultures de crucifères, telles que le rutabaga et le navet, en rongant les racines. Les dommages ont lieu lorsque la culture est plantée dans des terres fraîchement défrichées ou couvertes de mauvaises herbes qui sont déjà infestées. La lutte chimique est rarement nécessaire. (Pour en savoir plus, voir Pomme de terre.)

(Texte original de K.P. Lim et J.C. Guppy)

AUTRES RAVAGEURS

► Petite limace grise

Fig. 11.44; 18.97

Deroceras reticulatum (Müller)

La petite limace grise (pour les autres espèces de limaces, voir Laitue, limaces et escargots) se trouve dans tous les jardins potagers des régions urbaines du Canada. Elle attaque les crucifères et la plupart des cultures maraîchères, ainsi que les lis ornementaux (*Convallaria* et *Lilium* spp.).

Dommages Les plantules de crucifères sont sujettes à de graves dommages lors d'infestations de cette limace près des clôtures ou des haies, là où la densité du couvert végétal fournit un abri. Plus tard dans la saison, elle endommage le chou de Bruxelles en grimant sur les pédoncules et en grignotant des trous dans les jeunes pousses tendres; sur le navet et le rutabaga, elle fait des trous que l'on estime parfois à tort être des dommages causés par la pyrale pourpre du chou. Par temps humide, à l'automne, cette limace ainsi que d'autres espèces de limace se logent entre les feuilles de chou et de chou de Bruxelles et en contaminent les parties comestibles.

Identification La petite limace grise (Limacidae) mesure 35 à 50 mm de longueur à maturité, est gris blanchâtre ou de couleur chair crémeuse et est ornée de taches irrégulières grises. Le pore respiratoire se situe au centre arrière, sur le côté droit du manteau. Le corps devient brusquement fuselé à l'arrière et le mucus est clair.

Biologie Il n'y a qu'une génération par année. Elle hiverne sous forme d'oeufs. Les limaces atteignent leur maturité pendant la saison de croissance et s'abritent dans les herbes hautes et différents types de végétation. Elles s'accouplent à l'automne, puis meurent (voir Laitue, limaces et escargots).

Moyens de lutte *Dépistage* — Les traces de mucus et les excréments persistants et facilement visibles sont des signes de la présence de la limace. Les limaces sont attirées par la bière, et on s'en sert pour le dépistage des populations. Le dépistage doit commencer dès la levée des plantules et après la transplantation.

Pratiques culturales — Les cultures maraîchères ne devraient pas être plantées dans des terres basses, humides ou sur des retours de prairies récemment labourées et laissées à l'abandon depuis plusieurs années. Des moyens efficaces de garder à court terme les populations de limaces à un faible niveau sont le travail adéquat du sol et l'élimination des abris le long des haies et des clôtures.

Lutte biologique — Le carabe *Calosoma frigidum* Kirby se retrouve partout au Canada. Ce carabe ainsi que les oiseaux, les serpents, les grenouilles, et les crapauds détruisent plusieurs limaces, mais ils sont rarement en nombre suffisant pour être efficaces dans les parcelles de cultures maraîchères ou dans les jardins potagers.

Lutte chimique — En laboratoire, de nombreux pesticides ont donné d'excellents résultats contre les limaces, mais leur efficacité est faible en champ. Les composés qui contiennent de l'étain, de l'aluminium ou un carbamate mélangé à du soufre sont les plus efficaces. Le choix du moment du traitement est crucial. Les composés utilisés dans les jardins potagers contiennent habituellement un ingrédient actif, le métaldéhyde, qui attire aussi les limaces. Les substances chimiques donnent des résultats particulièrement efficaces lorsque les limaces sont très actives, entre minuit et tôt le matin alors que les conditions de terrain sont fraîches et humides, surtout en période de temps sec.

(Texte original de D.C. Read)

AUTRES RÉFÉRENCES

- Bould, C., E.J. Hewitt et P. Needham. 1983. *Diagnosis of Mineral Disorders in Plants*. Vol. 1. *Principles*. H.M. Stationery Office, Londres. 170 pp.
- Flint, M.L., ed. 1985. *Integrated Pest Management for Cole Crops and Lettuce*. Univ. Calif., Statewide Integrated Pest Management Project, Div. Agric. Nat. Res., Oakland. 112 pp.
- Gardner, N., C.W. Hoy, R.F. Becker, R. Foster, A.M. Shelton, T.A. Zitter et C.H. Petbold. 1986. *A Grower's Guide to Cabbage Pest Management in New York*. Integrated Pest Management Program, Cornell Univ., New York State Agric. Exp. Stn. Geneva, Coop. Extension, Cornell Univ. 42 pp.
- Jenkyn, J.F., et C.J. Rawlinson. 1977. Effects of fungicides and insecticides on mildew, viruses and root yield of swedes. *Plant Pathol.* 26:166-174.
- Kayler, W.E. 1982. Growing and preparing rutabagas for better keeping and marketing quality. *Proc. Can. Soc. Hortic. Sci.* 21:27-31.
- Lafontaine, J.D., et R.W. Poole. 1991. Noctuoidea, Noctuidae (part). Dans R.B. Dominick et al., eds, *The Moths of America North of Mexico*. E.W. Classey Ltd., Faringdon, Angleterre. Fasc. 25.1. 182 pp.
- Makhlouf, J., F. Castaigne, J. Arul, C. Willemot et A. Gosselin. 1989. Long-term storage of broccoli under controlled atmosphere. *HortScience* 24:637-639.
- Maynard, D.N. 1979. Nutritional disorders of vegetable crops: A review. *J. Plant Nutr.* 1:1-23.
- Scaife, A., et M. Turner. 1983. *Diagnosis of Mineral Disorders in Plants*. Vol. 2. *Vegetables*. H.M. Stationery Office, Londres. 95 pp.
- Schaad, N.W., ed. 1988. *Laboratory Guide for Identification of Plant Pathogenic Bacteria*. 2^e éd. APS Press, St. Paul, Minnesota. 164 pp.
- Sutton, A., ed. 1992. *Brassicacae*. Ciba-Geigy, Basel, Suisse. 76 pp.
- Williams, P.H. 1985. Common names for plant diseases: crucifers (*Brassica* and *Raphanus* spp.). *Plant Dis.* 69:660.