



Directive d'homologation

Lignes directrices pour l'évaluation de l'efficacité des fongicides, des bactéricides et des nématocides

Quiconque présente une demande d'homologation doit fournir des données sur l'efficacité pour étayer les usages proposés du produit. L'évaluation des données permet de garantir l'efficacité du produit aux fins prévues. La Directive d'homologation Dir93-07a contient des principes généraux sur l'évaluation de l'efficacité des pesticides chimiques.

La présente directive d'homologation fournit des lignes directrices particulières à l'évaluation de l'efficacité des produits chimiques utilisés pour la lutte contre les maladies végétales causées par les champignons, les bactéries, les organismes semblables aux phytoplasmes et aux mycoplasmes ainsi que par les nématodes.

La Directive est fondée sur le Projet de directive Pro95-02, daté du 8 août 1995, qui a été légèrement modifié à la suite des consultations publiques.

(also available in English)

Le 15 mars 1996

Ce document est publié par la Division de l'information, Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire. Pour de plus amples renseignements, veuillez communiquer avec la :

Division de l'information
Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire
Santé Canada
I.A. 6606D1
2250, promenade Riverside
Ottawa (Ontario)
K1A 0K9

Téléphone : (613) 952-5330
Télécopieur : (613) 736-3798
Service de renseignements : 1-800-267-6315
(au Canada seulement)
Internet : pmra_publications@hc-sc.gc.ca
www.hc-sc.gc.ca

Canada

Table des Matières

5.0	Fongicides, bactéricides et nématocides	
5.1	Introduction	1
5.1.1	Comment utiliser ce document	1
5.1.2	Portée	2
5.2	Aspects généraux	2
5.2.1	Noms et termes	2
5.2.2	Allégations des étiquettes en ce qui concerne la lutte antiparasitaire	3
5.2.3	Étapes de développement des cultures	3
5.2.4	Données non canadiennes	3
5.2.5	Interactions et ensembles de maladies	4
5.2.6	Composantes de l'efficacité	4
5.2.7	Tolérance des cultures aux pesticides	5
5.2.8	Données de rapprochement et essais comparatifs	5
5.3	Méthodes d'essais	5
5.3.1	Substances à l'essai	5
5.3.2	Traitements témoins et cultivars représentatifs	6
5.3.3	Dose	6
5.3.4	Sélection des sites d'essai et taille des parcelles	6
5.3.5	Pression exercée par la maladie	7
5.3.6	Calendrier et fréquence des applications et combinaisons de pesticides	8
5.3.7	Pesticides appliqués avec des engrais et des inoculants	10
5.3.8	Plan expérimental	10
5.4	Évaluation des essais individuels	11
5.4.1	Validité des essais	11
5.4.2	Analyses statistiques	12
5.4.3	Évaluation de la tolérance des cultures aux pesticides	13

5.5	Évaluation du pesticide	14
5.5.1	Comparaisons d'essais différents	14
5.5.2	Présentation du rapport	14
5.6	Modes d'emploi particuliers	15
5.6.1	Généralités	15
5.6.2	Traitements des sols	17
5.6.3	Traitements des semences	21
5.6.4	Traitements en surface	24
5.6.5	Traitements dans les serres et autres endroits clos	37
5.6.6	Traitements après la récolte	40
Tableau 1 : Sommaire des données de terrain requises		46

5.1 Introduction

Le présent document constitue la partie 5 des *Lignes directrices pour l'évaluation de l'efficacité des pesticides chimiques*¹ qui décrit les principes généraux d'évaluation de l'efficacité des divers types de pesticides. Il est essentiel de bien comprendre les parties 1 et 2 des lignes directrices, surtout la section 2.1 sur les méthodes d'essais, pour utiliser la partie 5 à bon escient.

Référence :

- 1 Anon. 1993. Lignes directrices pour l'évaluation de l'efficacité des pesticides chimiques. AAC, Direction générale de l'inspection et de la production des aliments., Directive réglementaire 93-07a de la Direction de l'industrie des produits végétaux, 5 avril 1993. 12 pp.

5.1.1 Comment utiliser ce document

Veillez noter qu'il s'agit de directives, et non de dispositions réglementaires, et qu'il faut s'inspirer des principes scientifiques dans leur application.

Les considérations d'ordre général, y compris l'applicabilité de données étrangères, sont discutées à la section 5.2; les méthodes d'essai sont décrites en détail à la section 5.3. L'évaluation des données est divisée en deux sections : la section 5.4, qui traite de la lutte contre les maladies et de la tolérance des récoltes sur la foi des essais individuels, et la section 5.5, où on trouve des suggestions concernant la comparaison de différents essais et l'évaluation de l'ensemble des résultats. Dans la section finale, section 5.6, on donne des profils d'utilisation plus spécifiques, par maladie importante ou culture importante. Les usagers n'ont qu'à consulter les profils d'utilisation qui s'appliquent à leurs récoltes.

On recommande de consulter le document à chaque grande étape de la préparation d'une demande d'homologation d'un usage important d'un pesticide. On peut s'en servir au début pour évaluer la qualité et le volume des données canadiennes et étrangères (sections 5.2, 5.4 et 5.5) extraites des bases de données, ou pour planifier un programme d'essais visant à recueillir les données nécessaires pour la demande d'homologation (sections 5.2 et 5.3) et à évaluer la validité et l'utilité des nouvelles données (sections 5.4 et 5.5). En dernier lieu, le document peut servir à préparer le rapport qui sera présenté à l'appui de la demande.

5.1.2 Portée

Ce document contient des directives sur l'évaluation de l'efficacité des produits chimiques utilisés dans la lutte contre les maladies végétales causées par des champignons (fongicides), des bactéries, des phytoplasmes et des mycoplasmes (bactéricides) ainsi que des nématodes (nématocides). Elles ne s'appliquent pas aux agents de lutte biologique, aux produits microbiens et aux virocides.

5.2 Aspects généraux

Le présent document s'appuie principalement sur l'ouvrage intitulé *Methods for Evaluating Pesticides for Control of Plant Pathogens*², dont les auteurs sont canadiens et américains. La publication *Manual for Field Trials in Plant Protection*³ contient également de nombreux renseignements utiles.

Références :

- 2 Hickey, K.D. (ed.) 1986. *Methods for evaluating pesticides for control of plant pathogens*. APS Press, Amer. Phytopath. Soc. 312 pp.
- 3 Muller, G. and F.J. Schwinn (eds.) 1992 (3rd ed.). *Manual for field trials in plant protection*. CIBA-Geigy Ltd., Basle, Switz. 271 pp. (disponible chez CIBA-Geigy).

5.2.1 Noms et termes

Les noms communs des maladies et des plantes hôtes, et les noms scientifiques de leurs agents étiologiques doivent être conformes au *Compendium of Plant Diseases and Decay Fungi in Canada, 1960-1980*⁶, aux *Noms des maladies des plantes au Canada*⁴ et au *Guide to Plant Pathogenic Bacteria*⁵. Les noms scientifiques des agents pathogènes doivent inclure les noms de genre et d'espèce, sauf si plusieurs espèces du même genre produisent des symptômes et des dommages semblables, p. ex., fonte des semis causée par *Pythium* spp.

On trouvera dans Nutter et coll.^{7, 8} des définitions des expressions anglaises concernant l'évaluation des maladies végétales.

Références :

- 4 Anon. 1992. *Noms des maladies des plantes au Canada*. Société de protection des plantes du Québec.
- 5 Bradbury, J.F. 1986. *Guide to plant pathogenic bacteria*. C.A.B. International Mycol. Inst., Kew, U.K. 332 pp.
- 6 Ginns, J.H. 1986. *Compendium of plant disease and decay fungi in Canada 1960-1980*. Publ. 1813, Res. Br., Agric. Can. 416 pp.

- 7 Nutter, F.W. Jr., P.S. Teng, F.M. Shokes. 1991. Disease assessment terms and concepts. *Plant Dis.* 75: 1187-1188.
- 8 Nutter, F.W. Jr., P.S. Teng, M.H. Royer. 1993. Terms and concepts for yield, crop loss, and disease thresholds. *Plant Dis.* 77: 211-215.

5.2.2 Allégations des étiquettes en ce qui concerne la lutte antiparasitaire

Chaque allégation que le titulaire désire inscrire sur l'étiquette doit être appuyée par de l'information scientifiquement valide. Il ne peut s'agir uniquement de preuves anecdotiques ou de témoignages, même si de telles preuves peuvent servir à étayer les données scientifiques.

Pour être admissible à l'homologation, le produit doit fournir un niveau de lutte phytosanitaire qui est avantageux pour l'utilisateur.

5.2.3 Étapes de développement des cultures

Lorsque le moment de l'application du produit chimique (voir la section 5.3.6) est fonction de l'étape de développement de la culture, il faut autant que possible renvoyer à des clés normalisées des étapes de croissance. On recommande fortement l'emploi du nouveau code décimal universel dénommé BBCH, d'après les noms des sociétés qui l'ont mis au point conjointement : BASF, Bayer, Ciba-Geigy et Hoechst⁹. L'échelle BBCH fournit une description universelle des étapes de croissance des cultures, notamment des plantes ligneuses et des mauvaises herbes, équivalentes du point de vue de la phénologie. Il s'agit d'une échelle Zadok modifiée pour l'appliquer à toutes les cultures et aux usages informatiques.

Les étapes de développement des cultures indiquées sur l'étiquette doivent également être descriptives.

Référence :

- 9 Lancashire, P.D., H. Bleiholder, T.v.d. Boom, P. Langeluddeke, R. Strauss, E. Weber, and A. Witzemberger. 1991. A uniform decimal code for growth stages of crops and weeds. *Ann. Appl. Biol.* 119: 561-601.

Nota : le manuel de Ciba-Geigy³ décrit et illustre également cette échelle.

5.2.4 Données non canadiennes

Lorsque c'est possible, les demandes d'homologation doivent se fonder sur des données canadiennes originales. Toutefois, les données d'autres pays sur l'efficacité

peuvent servir comme assise pour les essais d'un pesticide dans les conditions qui prévalent au Canada. Les requérants sont priés de s'adresser au gestionnaire des produits pour connaître le nombre d'essais canadiens requis. Les données étrangères qui ont été recueillies dans des conditions comparables à celles dans lesquelles le produit est destiné à être employé au Canada, et qui sont conformes aux exigences canadiennes, peuvent servir à étayer les demandes d'homologation canadiennes, surtout s'il s'agit de résultats d'études en ambiance contrôlée.

5.2.5 Interactions et ensembles de maladies

Certains symptômes de maladies peuvent être causés par plus d'un microorganisme qui agit de façon autonome ou par deux organismes ou plus qui agissent collectivement, par des agents pathogènes qui agissent selon un ordre séquentiel, p. ex., fonte des semis, et par des microorganismes qui agissent successivement au cours de la campagne, p. ex., la pourriture du collet de la luzerne. Dans d'autres cas, une légère infection par un organisme peut soit prédisposer un hôte à l'infection par un autre agent pathogène destructif, soit le protéger contre un deuxième agent pathogène.

Quel que soit le cas, il faut préciser sur l'étiquette et prouver par les résultats d'études en laboratoire ou au champ ou les deux présentés à l'appui de la demande d'homologation, quels sont les organismes touchés. Il ne faut pas prétendre que le produit peut maîtriser toutes les maladies d'un ensemble, à moins que les principaux composants n'aient été tous éprouvés séparément et collectivement.

Il arrive que les agents étiologiques d'une maladie soient transmis par un organisme vecteur. Dans ce cas, si la lutte antiparasitaire cible le vecteur, il faut consulter la section des lignes directrices qui traite du vecteur en question, p. ex., les insectes vecteurs sont traités dans la partie 5.

5.2.6 Composantes de l'efficacité

Plusieurs paramètres peuvent servir à mesurer l'efficacité des produits chimiques antiparasitaires. Parmi les mesures directes de l'intensité de la maladie, notons le nombre de plantes infestées, la gravité des symptômes chez chaque plante ou dans chaque parcelle, l'évolution des symptômes et le taux de survie des plantes. Parmi les paramètres indirects, notons la hauteur, le poids sec et le rendement brut, les facteurs de qualité comme l'apparence des graines ou des fruits, les caractéristiques relatives à l'entreposage, le rendement commercialisable ainsi que les populations d'agents pathogènes. On peut se servir de deux facteurs ou plus pour établir un indice de gravité de la maladie. En cas de doute sur les facteurs à utiliser, veuillez consulter le gestionnaire des produits.

Les requérants doivent démontrer qu'il y a eu augmentation du rendement ou de la qualité ou des deux à l'aide de mesures directes et indirectes et prouver que le traitement appliqué en est la cause.

5.2.7 Tolérance des cultures aux pesticides

Les requérants doivent déterminer les limites des doses du pesticide qui permettent de traiter l'hôte sans risque et indiquer quels symptômes apparaissent lorsque celles-ci sont dépassées. Comme le seuil de tolérance varie habituellement en fonction de l'étape de la croissance, les doses doivent être recommandées en fonction de l'étape en cours au moment de l'apport du produit chimique (directives supplémentaires à la section 5.4.3). Lorsque la formulation peut être utilisée sur une combinaison de cultures comme des pâturages mixtes ou des cultures abris, les seuils de tolérance de la ou des cultures associées devraient également être établis avant d'ajouter des allégations sur l'étiquette.

5.2.8 Données de rapprochement et essais comparatifs

Dans le cas des allégations concernant l'efficacité des nouvelles formulations et de l'ajout d'autres types de l'espèce en cause ou d'autres cultivars sur l'étiquette, il peut être suffisant de présenter des données de rapprochement plutôt que toute l'information exigée dans la demande originale (voir la section 2.1.15). Par exemple, si le vrai colza/canola est déjà inscrit sur l'étiquette et qu'aucun problème de tolérance au pesticide n'a été relevé, des essais de confirmation à quelques endroits représentatifs peuvent être suffisants pour ajouter la navette/canola sur l'étiquette.

On recommande toutefois au requérant de consulter le gestionnaire des produits avant de commencer de tels essais.

5.3 Méthodes d'essais

5.3.1 Substances à l'essai

La substance à éprouver doit être le produit formulé pour lequel on demande une homologation (voir la section 2.1.2). La substance à éprouver sera comparée à celles utilisées dans des traitements témoins, et, dans la mesure du possible, à un produit de référence. Le produit de référence sera le produit commercial le plus largement accepté à ce moment pour la lutte contre la maladie en cause. Si deux produits ou plus répondent à ce critère, on en choisira un à son gré comme produit de référence.

Toute substance ajoutée au moment de l'apport, comme les additifs, les enrobages et les adhésifs, doit d'abord être éprouvée séparément par le requérant. Si ces épreuves ne révèlent pas de problèmes, toutes ces matières peuvent être mélangées à la ou aux

matières actives et faire l'objet d'un traitement unique lors des essais subséquents et de ceux menés par des chercheurs indépendants.

S'ils sont connus, il faut communiquer le mode d'action et le taux de décomposition de la substance à l'essai aux chercheurs indépendants et les préciser dans la demande, parce que ces facteurs influent sur le calendrier et la fréquence d'application d'un pesticide.

5.3.2 Traitements témoins et cultivars représentatifs

Pour qu'un essai soit scientifiquement valide, les traitements antiparasitaires doivent être comparés à un témoin non traité. De plus, s'il existe un produit de référence, on s'en servira comme témoin de l'efficacité.

Il faut également utiliser au moins un des cultivars commerciaux les plus fréquents. De plus, il est souhaitable, en raison de la variabilité de la résistance des cultivars commerciaux, d'inclure dans certains essais des cultivars sensibles et résistants, s'il en existe.

5.3.3 Dose

Diverses doses du pesticide doivent être éprouvées, notamment des doses supérieures et inférieures à celles recommandées pour l'usage commercial (voir la section 2.1.3). En élaborant une échelle de dosage, on facilite la détermination des doses minimale et maximale recommandées. L'étiquette doit indiquer le moment et les taux d'application. On se sert également de cette échelle pour déterminer la probabilité d'effets phytotoxiques pour la culture. Les directives de l'étiquette doivent faire la différence entre une échelle de concentration appropriée à une application unique par campagne et celle applicable à des applications multiples, et indiquer la quantité maximale totale qui peut être appliquée au cours d'une même campagne.

Au besoin, veuillez consulter le gestionnaire des produits pour déterminer l'échelle des concentrations à éprouver.

5.3.4 Sélection des sites d'essais et taille des parcelles

Les conditions climatiques, le type et les conditions du sol, ainsi que les pratiques agricoles, peuvent avoir une incidence sensible sur l'efficacité d'un pesticide (voir la section 2.1.4). Il faut mener des essais à des sites représentatifs des principales conditions dans lesquelles le pesticide sera utilisé. Le nombre d'essais requis sera fonction de la combinaison culture/maladie. Le choix et le nombre de parcelles d'essai seront également fonction de la combinaison culture/maladie. En cas de doute, veuillez consulter le gestionnaire des produits.

En ambiance contrôlée, les principales variables à quantifier sont les substrats de croissance, la température, l'éclairage, le degré d'humidité et la durée des périodes d'humidité élevée. Pour l'entreposage en ambiance contrôlée, le débit d'air et la concentration des gaz atmosphériques sont également des facteurs importants à mesurer. On ne peut se servir que d'essais en ambiance contrôlée pour appuyer les demandes d'homologation d'utilisations sur le terrain. Ceux-ci sont toutefois utiles pour l'évaluation préliminaire des pesticides candidats, la sélection d'un ou de plusieurs pesticides pour des essais de terrain intensifs et la prestation de données d'appui.

On peut demander des résultats d'essais en ambiance contrôlée, et on peut même les exiger, lorsqu'il y a risque qu'une souche plus virulente que les populations endémiques s'échappe des parcelles. Dans de tels cas, les essais sur la tolérance au pesticide peuvent quand même être menés au champ, parce que la présence de l'agent pathogène n'est pas requise. Des essais en ambiance contrôlée sont requis pour l'homologation d'utilisations dans de telles conditions, p. ex., dans les serres et les champignonnières.

Afin de réduire la dérive entre les sites de traitement, il faut que le plan expérimental prévoit des rangs non traités entre ceux traités. On pourra y cultiver un cultivar plus grand ou plus compact ou des espèces plus résistantes à la maladie ou tolérantes à la pulvérisation. On pourra également se servir de barrières matérielles comme des feuilles de plastique, ou espacer davantage les parcelles pour augmenter la distance qui les sépare.

La taille des parcelles (voir les sections 2.1.5 et 2.1.6) variera en fonction de la combinaison culture/maladie à éprouver. Par commodité, les parcelles seront habituellement aussi petites que possible tout en assurant un développement adéquat de la maladie et en permettant la lutte efficace contre cette dernière. D'une part, plus la parcelle est grande, plus petite est l'interférence interparcelles. D'autre part, plus l'écart entre la manifestation de la maladie dans des parcelles adjacentes est grand, plus grands sont l'interférence interparcelles et le nombre de répétitions requis. Au cours des essais, l'étendue des options souhaitables sera normalement restreinte : des ambiances contrôlées aux grosses parcelles, en passant par les parcelles en pépinière ou petits champs. Les techniques de sous-échantillonnage sont adéquates pour l'évaluation des essais à grande échelle.

5.3.5 Pression exercée par la maladie

Il est essentiel que la maladie exerce une pression suffisante pour que les résultats des essais sur l'efficacité soient utiles. Il est souhaitable que, chez le traitement témoin, l'intensité de la maladie corresponde à ce que l'on observe généralement chez les cultures commerciales.

Il se peut que de fortes doses d'inoculum soient requises pour atteindre une intensité de maladie suffisante pour évaluer adéquatement l'efficacité du pesticide. Lorsqu'on se sert d'un inoculum naturel, il faut choisir judicieusement le site et vérifier les niveaux de l'inoculum avant les essais. D'une part, lorsqu'on se sert d'un inoculum naturel, il se peut qu'il soit nécessaire d'agrandir les sites afin d'augmenter le nombre de répétitions et de tenir ainsi compte de la variabilité des doses de l'inoculum sur la superficie des parcelles. D'autre part, si la concentration de l'inoculum est uniforme, les très petites parcelles ou traitements peu nombreux peuvent servir aux essais sur une superficie donnée. On peut également prévoir des bandes alternes d'un cultivar sensible à la maladie pour maintenir l'uniformité de l'inoculum d'une parcelle à l'autre, dans le cas des maladies polycycliques.

Un inoculum artificiel peut aider à surmonter ces problèmes expérimentaux sur le terrain. Parmi les méthodes d'inoculation, mentionnons la dispersion de débris végétaux ou de feuilles naturellement infectées ou de propagules produits artificiellement dans les parcelles, la pulvérisation de spores prélevées dans des champs ou des milieux de croissance artificiels infestés, et l'injection d'un agent pathogène directement dans des organes de la plante. En ambiance contrôlée, ou lorsqu'on doit utiliser des souches particulières d'un agent pathogène, on a habituellement recours à l'inoculation artificielle. Il faut prendre des précautions spéciales pour éviter les fuites lorsqu'on inocule des souches qui ne sont pas présentes au site d'essais, plus particulièrement lorsqu'il s'agit de souches virulentes ou d'agents pathogènes exotiques.

Au besoin, on prendra les mesures requises pour obtenir et maintenir des conditions environnementales qui favorisent un développement uniforme de la maladie, notamment la sélection de sites d'essais appropriés, l'irrigation, la pulvérisation en brouillard ou l'installation de minitunnels. Autrement, le site d'essais sera géré conformément aux pratiques commerciales acceptées dans la mesure du possible.

Il est préférable d'éprouver les ensembles de maladies à leur site naturel, car elles sont habituellement très difficiles à reproduire artificiellement. Il peut être nécessaire de continuer les essais pendant plusieurs années pour obtenir un nombre d'essais valides suffisant.

5.3.6 Calendrier et fréquence des applications et combinaisons de pesticides

Le mode d'application d'un pesticide influe souvent sur son efficacité (voir la section 2.1.7 sur les techniques d'application). De surcroît, le moment de l'application est souvent déterminant et peut être fonction de la saison, de l'étape de croissance, de la période précédant la récolte et du moment de la journée. Parfois, on tient également compte des périodes de dissémination des spores par l'agent pathogène ou de la durée des conditions atmosphériques propices à l'infection de l'hôte.

L'étiquette doit indiquer la saison ou les étapes de la croissance pendant lesquelles l'application est efficace, le nombre maximal d'applications pendant une campagne agricole donnée et soit la dernière étape de croissance qui requiert une application, soit le délai d'attente minimal en jours avant la récolte. Le calendrier des applications doit se fonder sur les étapes de croissance (voir la section 5.2.3) plutôt que sur les dates ou les mois de l'année, parce que les dates des étapes critiques de croissance varient selon l'endroit et la saison.

La fréquence et le nombre maximal d'applications du pesticide sont tributaires de la tolérance de la culture au pesticide, du cycle vital de l'agent pathogène, de l'induction chez ce dernier de la résistance résultant d'un emploi répété, de la durée de l'activité résiduelle du pesticide et des besoins en matière d'efficacité. Le délai d'attente avant la récolte dépend toutefois principalement de la vitesse d'altération ou de dissipation après l'application.

Les recommandations qui sont associées aux conditions météorologiques et au moment de la journée ciblent les périodes de sensibilité de l'hôte et d'exposition à l'infection, p. ex., durée des périodes d'humidité relative optimale, périodes de rosée, période pendant laquelle les feuilles sont mouillées ou périodicité diurne de dissémination des spores. On a mis au point des modèles prévisionnels pour certaines maladies, en quantifiant des facteurs semblables, p. ex., pour le mildiou de la pomme de terre, la tavelure des pommes et la brûlure de la feuille de l'oignon. Lorsque de tels modèles existent, il faut s'en servir pour les essais sur l'efficacité.

Une combinaison de pesticides s'entend de l'apport d'au moins deux produits. Il peut s'agir de formulations préparées par le fabricant, de mélanges en cuve, d'applications simultanées à partir de deux réservoirs à pulvérisation distincts (voir la section 2.1.13) ou d'applications séquentielles d'au moins un pesticide (voir la section 2.1.14). Lorsqu'on opte pour une combinaison de pesticides, on prendra soin d'en choisir au moins deux qui ont différents modes ou sites d'action ou qui sont appliqués en séquence alternée. Le pH doit être mesuré après le mélange. Des essais sur la combinaison doivent être menés avant de pouvoir la mentionner sur l'étiquette. Les données de rapprochement obtenues à la suite d'essais comparatifs peuvent toutefois être suffisantes, parce que chaque matière chimique active de la combinaison aura été évaluée séparément dans la plupart des cas. Les essais comparatifs devront montrer la compatibilité physique des composants de la combinaison, l'absence d'effets secondaires et d'une phytotoxicité nouvelle ou plus intense. Il est recommandé de consulter le gestionnaire des produits.

Pour les combinaisons avec d'autres types de pesticides comme des produits insecticides ou insectifuges, chaque type doit être conforme aux lignes directrices applicables.

Des applications séquentielles peuvent comprendre des applications répétées d'un seul produit, d'une combinaison de produits ou de produits différents ciblant le même agent pathogène. S'il existe des conditions récurrentes propices à de nouvelles infections, ou lorsque la première application ne réussit pas à contrôler la maladie, il faudra peut-être répéter les applications. Les applications séquentielles peuvent occasionner les problèmes suivants : augmentation de la phytotoxicité et sélection de souches pathogènes résistantes au traitement. Dans le premier cas, il se pourrait que l'on doive appliquer une série de doses réduites et dans le dernier, qu'il faille mettre au point de nouvelles combinaisons ou d'autres produits ayant un mode d'action différent.

5.3.7 Pesticides appliqués avec des engrais et des inoculants

Les pesticides peuvent être utilisés en combinaison avec des engrais (voir la section 2.1.17) ou des inoculants. Ces derniers sont jugés être des engrais aux fins de la réglementation et sont donc visés par la *Loi sur les engrais* et son règlement d'application. Toutes les classes de composants doivent être éprouvées séparément et ensemble, et leur compatibilité et utilité doivent être prouvées. Ces composants doivent être homologués séparément. On consultera le gestionnaire des produits pour s'assurer que les types d'essais menés sont suffisants.

5.3.8 Plan expérimental

Les essais sur l'efficacité doivent être conçus de façon à ce que l'on puisse mener des analyses statistiques valides et pertinentes (voir la section 2.1.1). Tous les facteurs évalués jusqu'ici à la partie 5 doivent être pris en compte lors de la planification des essais sur l'efficacité¹⁰. Il est habituellement plus simple de conduire une série d'essais dont chacun évalue un facteur unique plutôt que d'éprouver plusieurs facteurs ensemble. Toutefois, la deuxième méthode est moins coûteuse et est essentielle pour montrer les interactions entre les facteurs.

Les objectifs des essais doivent être clairement définis et inclure seulement des traitements visant à atteindre ces objectifs, en plus de témoins adéquats (voir la section 5.3.2).

Le nombre de répétitions résulte habituellement d'un compromis entre le nombre optimal du point de vue statistique et la taille d'une parcelle ou le degré d'uniformité réalisables, p. ex., plus la parcelle est grande, plus le sol est variable. Il existe des méthodes pour calculer le nombre minimal de répétitions nécessaires pour détecter les différences entre les traitements dans diverses circonstances (voir Nelson¹⁰ et les manuels cités). Quatre répétitions est le nombre le plus fréquemment utilisé. Si le nombre de répétitions est plus grand, les résultats ont plus de chance d'être reproductibles. Dans les expériences multifactorielles, certaines répétitions d'un niveau

de traitement peuvent être internes, ce qui réduit le besoin de répétitions externes. On doit faire tout ce qu'on peut pour s'assurer que l'essai est aussi uniforme que possible.

Pour vérifier le bien-fondé des plans expérimentaux, veuillez vous adresser à un statisticien ou consulter un compendium de plans expérimentaux appropriés¹⁰.

Référence :

- 10 Nelson, L.A. 1986. Use of statistics in planning, data analysis, and interpretation of fungicide and nematocidal tests. Pp. 11-23 in: K.D. Hickey (ed.) *op. cit.*

5.4 Évaluation des essais individuels

Chaque essai doit faire l'objet d'évaluations et d'analyses complètes. Il faut tirer des conclusions avant de pouvoir comparer les résultats de l'essai à ceux d'autres essais. Il faut déterminer qu'il s'agit d'un essai valide pendant lequel la maladie a exercé une pression suffisante, qui était exempt d'interférences externes, et soumettre les données à des analyses statistiques appropriées avant de pouvoir les utiliser dans d'autres évaluations qui serviront à étayer la demande d'homologation.

5.4.1 Validité des essais

Les résultats de tous les essais valides menés dans des conditions pertinentes doivent accompagner la demande d'homologation.

Un essai valide est un essai au cours duquel la maladie exerce une pression adéquate et pour lequel il n'existe, *a priori*, aucune raison de rejeter les résultats. Veuillez consulter les paragraphes qui suivent pour une explication plus complète.

Pour déterminer si un essai phytosanitaire est valide, il faut mesurer ou prendre en considération un certain nombre de facteurs, dont l'intensité de la pression qu'exerce la maladie (voir les sections 5.2.7 et 5.3.5), les conditions atmosphériques et d'autres facteurs externes.

Le principal facteur qui sert à déterminer si la maladie est assez grave pour évaluer les effets du pesticide est son intensité dans les parcelles témoins. Celle-ci peut être mesurée au moment de l'application du pesticide et à intervalles réguliers jusqu'à la récolte. Le nombre de mesures dépendra du nombre d'étapes principales de croissance et de développement de la maladie entre l'application et la récolte, et de la possibilité de détecter les symptômes après le début de la sénescence.

Parmi les raisons *a priori* justifiant le rejet de données, mentionnons les facteurs climatiques. En plus des calamités évidentes, comme la grêle, les ouragans, les inondations et le gel meurtrier (qui peuvent nécessiter la fin des essais ou le rejet des données ou les deux), les conditions atmosphériques peuvent avoir d'autres répercussions importantes sur les cultures et les données, p. ex., un léger gel peut causer des dégâts importants au moment de la floraison, qui peuvent passer inaperçus après deux semaines ou après la chute des fruits. Il peut être nécessaire de surveiller les conditions atmosphériques à tous les jours pendant les périodes critiques des essais. Le cas échéant, des sondes de mesure seront placées là où on effectue les traitements antiparasitaires, p. ex., parmi les graines semées dans le sol pour un essai sur un traitement des semences ou au niveau des branches d'un arbre fruitier. Il faut placer des sondes de référence dans un abri Stevenson standard pour pouvoir comparer les données recueillies sur les conditions atmosphériques aux registres météorologiques officiels.

La tenue de registres permettra de vérifier si l'établissement et le développement de l'hôte étaient normaux et de noter toutes les aberrations. Lorsque les parcelles ont subi l'action de facteurs externes, il faut les éliminer et appliquer des techniques statistiques correctives pour tenir compte des données manquantes.

Lorsque la maladie se développe de façon non uniforme dans la parcelle, il faut l'indiquer et, dans la mesure du possible, noter sa distribution sur une carte, afin d'identifier une source importante de variabilité, ou appliquer un plan expérimental en blocs. On s'efforcera de choisir des méthodes correctes d'évaluation.

Pour valider un essai, il se peut que l'on doive prouver que la substance à l'essai a atteint sa cible (organes particuliers de la plante), p. ex., à l'aide de colorants fluorescents, de bandes de papier sensible à l'eau ou d'autres moyens appropriés³.

5.4.2 Analyses statistiques

Tous les tests valides doivent être soumis à des analyses statistiques appropriées au plan expérimental et aux résultats mesurés¹⁰ (voir la section 2.1.11). Pour chaque essai, on doit faire une analyse adéquate et tirer des conclusions avant d'en comparer les résultats à ceux d'autres essais.

Par exemple, les données obtenues doivent être analysées conformément à leurs modes de distribution, c.-à-d., les variances homogènes ou qui suivent une distribution de type Poisson ou binomial ou un autre mode de distribution doivent être analysées à l'aide d'une méthode appropriée. L'efficacité des pesticides peut être quantifiée en comparant les courbes dose-réponse aux données^{10, 13}.

L'analyse de variance (ANOVA) et l'analyse ordinaire de régression des moindres carrés ne s'appliquent qu'aux réponses continues qui ne présentent ni un plancher ni un plafond théoriques (ni les deux). Ces méthodes courantes d'analyse ne sont pas adéquates pour les données discontinues, comme les dénombrements, le nombre de survivants par rapport au nombre exposé, ainsi que d'autres catégories. De plus, les tests des comparaisons multiples ne sont adéquats que s'il n'existe aucune structure chez les traitements¹³, et il se pourrait que certains ne soient pas toujours jugés assez rigoureux. D'autres méthodes comme le test Waller-Duncan Bayesian, la plus petite différence significative « protégée » ou les contrastes orthogonaux peuvent être appliqués si les circonstances le justifient^{10,11,13,14,15,16}.

On notera qu'un niveau de signification de 5 p. 100 ou moins ($P < 0,05$ ou $P = 0,05$) est la norme en sciences, même s'il est arbitraire. Par ailleurs, on peut parfois se servir d'autres valeurs¹².

Références :

- 11 Baker, R.J. 1980. Multiple comparison tests. *Can. J. Plant Sci.* 60: 325-327.
- 12 Little, T.M. and F.J. Hills. 1978. Pp. 24-25 *in*: *Agricultural Experimentation*. J. Wiley and Sons, N.Y. 350 pp.
- 13 Little, T.M. 1981. Interpretation and presentation of results. *Hortsci.* 16:637-640.
- 14 Swallow, W.H. 1984. Those overworked and oft-misused mean separation procedures--Duncan's, LSD, etc. *Plant Dis.* 68:919-921.
- 15 Steel, R.G.D. and Torrie, J.H. 1960. *Principles and Procedures of Statistics*. 2nd ed. McGraw-Hill, New York.
- 16 Snedecor, G.W. and Cochran, W.G. 1980. *Statistical Methods*. 7th ed. The Iowa State University Press, Ames, Iowa. 507 pp.

5.4.3 Évaluation de la tolérance des cultures aux pesticides

La deuxième partie de l'évaluation d'un pesticide vise à déceler les dommages qu'il cause à la plante hôte (phytotoxicité), le cas échéant (voir la section 2.1.10b). Lorsque les doses recommandées n'endommagent pas l'hôte, il est souhaitable de les augmenter afin d'établir une marge de sécurité entre la dose maximale recommandée et le début de la phytotoxicité.

Il faut noter tout dommage ou anomalie et en mesurer l'intensité selon le pourcentage de la zone endommagée et la réduction de la hauteur, du poids ou du rendement de la plante. Toute déformation, altération de couleur, du nombre de tiges ou de feuilles et tout retard dans le développement et la maturation doivent être notés.

Lorsque l'on consigne les réactions phytotoxiques, il faut mesurer leur durée et les effets, p. ex., la phytotoxicité peut être de courte durée et n'avoir aucun effet sur le rendement ou la qualité, ou le pesticide peut procurer un avantage net malgré la phytotoxicité, ou les pertes peuvent justifier un ajustement de la dose ou l'emploi d'un autre pesticide.

Finalement, les différents cultivars d'une culture donnée peuvent montrer différents degrés de tolérance au pesticide. Toutes les demandes d'homologation doivent inclure les résultats d'essais sur des cultivars représentatifs qui sont utilisés commercialement à ce moment.

5.5 Évaluation du pesticide

Les conclusions sur l'efficacité d'un pesticide doivent être fonction des résultats d'une série d'essais (voir les sections 2.1.11 et 2.3). Il faut se servir des données de tous les essais valides pour tirer des conclusions.

5.5.1 Comparaisons d'essais différents

On peut analyser les données d'essais similaires pour déterminer dans quelle mesure ils sont semblables ou différents. Lors de la comparaison d'essais, il faut tenir compte des facteurs non comparables comme les divers sols, conditions atmosphériques, concentrations de l'inoculum, dépôts de brouillard et pratiques agricoles. Parmi les facteurs comparables, notons les traitements standard et témoins, les cultivars, les méthodes et les plans expérimentaux et d'inoculation.

Les demandes d'homologation doivent inclure des rapports sur les essais menés par tous les organismes, y compris ceux du fabricant et des chercheurs des secteurs public et privé. Tous les résultats publiés doivent être annexés à la demande.

Les résultats des différents essais doivent être consignés dans des tableaux de synthèse. Les résultats des essais individuels doivent être joints en annexe et numérotés. Les conclusions doivent être claires et il faut indiquer les méthodes d'application souhaitables, l'échelle des doses, le calendrier d'application et les restrictions. Chaque conclusion et chaque allégation inscrites sur l'étiquette doivent être étayées par les données présentées.

5.5.2 Présentation du rapport

(voir Dir93-07a, section 2.2, Communication des données sur l'efficacité)

Chaque rapport doit indiquer clairement les noms des maladies, des agents pathogènes et des matières qui seront inscrits sur l'étiquette du pesticide. Il faut joindre toute

l'information pertinente mentionnée à la section 2.2.3 des lignes directrices. Voici certains renseignements additionnels qu'il est important d'ajouter pour les produits servant à la lutte contre les maladies :

- a) source de l'inoculum et méthode d'inoculation (naturelle, artificielle);
- b) méthode d'évaluation de la maladie (p. ex., pourcentage de la superficie de la feuille montrant des lésions);
- c) identification des témoins sélectionnés selon la section 5.2.2.

Veillez consulter le sommaire des données de terrain requises au tableau 1.

On pourra s'inspirer du rapport de recherche sur la lutte antiparasitaire (*Pest Management Research Report*) pour la présentation des rapports sur les essais individuels.

5.6 Modes d'emploi particuliers

5.6.1 Généralités

Les évaluateurs doivent avoir une idée claire du type de lutte chimique qu'ils visent. Cela dépendra du mode d'action du produit chimique et du cycle vital de l'agent causant la maladie. Ces facteurs influenceront sur le calendrier, la fréquence et les doses d'application. Les traitements peuvent être divisés en deux types : les traitements de protection et ceux d'éradication. Les pesticides prophylactiques ou de contact agissent principalement comme traitement de protection, non seulement en raison de leur manque de mobilité, mais également parce que le nombre de propagules pathogènes à éliminer est relativement faible au début de l'infection. Pour cette même raison, les pesticides systémiques sont également plus efficaces aux premiers stades de l'infection. Lorsqu'il en existe, on se servira de systèmes de surveillance et de prédiction des maladies commercialement acceptables, pour déterminer le moment d'application opportun.

a) Bactérioses

Les méthodes d'évaluation de l'efficacité des produits chimiques de lutte contre les bactéries pathogènes sont en principe très semblables à celles employées avec les champignons pathogènes. Par conséquent, les bactérioses sont traitées dans les sections portant sur les traitements des sols, des semences, en surface, dans les serres et après la récolte. Des méthodes particulières d'épreuve de l'efficacité des brouillards bactéricides en ambiance contrôlée et sur le terrain^{17,18} et comme traitements du sol¹⁹ ont été examinées. Pour de plus amples renseignements, veuillez consulter les références.

Références :

- 17 Beer, S.V. and J.L. Norelli. 1986. Evaluating spray materials to control fire blight: laboratory, greenhouse and field techniques. Pp. 134-142 in: Hickey, K.D.(ed.), *op.cit.*
- 18 Gitaitis, R.D., J.B. Jones and S.M. McCarter. 1986. Evaluation of chemical control of bacterial diseases of tomato. Pp. 205-209 in: K.D. Hickey (ed.), *op.cit.*
- 19 Moore, L.W. 1986. Evaluating soil treatments for control of *Agrobacterium tumefaciens*. Pp. 273-276 in: K.D. Hickey (ed.), *op.cit.*

b) Nématodoses

Les méthodes servant à évaluer l'efficacité des nématocides contre les maladies végétales causées par des nématodes ne sont pas en principe différentes de celles servant à évaluer les fongicides. Les méthodes de manutention et d'évaluation des populations de nématodes présentes dans le sol et les végétaux ont été longuement examinées^{20,21,22}, et les méthodes au champ ont été mises à jour²³.

Les expérimentateurs doivent déterminer s'ils ciblent des endoparasites sédentaires ou migrants, des ectoparasites ou d'autres types de nématodes, et mener des essais et des évaluations de suivi appropriés. Il s'agit avant tout de protéger les cultures par des applications simples ou fractionnées de nématocides et de mesurer l'effet immédiat et la durée de la protection.

Pour les applications foliaires, veuillez consulter la section 5.6.4 et pour les nématodoses terricoles, la section 5.6.2 ci-dessous. L'efficacité des nématocides ajoutés au sol peut varier sensiblement dans un même champ ou d'un champ à l'autre, en fonction de la variation de la texture et des teneurs en eau et en matières organiques. Il est par conséquent essentiel d'évaluer les sols où se situent les parcelles avant de commencer les essais et de choisir un plan expérimental qui tient compte de la distribution non uniforme des nématodes.

Références :

- 20 Brown, R.H. and B.R. Kerry (ed.s). 1987. Principles and practice of nematode control in crops. Academic Press. 447 pp.
- 21 Maloy, O.C. 1993. Plant Disease Control: Principles and Practice. J. Wiley and Sons Inc. New York, 346 pp.
- 22 Part X. Nematicide test procedures. 1986. Pp. 281-307 in: K.D. Hickey (ed.), *op.cit.*
- 23 Part 5. Nematicide field trials. 1992. Pp. 227-237 in: Muller, G. and F.J. Schwinn (eds.). Manual for field trials in plant protection. CIBA - Geigy Ltd., Basle, Switz., 271 pp.

5.6.2 Traitements des sols

On peut diviser les traitements chimiques du sol en deux types : ceux précédant et ceux suivant les semis. Les pesticides de pré-plantation sont principalement des fumigants et agents stérilisants qui agissent comme biocides pour pasteuriser ou stériliser le sol, mais certains ont un effet nématocide sélectif.

Dans les petits champs, on se sert parfois de mélanges secs ou d'arrosages abondants pour incorporer des pesticides dans les sols avant la plantation. En ambiance contrôlée, cette méthode est très courante. Elle est généralement jugée inefficace au champ, parce que les microorganismes terricoles inactivent les produits chimiques et les particules d'argile les adsorbent ou les deux. Toutefois, avec les nouveaux granules à libération lente, l'incorporation avant la plantation pourrait être aussi utile pour lutter contre les maladies des semis qu'elle l'est déjà dans la lutte contre certains insectes.

Pour les traitements du sol subséquents à la plantation, on applique les pesticides par arrosage ou pulvérisations dirigées vers le pied ou sous forme de granulés, afin d'empêcher les épidémies soudaines, p. ex., de fonte des semis dans les pots et les caissettes de serres, pour lutter contre les maladies des racines, ou par injection dans la zone racinaire en vue de l'absorption des pesticides systémiques par les parties du végétal qui sont au-dessus du sol.

a) Injection dans le sol pour absorption par la racine

Ce type d'application est utile chez les arbres établis et les autres plantes ligneuses vivaces. On se sert dans ce cas de pesticides systémiques qui sont absorbés par les racines et transportés aux parties végétales infectées au-dessus ou au-dessous du sol. Avec cette méthode, le pesticide est habituellement appliqué dans la zone racinaire. Pour éviter l'absorption par les microorganismes de la couche superficielle et par la matière organique, le pesticide est inséré dans la zone racinaire juste sous la surface du sol par une série de trous percés sur le pourtour de l'arbre à l'aplomb de la ramure. Il s'agit d'une méthode spéciale d'arrosage du pied directement dans le sol.

b) Arrosage du pied et granulés

Il n'est pas utile de disperser des pesticides dans le sol pour lutter contre les maladies des racines et du collet, parce que la plus grande partie du produit chimique n'atteint pas sa cible. Il est adsorbé par la matière organique ou les particules d'argile ou s'attaque à des organismes non visés plutôt qu'aux agents pathogènes. La dispersion des pesticides par des arrosages du pied ou par l'enfouissement de granulés et de poudres dans le sol peuvent néanmoins être

efficaces dans les couches de semis, les autres couches, les pépinières, les serres, les contenants et avec les autres cultures de valeur élevée. Comme le type, la texture, le pH, la teneur en matières organiques et la profondeur du sol peuvent influencer sur les résultats, il est essentiel de décrire minutieusement le sol, les préparations de sol et les caractéristiques passées du site²⁷.

L'incorporation d'un pesticide avant la plantation permet un mélange plus complet et profond des formulations sèches. Comme les propagules d'inoculum sont petites, une bonne incorporation ou pénétration du pesticide est essentielle.

La pulvérisation dans la raie de semis peut agir comme barrière entre l'agent pathogène et la base de la tige²⁶. Les arrosages peuvent être faits avant ou après la levée, par vaporisation à la surface du sol ou dans l'eau d'irrigation, en volume suffisant pour détrempier le sol à la profondeur requise ou en l'arrosant subséquent^{23,24,25,26}. Les produits chimiques devront peut-être être appliqués de façon à empêcher que les racines ne s'étendent à l'extérieur de la zone traitée pendant la phase vulnérable de la croissance²⁶.

Il faut déterminer l'indice de gravité de la maladie juste avant d'appliquer le pesticide et à des intervalles réguliers subséquents.

Références :

- 24 Johnson, A.W. 1986. Evaluating nematicides applied through sprinkler irrigation systems. Pp. 300-302 in: K.D. Hickey (ed.), *op.cit.*
- 25 Johnston, S.A. and D. Hall 1986. Field evaluation of fungicides for control of Allium white rot. Pp. 194-196 in: K.D. Hickey (ed), *op.cit.*
- 26 Kroll, T.K. 1986. Field evaluation of fungicides for control of clubroot of Crucifers. Pp. 185-186 in: K.D. Hickey (ed.) *op.cit.*
- 27 Nesmith, W.C. and C.W. Averre. 1986. Determining & reporting soil properties in fungicide & nematicide tests. Pp. 24-28 in: K.D. Hickey (ed), *op.cit.*

c) Chimigation

Les pesticides peuvent être mélangés à l'eau d'irrigation. L'étiquette du produit doit clairement indiquer que le pesticide peut être appliqué à l'aide d'un système d'irrigation. Par conséquent, le produit doit être éprouvé de façon adéquate sous irrigation avant d'inscrire des allégations à cet égard sur l'étiquette. Des lignes directrices sur l'apport de pesticides à l'aide de systèmes d'irrigation viennent d'être publiées³⁰. Des méthodes ont été mises au point pour la recherche sur la lutte contre les maladies foliaires²⁹ et terricoles²⁴, notamment la fumigation du sol par chimigation avec un fumigant soluble dans l'eau²⁸.

La chimigation consiste à appliquer des fongicides et des nématocides en gros volume, ce qui la distingue des pulvérisations au sol ou aériennes standard de faibles volumes. Habituellement, seul 10 p. 100 du produit restera sur les feuilles comparativement à jusqu'à 90 p. 100 dans le cas des applications standard. On peut améliorer l'efficacité en améliorant la distribution des produits chimiques, en réduisant la quantité de l'inoculum principal dans les débris et le compactage du sol²⁷. Par conséquent, l'efficacité d'un produit ajouté à l'eau d'irrigation est habituellement différente de celle du même produit appliqué à l'aide d'un brouillard standard. Il peut être nécessaire de fournir des données de rapprochement (données comparatives) entre la chimigation et les méthodes d'application traditionnelles.

Références :

- 28 Adams, P.B. 1986. Soil fumigation by chemigation with Metham. Pp. 270-272 in: K.D. Hickey (ed.), *op. cit.*
- 29 Backman, P.A. 1986. Evaluating foliar fungicides applied through irrigation systems for control of peanut diseases. Pp. 221-223 in: K.D. Hickey (ed.), *op. cit.*
- 30 Van der Gulik, T.W. 1993. Chemigation: guidelines for British Columbia. B.C. Min. Agric. Fish. Food and Irrigation Industry Assoc. B.C., 81 pp.

d) Fumigants

La fumigation du sol nécessite l'utilisation de produits chimiques qui sont actifs en phase vapeur. Les aspects essentiels pour tous ces produits sont leur incorporation ou injection complète à une profondeur suffisante. Le gaz doit bien pénétrer les particules de sol; il faut donc que le sol soit bien travaillé et aéré à des températures suffisamment élevées. Il faut que le gaz reste dans le sol pour la période requise. Pour ce faire, on utilisera une couverture étanche aux gaz ou on scellera la surface du sol par tassement ou avec de l'eau^{21,28}. Le gaz doit ensuite être libéré en enlevant la couverture et, au besoin, en aérant le sol. Il peut être nécessaire d'analyser le sol pour détecter les résidus phytotoxiques du fumigant avant de semer ou de planter des cultures.

Une forte teneur en eau ou en argile (l'argile mouillée est presque étanche aux gaz), une faible température du sol et une injection ou incorporation trop superficielles peuvent restreindre l'efficacité du fumigant. Les limitations de l'efficacité peuvent également dépendre du type et de la densité des résidus de cultures présents dans le sol, des populations initiales de l'agent pathogène et de la porosité du sol. Si un inoculum subsiste en profondeur, il ne disparaîtra pas après le traitement et attaquera la nouvelle culture³¹. Par contre, si l'on se sert de fumigants qui agissent comme biocides ou agents stérilisants, la plus grande

partie de la microfaune et de la microflore du sol, antagonistes naturels des agents pathogènes, sera habituellement détruite. Cela créera un vide biologique qui permettra aux envahisseurs précoces ou plus efficaces de prospérer. S'il s'agit d'un ou de plusieurs agents pathogènes, les cultures subséquentes pourraient se trouver aux prises avec des problèmes nouveaux ou même plus graves.

Il peut être nécessaire de faire des évaluations de suivi de l'effet antiparasitaire et de la vigueur des plantes au cours de la campagne et peut-être pendant la campagne suivante. Par ailleurs, on a observé que la fumigation procurait parfois des avantages autres que la lutte contre la maladie ciblée, comme une augmentation du rendement plus grande que les pertes attribuables à la maladie. Les rendements obtenus doivent être comparés aux pertes de rendement estimées d'après l'indice de gravité de la maladie.

Référence :

- 31 Moore, L.W. 1986. Evaluating soil treatments for control of *Agrobacterium tumefaciens*. Pp. 273-276 in: K.D. Hickey (ed.), *op. cit.*

e) Organismes non visés

Tous les types de traitement du sol, surtout les fumigants, les agents stérilisants et les biocides, peuvent avoir des effets néfastes sur les organismes non pathogènes³³. Il peut en particulier y avoir une diminution marquée des populations de microorganismes symbiotiques bénéfiques comme les mycorhizes³² et les rhizobiums et des antagonistes des agents pathogènes comme *Trichoderma* spp., *Gliocladium* spp. et *Bacillus* spp. Il peut être nécessaire de mener des essais sur des organismes de ce type et on recommande aux requérants de consulter le gestionnaire des produits.

Références :

- 32 McGraw, A.-C. and J.W. Hendrix. 1984. Host and soil fumigation effects on spore population densities of species of Endogonaceous mycorrhizal fungi. *Mycologia* 76: 122-131.
- 33 Starr, J.L. and C.M. Kenerly, 1986. Nematicide evaluation as affected by disease complexes and nematicide effects on nontarget organisms. Pp. 305-307 in: K.D. Hickey (ed.) *op.cit.*

5.6.3 Traitements des semences

On peut se servir de traitements des semences pour lutter contre les agents pathogènes terricoles et séminicoles. Le choix des produits chimiques et des taux d'application dépend du type de lutte requis. Pour les essais sur les maladies terricoles³⁴, on effectuera des essais préalables et on choisira des lots de semences montrant un bon taux et une bonne vitesse de germination et dont les plantules sont vigoureuses. Pour les maladies séminicoles, on choisira des lots montrant une forte pourcentage d'infection. Il faut préciser les méthodes de traitement des semences employées.

Les essais de germination en laboratoire doivent être menés immédiatement après le traitement, pour évaluer la phytotoxicité possible, et à intervalles appropriés subséquents, pour étayer les allégations sur la durée d'utilisation de la semence après le traitement.

Le moment et les conditions de semis influent souvent sur l'intensité de la maladie et doivent être indiqués. Il peut être utile de vérifier la température et l'humidité du sol, car celles-ci peuvent avoir une incidence sensible sur l'efficacité du fongicide et la germination. Il peut être nécessaire de mener des essais sur le traitement des semences lorsque la température du sol est basse, afin que la pression exercée par la maladie soit suffisante pour prouver l'efficacité de l'antiparasitaire.

L'établissement du peuplement constitue une bonne mesure de l'efficacité du traitement des semences. Des dénombrements périodiques des plantules mortes à la levée et après la levée peuvent faciliter l'étude de la progression de la maladie et l'évaluation de l'efficacité. Un retard de la levée peut être un symptôme de phytotoxicité. Pour les cultures semées à l'automne, on recommande des dénombrements des peuplements avant et après l'hiver. Les maladies systémiques continuent souvent à se manifester jusqu'après l'épiaison, ce qui nécessite des dénombrements plus tard au cours de la campagne. Il faut colliger des données sur le rendement pour montrer que les effets qui ont été observés sur l'établissement du peuplement valent également au moment de la récolte³⁴.

a) Maladies séminicoles

Les maladies séminicoles sont de deux types fondamentaux : celles dont l'agent pathogène est superficiel ou **à la surface**, et celles dont l'agent pathogène pénètre le tégument de la graine ou plus profondément, c.-à-d. qu'il s'agit d'un **endoparasite** ou d'une infection systémique.

Les graines infectées naturellement (10-30 p. 100) se prêtent aux essais sur la plupart des maladies, mais le nombre de semences éprouvées, la taille des

parcelles ou le nombre de répétitions doivent être augmentés au fur et à mesure que l'infection s'atténue, ou l'on peut avoir recours à des semences inoculées, selon la maladie évaluée. D'une part, si l'intensité de la maladie chez le témoin est trop faible, il est possible qu'on ne puisse détecter les écarts entre les traitements ou que les résultats donnent faussement l'impression que l'agent pathogène est bien maîtrisé. D'autre part, si l'intensité de la maladie est trop élevée, la formulation doit répondre à une sollicitation trop élevée ou on peut recommander une dose supérieure à la dose requise ou les deux (voir la section 5.3.5). La méthode d'inoculation doit être indiquée.

Le niveau acceptable de lutte contre la maladie est fonction de la maladie et de la destination de la culture, p. ex., l'élimination totale de la carie du blé n'est pas essentielle pour obtenir un bon rendement, mais elle l'est pour l'exportation.

b) **Maladies terricoles**

Comme dans le cas des maladies séminicoles, les maladies terricoles ne se manifestent pas tant que la graine n'est pas imbibée d'eau.

i) **Fonte des semis**

Les brûlures terricoles des graines et des semis, qui portent le nom collectif de **fonte des semis**, peuvent être causées par des agents pathogènes des trois principales classes de champignons. Les expérimentateurs doivent s'assurer que les agents pathogènes pertinents sont présents dans le sol ou les champs expérimentaux.

On remarquera que, comme le même champignon terricole peut causer aussi bien la fonte pré-levée que post-levée des graines et semis, on peut appliquer quatre moyens différents de mesure : la capacité de germination (mesurée *in vitro*), le pourcentage de germination dans le sol, le pourcentage de levée et le pourcentage d'établissement des peuplements (chez les plantules qui ont dépassé le stade de sensibilité à la fonte). Pour les tests sur l'efficacité, l'établissement du peuplement est le paramètre déterminant³⁵.

Lorsque les mêmes organismes causent la fonte des semis et la pourriture des racines, il n'est pas toujours possible de distinguer nettement entre les deux. La fonte des semis est jugée prendre fin lorsque la subérification des racines principales est suffisante pour empêcher la mort des plantules. Extérieurement, le symptôme de la tige allongée signale la transition de la fonte à l'établissement ou, si la pourriture du collet persiste, à cette dernière.

ii) Pourritures du collet

Un deuxième type de maladie terricole contre laquelle on peut lutter par un traitement des semences, est causée par des agents pathogènes qui infectent les semis, mais se manifeste sous forme de pourriture du collet des plantes sur pied, p. ex., la pourriture sèche du blé et de l'orge. La pourriture des racines peut se mesurer par l'incidence (nombre de plantes attaquées), la gravité (proportion des racines présentant des lésions ou pourries), le poids sec de la plante et le rendement grainier.

c) Traitements combinés des semences

Lorsque l'on traite les semences pour lutter à la fois contre les maladies séminicoles et terricoles, un choix judicieux peut permettre de restreindre le nombre de pesticides requis, c.-à-d., un pour chaque grande classe de champignons. Il faut toutefois faire attention d'éviter ou de limiter la phytotoxicité, puisque les semences sont de minuscules structures qui seront appelées à porter une charge complexe de pesticides, p. ex., au moins un fongicide et un insecticide ou un inoculant ou les trois. Les traitements comparatifs doivent inclure un produit de référence qui contient plusieurs composants du mélange à éprouver (p. ex., une formulation semblable, sauf qu'un des fongicides en est absent). Avec le traitement combiné, on peut observer un léger retard de la levée, toutefois, des plantes plus saines et un taux plus élevé d'établissement contrebalancent habituellement ce premier effet. Il est important d'évaluer les effets additifs des combinaisons, soit positifs, soit négatifs, sur la levée et la croissance des plantes (voir la section 5.2.7).

d) Enrobage, granulation et semis en gel

Les produits chimiques servant au traitement des semences peuvent être ajoutés à un matériel d'enrobage, comme la méthylcellulose, qui améliore leur rétention sur la graine. Les composants du mélange peuvent être appliqués en couches individuelles dans certains cas. Des produits chimiques peuvent également être ajoutés à un gel au moment des semis^{34,35}.

Références :

- 34 Mathre, D.E. and E.D. Hansing. 1986. Evaluating seed-treatment fungicides. Pp. 248-251 *in*: K.D. Hickey (ed), *op.cit.*
- 35 Sonoda, R.M. and S.C. Phatak. 1986. Screening fungicides for seed and seedling disease control in plug-mix and fluid-drilling plantings. Pp. 258-260 *in*: K.D. Hickey (ed.), *op.cit.*

5.6.4 Traitements en surface

En général, les traitements en surface visent la prévention de l'infection par des spores ou d'autres propagules en les tuant à leur arrivée à la surface de la plante ou en éradiquant l'agent pathogène à un stade précoce de l'infection.

La capacité de dispersion de l'agent pathogène influe directement sur la taille des parcelles utilisées. Si des spores présentes dans des débris de cultures sont libérées et dispersées, principalement par des éclaboussures de pluie, on peut alors se servir de parcelles relativement petites. Si, par contre, les spores sont dispersées par le vent, il faudra non seulement des parcelles plus grosses, mais on ne pourra empêcher l'inoculation de parcelles, qui peuvent alors servir à déterminer la phytotoxicité ou l'efficacité des traitements ou les deux, que si l'on couvre la culture pour empêcher tout contact avec les spores pendant toute la pulvérisation. Si la dispersion est peu abondante, on pourra la limiter en plantant des rangs de garde d'espèces plus grandes et non sensibles.

Les chercheurs doivent mesurer quantitativement, à l'aide d'un indice de gravité de la maladie, les nouvelles inoculations ou nouvelles infections à la suite de l'application de composés fongistatiques. Il est clairement souhaitable qu'un produit chimique soit rémanent et procure une protection prolongée contre l'inoculation naturelle répétée.

En général, les essais doivent être conformes aux bonnes pratiques de gestion et de récolte courantes. Comme les champs de cultures vivaces montrent une plus grande variabilité que ceux de cultures annuelles, il faudra peut-être prévoir un plus grand nombre de répétitions (au moins six).

On aura peut-être besoin d'une irrigation additionnelle par aspersion pour garantir une teneur en eau et une humidité suffisantes et assurer ainsi un développement adéquat de la maladie⁴¹. En l'absence d'irrigation, il faudra effectuer des applications après les périodes très humides. Comme la durée de telles périodes ou la présence de feuilles mouillées ou les deux sont de meilleurs indicateurs de l'infection que les précipitations, on pourra consigner ces observations, ainsi que les températures ambiantes et la quantité de pluie, tout au long des essais.

Les applications foliaires seront surtout efficaces lorsqu'elles sont faites par temps sec et à des températures modérées, dépendant de la formulation. S'il pleut avant que le brouillard n'ait séché, il est probable que le produit sera lessivé. Si la température est élevée, les risques de phytotoxicité sont plus grands.

La saison de dormance, de la fin de l'automne à la fin de l'hiver, est souvent une période utile pour la lutte contre les maladies dont l'inoculum passe l'hiver dans l'écorce, les débris végétaux ou d'autres endroits relativement bien exposés. De tels traitements sont

aussi utiles dans la lutte contre les maladies qui ont cours durant les périodes d'infection printanières. Grâce à eux, on pourra également utiliser des doses plus concentrées ou des produits chimiques plus rémanents en raison du risque réduit de phytotoxicité et du délai d'attente plus long avant la récolte, pourvu que l'on tienne compte des préoccupations d'ordre environnemental.

a) Cultures annuelles de plein champ

La présente section traite des céréales, des oléagineux, des légumineuses à grain et des cultures fourragères annuelles et inclut les cultures annuelles d'hiver semées à l'automne et les cultures semées au printemps. Les conditions environnementales, les sols et les pratiques agronomiques varient beaucoup, et il est donc nécessaire de prévoir une vaste gamme de conditions pour les essais sur l'efficacité.

i) Types de culture saisonnières Les allégations de l'étiquette doivent préciser les espèces visées et si elles sont de type printanier ou hivernal. Toutefois, les essais sur l'efficacité sont les mêmes qu'il s'agisse de types printaniers ou hivernaux, sauf en ce qui concerne les traitements contre les moisissures des neiges appliqués à l'automne. Il se peut que des données de rapprochement (voir la section 5.2.9) soient suffisantes pour modifier l'étiquette des types printanier ou hivernal d'une espèce donnée. Le riz sauvage, céréale aquatique qui compte deux espèces au Canada, constitue le troisième type de culture. Il est distinct du point de vue biologique et environnemental des autres types de céréales. Pour l'instant, il n'existe aucun mode particulier d'emploi pour le riz sauvage.

ii) Cultures annuelles printanières Les méthodes d'essais sur l'efficacité diffèrent peu pour les différentes cultures printanières annuelles. Il faut toutefois s'assurer que la maladie est suffisamment intense, et des manifestations caractéristiques de certaines maladies pourront nécessiter des mesures distinctes.

Chez les petites céréales, la dernière et l'avant-dernière feuille produisent la majorité des produits de la photosynthèse. Par conséquent, les systèmes d'indice se fondent souvent sur ces deux feuilles. Toutefois, comme de nombreuses maladies foliaires peuvent également attaquer les inflorescences, ces dernières doivent aussi être prises en compte pour établir l'indice. Il existe des clés servant à déterminer le pourcentage de la superficie des feuilles et des inflorescences qui est infectée³⁷. Pour le maïs, il peut être nécessaire

d'évaluer les feuilles les plus vieilles et les plus basses, lorsque le traitement antiparasitaire des feuilles inférieures influe sur le développement subséquent de la maladie, ou lorsque des variations atmosphériques empêchent la propagation de la maladie vers les parties supérieures de la plante. Dans ce dernier cas, il est peu probable que les traitements aient un effet sur le rendement, mais on peut tout de même démontrer l'efficacité du pesticide en établissant un indice pour les feuilles inférieures. Une évaluation des feuilles n'est pas requise pour les maladies qui ne s'attaquent qu'aux inflorescences.

Les agents pathogènes qui causent des maladies du feuillage et des inflorescences ont habituellement des spores qui se dispersent très facilement, et il est alors souvent difficile d'empêcher l'inoculation répétée et continue des parcelles traitées. En plantant des espèces plus grandes et non sensibles à la maladie éprouvée dans des rangs de garde entre les bandes-échantillons de parcelles, on a pu réduire l'inoculation répétée. Par ailleurs, en plaçant des rangs de cultivars très sensibles entre les parcelles, on peut assurer une inoculation uniforme de ces dernières. Il faut toutefois prendre garde que cette méthode n'influe sur les témoins, ce qui donnerait des résultats erronés. En climat humide, il faudra peut-être faire des applications répétées de pesticides pour empêcher l'infection répétée des cultures. En climat sec où l'humidité n'est qu'occasionnellement suffisante au développement de la maladie, il faudra peut-être une nébulisation ou couverture des parcelles ou les deux comme source artificielle d'humidité, au moins durant l'inoculation artificielle. On maintiendra ces conditions aussi longtemps que nécessaire pour garantir l'infection par l'agent pathogène.

En ce qui concerne les dicotylédones, l'indice de gravité de la maladie se fonde habituellement, tout comme pour les céréales, sur les feuilles dont l'activité photosynthétique est supérieure. Les clés mises au point par James³⁷ pour estimer le pourcentage de la superficie des feuilles attaquées par la maladie (pour les céréales et les dicotylédones), sont utilisées à l'échelle internationale. Le début et la fin de la floraison sont les étapes de croissance les plus utiles pour établir l'indice de gravité de la maladie, car on peut obtenir une bonne corrélation respective entre chacune de ces deux étapes et la croissance végétative et reproductive^{34,36}. Toutefois, l'utilité de l'étape est également fonction du type de maladie et de son développement. La dernière évaluation de la maladie se fait habituellement au début de la sénescence. On ne fait des évaluations ultérieures que si le développement de maladies après la sénescence influe sur la qualité. Par exemple, l'altération de la couleur causée par les microorganismes atténue la qualité brassicole de l'orge.

iii) Cultures annuelles d'hiver

Le seigle d'automne, le blé d'hiver et l'orge d'hiver sont semés à l'automne et sont menacés par de nombreux pathogènes. La lutte contre les maladies estivales se fait de la même façon que chez les cultures annuelles printanières. Les cultures annuelles hivernales sont également la cible de plusieurs moisissures des neiges dont les populations peuvent être hétérogènes. Les allégations concernant l'efficacité doivent préciser les agents pathogènes ciblés. La protection chimique doit durer jusqu'à six mois dans certaines régions du Canada. Certains fongicides peuvent également agir contre les agents pathogènes des maladies printanières résidant dans le sol, les résidus ou le chaume.

Les paramètres les plus utiles pour mesurer l'efficacité contre les moisissures des neiges sont, par ordre décroissant d'importance, le nombre de tiges fructifères ou d'inflorescences par unité de surface, le pourcentage du nombre de plantes établies (à environ quatre semaines après la reprise de la croissance au printemps) par rapport au nombre de plantes présentes au moment du traitement à l'automne, et le rendement. Ce dernier facteur mesure indirectement l'effet du traitement, mais c'est le meilleur indicateur des avantages économiques.

Références :

- 36 Frank, J.A. & H. Cole. 1988. Field evaluation for control of foliar diseases on small grains. Pp. 224-225 in: K.D. Hickey (ed.), *op. cit.*
- 37 James, W.C. 1971. An illustrated series of assessment keys for plant diseases, their preparation and usage. *Can. Plant Dis. Surv.* 51: 39-65.
- 38 Nesmith, W.C. 1986. Evaluating fungicides for control of foliar diseases of tobacco. Pp. 226-230 in: K.D. Hickey (ed.), *op. cit.*

b) Cultures vivaces de plein champ

La présente section traite de tous les types de graminées, de légumineuses et d'autres cultures vivaces herbacées de plein champ. Une graminée ou une légumineuse peuvent être cultivées comme fourrage en peuplements purs, pour le fourrage ou la graine en mélanges définis, mélangées à au moins une autre espèce dans des pâturages, ou en mélange sur les parcours et les terrains broussailleux, et seules ou en mélanges variés pour la remise en état et la stabilisation du sol. Les champs de semences peuvent être mis en pâture après la récolte. On peut faire une évaluation préliminaire des fongicides et des

nématocides pour établir l'échelle des doses et les seuils de phytotoxicité en serre, tout comme pour les autres cultures³⁸.

i) Maladies des feuilles, de la tige et de l'inflorescence

Ces maladies des plantes vivaces répondent aux traitements chimiques. Pour obtenir de bons résultats, il faut faire tout particulièrement attention au stade d'infection et de développement de la maladie. Parmi les sources d'inoculum, notons les débris végétaux et le chaume de la récolte précédente. En éparpillant du foin ou des débris provenant de champs fortement infectés la campagne précédente, on peut inoculer facilement les parcelles d'essais. Il est préférable de le faire à l'automne afin que les sporophores immatures atteignent naturellement la maturité avant le printemps suivant. De surcroît, cette méthode est moins dépendante des conditions atmosphériques que la pulvérisation de conidies, qui sont relativement éphémères.

Les champs de plantes vivaces sont habituellement frappés par plusieurs maladies. Même lorsque l'on a choisi le site d'essais en fonction de la dominance de la maladie à traiter, il faut évaluer toutes les maladies présentes^{33,39,41}. Avec les cultures faisant l'objet de fauches multiples, chaque récolte de fourrage ou étape de fauche doit être évaluée, en plus d'être récoltée.

Il est important d'adopter des pratiques agronomiques et des méthodes de récolte qui influent favorablement sur les facteurs de qualité et le prix⁴¹.

ii) Moisissures des neiges

Les plantes vivaces sont attaquées par les mêmes moisissures des neiges que les céréales hivernales. La dominance relative des différents agents pathogènes des populations hétérogènes de moisissures changera probablement avec l'âge du peuplement, la profondeur de la couverture de neige et les pratiques agronomiques. Par conséquent, les mélanges de fongicides sont généralement plus efficaces que les composés simples. Les méthodes d'évaluation de l'efficacité sont les mêmes que pour les céréales, à l'exception des observations portant sur plusieurs saisons et des mesures de la qualité et du rendement du fourrage.

Références :

- 39 Orr, C.C. and C.M. Heald. 1986. Plant responses in the evaluation of nematode control agents. Pp. 297-299 in: K.D. Hickey (ed.) *op. cit.*

- 40 Sanders, P. and H. Cole. 1986. *In vivo* fungicide screening on greenhouse-grown turfgrasses. Pp. 110-111 *in*: K.D. Hickey (ed.) *op. cit.*
- 41 Stuteville, D.L. 1986. Methods for field evaluation of fungicides for control of foliar diseases of alfalfa. Pp. 210-211 *in*: K.D. Hickey (ed.) *op. cit.*

c) Gazon

Les maladies du gazon peuvent être maîtrisées par des fongicides, des nématocides ou des fumigants appliqués avant les semis (voir la section 5.6.2c). Les peuplements de gazon sont très uniformes comparativement aux autres cultures, notamment celles des mêmes espèces de graminées qui sont cultivées pour la semence ou comme fourrage, ce qui permet d'utiliser de petites parcelles, p. ex., 1 m², tant que l'inoculum est uniforme.

Le vert d'un terrain de golf moderne est une forme relativement artificielle de gazon, qui est cultivé surtout sur du sable. Il fait également l'objet de soins beaucoup plus intensifs que les autres types de gazon. Ce type de gazon est plus sensible aux doses excessives de pesticides, plus rapide à montrer des symptômes de phytotoxicité et à mourir que le gazon cultivé sur du sol. Par conséquent, il faut être plus précis et soigneux lors de l'application de pesticides, et observer plus fréquemment et minutieusement les symptômes de toxicité qu'avec les autres types de gazon. De surcroît, dans de telles conditions, les agents pathogènes ont de plus fortes chances de produire des souches résistantes, à moins que les fongicides appliqués aient différents modes d'action.

Les autres types de gazons d'agrément peuvent être groupés aux fins des essais sur l'efficacité. Toutefois, les pratiques de gestion et le type de sol sous-jacent peuvent avoir des effets marqués sur l'occurrence et la maîtrise de la maladie. On peut évaluer les dommages au gazon et les méthodes de lutte en estimant le pourcentage de la superficie de la parcelle qui a été endommagé ou en traçant sur une carte et en mesurant l'étendue des dommages, à l'aide d'un planimètre, ou la qualité et la couleur, et en établissant un indice de gravité des dommages. Il peut être utile de mesurer la température du sol pour évaluer les maladies des racines comme le piétin-échaudage du gazon, p. ex., à une profondeur de 5 cm à 14 h. La capacité du gazon de se régénérer à partir de talles profondes, c.-à-d., sa vitesse de récupération, est également touchée par les traitements et doit être évaluée à intervalles déterminés au préalable. Il faut également évaluer le temps requis pour que le gazon se rétablisse complètement.

Dans les régions où le sol gèle, il est essentiel que les traitements soient appliqués au préalable. Il faut également que les essais incluent des traitements

qui sont appliqués aussitôt qu'il y a gel la nuit, parce que certains des organismes dénommés moisissures des neiges s'activent une fois que le gazon entre dans la phase dormante, et causent la plus grande partie des dommages avant le gel. La date de début, la durée, le compactage et la profondeur de la couverture de neige, ainsi que la température à la surface du sol, ont des effets sensibles sur les dommages causés par les moisissures des neiges. Il faut donc surveiller toutes ces variables⁴².

Des ensembles d'agents étiologiques peuvent s'accumuler avec le temps dans les gazons, certains ayant un effet synergique et d'autres agissant à différentes étapes de la saison. L'effet des traitements sur les autres maladies présentes doit être évalué. Les traitements peuvent être bénéfiques, ou, en maîtrisant certaines maladies, ils peuvent créer un vide biologique qui permet à un autre agent pathogène, jugé insignifiant, de causer des dommages considérables⁴². On se servira des systèmes prévisionnels des maladies qui existent.

Références :

- 42 Smiley, R.W., P.H. Dernoeden and B.B. Clarke. 1992 (2nd. ed.). Pp. 80-82 *in*: Compendium of turfgrass diseases. APS Press, Amer. Phytopath. Soc., 98 pp.
- 43 Smith, J.D. 1987. Winter-hardiness and overwintering diseases of amenity turfgrasses with special reference to the Canadian prairies. Agric. Can. Res. Br., Tech. Bul. 1987-12E, 193 pp.

d) Légumes et fruits de plantes herbacées

Les essais au champ de légumes et de fruits de plantes herbacées s'inspirent des mêmes principes que ceux des autres cultures de plein champ. Comme les plants individuels de légumes sont généralement plus gros que ceux de céréales ou de graminées, la taille des parcelles peut être établie en fonction d'un nombre minimal de plantes. Celle-ci peut dépendre à son tour du nombre de plantes requis pour obtenir un échantillon valable et du nombre d'échantillons qui ont été prélevés pendant la campagne. Au fur et à mesure que les plantes grossissent, leur nombre par échantillon ou parcelle diminue. Pour les gros légumes, p. ex., pommes de terre, cucurbitacées ou melons, la taille minimale d'un échantillon est de 5 à 10 plantes pour un minimum de 20 à 40 plantes par parcelle. Pour les espèces plus petites, p. ex., carottes, oignons ou fraises, les parcelles pourraient être constituées de rangs d'une longueur minimale de 5 m. S'il y a lieu, les cultivars pour le marché du frais et la transformation doivent être éprouvés.

Les parcelles peuvent être séparées par des rangs de garde de plantes non traitées pour réduire au minimum la dérive du brouillard, à moins qu'il y ait

risque que la maladie ne devienne si intense qu'elle envahisse les rangs traités. On peut utiliser des parcelles constituées de rangs simples lorsque le risque de dérive des spores ou du brouillard est faible, mais les parcelles carrées chevauchant plusieurs rangs sont préférables lorsque soit les spores soit le brouillard risquent de dériver. Lorsqu'on se sert de parcelles de trois rangs ou plus, les rangs extérieurs serviront de rangs de garde traités et les rangs intérieurs, qui sont exempts des effets en bordure, serviront à l'échantillonnage, à l'évaluation et à la récolte.

Lorsque les producteurs fondent leur calendrier de pulvérisation sur les conditions atmosphériques ou sur des systèmes qui les prédisent, certains essais sur l'efficacité doivent se fonder sur les mêmes paramètres.

Pour évaluer la maladie, on ne s'appuiera pas uniquement sur une mesure directe des symptômes, mais également sur la qualité de certains facteurs comme la petitesse, les imperfections, les pourritures et autres défauts⁴⁴. La baisse de qualité peut être plus importante du point de vue économique qu'une diminution de volume. Le rendement signifie le rendement commercialisable, à moins que l'on ne le précise autrement. Toutefois, le rendement brut et le rendement de chaque classe commerciale peut également être mesuré. Chaque récolte doit être classée, évaluée et entreposée séparément.

Dans le cas des légumes et des fruits de plantes herbacées, l'évaluation de l'efficacité et de la toxicité peut continuer après la récolte, car la maladie et les traitements peuvent influencer sur l'entreposage et même sur le goût. Les évaluations des maladies des légumes entreposés dans des conditions commerciales ou comparables doivent être faites à intervalles appropriés.

Référence :

- 44 Howard, R.J., J.A. Garland and W.L. Seaman (eds.). 1994. Diseases and pests of vegetable crops in Canada. Can. Phytopath. Soc. and Entomol. Soc. Canada, Ottawa, Ont. 554 pp.

e) **Fruits de vergers, d'arbustes et de vignes**

Les essais menés dans les vergers sur les fruits d'arbres, d'arbustes et de vignes sont planifiés en suivant les mêmes principes que pour les autres essais au champ. Étant donné la grande taille des plants établis, il se peut que l'on ait besoin d'aussi peu qu'un arbre bien établi par parcelle. Pour éviter les problèmes d'échelle et de répétition dans le cas des gros arbres, il est possible d'effectuer des essais en serre sur l'efficacité des fongicides sur des arbres et

arbustes en pots de 1 à 10 ans, ou encore d'utiliser des inflorescences détachées^{36,37}. Ces techniques fonctionnent également bien pour les essais préliminaires sur l'efficacité qui visent à déterminer les doses ou les concentrations.

Dans les vergers, il faut se servir de bonnes pratiques de gestion commerciale, notamment l'élagage annuel et avant les essais, ce qui favorise l'établissement et le maintien d'un couvert de faible densité qui permet la pénétration en profondeur du brouillard, stimule la production de nouveau bois dans la partie inférieure de la plante et favorise l'établissement d'un cadre sain pour la production à long terme. L'élagage commercial judicieux permet de conserver deux fois plus d'arbres et d'arbustes que normalement pendant les premières années d'essais, et de réaliser les essais plus tôt et de façon plus intensive en doublant la production et en maintenant un microclimat plus favorable au développement de la maladie⁴⁶. Il favorise également la densité et, par le fait même, l'efficacité des rangs tampons.

Pour certaines maladies s'attaquant aux vergers, p. ex., la tavelure de la pomme⁴⁷, on a mis au point des systèmes prévisionnels qui se fondent sur les conditions atmosphériques. Pour que ceux-ci soient efficaces, il est essentiel de savoir quand les périodes d'infection se produisent et de connaître la durée de la période d'incubation et la gravité des infections subséquentes. On peut observer des retards considérables dans le développement des symptômes, qui occasionnent des retards de l'évaluation, p. ex., jusqu'au printemps suivant pour l'infection des bourgeons, tandis que les infections des fleurs peuvent apparaître en aussi peu que deux jours. Une fois les calendriers de pulvérisation établis, veuillez consulter un spécialiste local de la lutte antiparasitaire.

Les essais initiaux au champ peuvent être faits à l'aide de lances en éprouvant des arbres individuels ou des demi-arbres ou des vignes avec répétitions. Toutefois, les vergers commerciaux sont généralement traités à l'aide de pulvérisateurs à jet porté. Il faudra peut-être concevoir un modèle sur mesure pour les essais sur l'efficacité⁴⁷. On a recommandé que les parcelles traitées par jet porté comprennent au moins cinq arbres et cinq répétitions. D'autres chercheurs utilisent une à trois parcelles avec quatre répétitions. La taille des parcelles d'un verger expérimental dépend partiellement de la taille des arbres. Des rangs tampons doivent être placés entre les rangs traités parce que les pulvérisateurs à jet porté répandront le brouillard sur une distance considérable, même par temps calme⁴⁷.

Comme les arbustes, les vignes et les plantes vivaces herbacées sont cultivés en rangs, l'unité d'essai est un rang de quelques mètres qui sera fonction de l'espace occupé par un nombre minimal de plantes. Dans certains cas, les rangs

peuvent être si près l'un de l'autre qu'on ne peut plus distinguer les plants individuels, ce qui peut nuire à l'évaluation des pesticides systémiques.

Il peut être nécessaire d'évaluer l'efficacité contre les maladies des racines et du collet chez les porte-greffes seuls et les cultivars commerciaux greffés. Comme pour toutes les maladies des parties ligneuses des arbres et des arbustes, l'évaluation des effets du traitement peut prendre deux ans ou plus.

Les bactéricides sont habituellement évalués indépendamment des fongicides, même si on peut se servir d'un fongicide ou d'un insecticide ou des deux comme traitement de fond afin d'isoler la bactériose. On recommande fortement une évaluation préliminaire des matériels à l'essai sur des plantules ou des fruits immatures, afin de réduire au minimum le nombre d'inoculations et de sites traités avec une maladie virulente⁴⁷. Lorsque les fleurs subissent un traitement, on fait souvent des inspections et des évaluations de la maladie et de la phytotoxicité à intervalles de deux jours⁴⁶.

On peut établir un indice de gravité de la maladie avec aussi peu que 20 ramifications terminales par parcelle ou par arbre, pourvu qu'elles soient sélectionnées de manière aléatoire. Cela permet de réaliser une évaluation précise de chaque ramification terminale. On peut compter le nombre de fruits, de feuilles et de noeuds (lorsque la chute des fruits ou des feuilles est un symptôme de la maladie) et établir différents indices à des étapes différentes de la campagne. Les indices doivent prendre en compte la taille des rameaux, des ramifications ou du tronc frappés par la maladie et le type de produit utilisé⁴⁷.

On se doit d'évaluer le rendement en fruits et la qualité. Le rendement commercial est le facteur principal et il inclut des observations visuelles de la qualité. Pour obtenir des renseignements complets sur l'efficacité du fongicide, on mesurera le rendement brut, le rendement pour chaque classe commerciale et les facteurs de qualité. Ces derniers varient selon l'usage prévu et diffèrent selon que le produit est destiné à la fabrication de jus de fruits frais, à la transformation, au séchage et, dans le cas des raisins, à la fabrication de vin chez lequel on peut observer des effets sur les levures fermentatives, le vieillissement et le développement du bouquet.

Références :

- 45 Jones, A.L. and G.R. Ehret. 1986. Field evaluation of fungicides for control of diseases on tart cherries. Pp. 120-124 *in*: K.D. Hickey (Ed.) *op. cit.*(46) Szkolnik, M. 1986. Investigating physical modes of action of tree fruit fungicides. Pp. 98-101 *in*: K.D. Hickey (ed.)

- 46 Chase, A.R. and D.D. Brunk. 1986. Evaluating fungicides for control of foliar diseases of foliage plants. Pp. 240-243 *in*: K.D. Hickey (ed.) *op. cit.*
- 47 Szkolnik, M. and K.D. Hickey. 1986. Testing chemical sprays on blossoms of deciduous fruit trees. Pp. 112-115 *in*: K.D. Hickey (ed.) *op. cit.*

f) Pépinières et plantations de plantes à cycle court

Dans les pépinières, les plantations d'arbres forestiers et d'arbres de Noël et pour le matériel cultivé en contenants à l'extérieur, il faut parfois produire des plantes exemptes de défauts et de tailles déterminées au préalable. Les arrosages abondants et apports de fumigants ou de granulés avant la plantation (section 5.6.2) sont souvent utilisés pour éliminer les maladies et les nématodes terricoles présents à l'origine³⁹. Lorsque le sol n'est pas traité, les semences le sont (section 5.6.3). Les principes de l'évaluation de l'efficacité des cultures de pépinières sont très semblables à ceux applicables aux légumes, aux plantes herbacées et aux cultures de verger.

La phytotoxicité est une préoccupation constante en ce qui concerne les cultures de pépinière, parce que celles-ci sont jugées et mises en marché en fonction de leur apparence⁴⁸. Leur santé et vigueur, qui sont interdépendantes, sont également primordiales pour maximiser la survie des plants repiqués. Les infections latentes qui causent la maladie seulement après le repiquage sont, à l'échelle de l'industrie, un problème qui commande la production de plantes exemptes de maladie. L'objectif est donc d'atteindre une efficacité totale. Toutefois, les applications répétées de pesticides qui sont requises peuvent engendrer la résistance de souches des agents pathogènes.

Les méthodes d'essais ne doivent pas seulement permettre l'évaluation de l'efficacité, mais aussi celle de la phytotoxicité, de la vigueur, des infections latentes et de la présence de souches résistantes. Les infections latentes peuvent être causées par des souches résistantes de l'agent pathogène dont l'activité est supprimée par des mesures prophylactiques routinières, mais qui peuvent se développer lorsque la lutte est allégée après le repiquage.

Pour évaluer la phytotoxicité, il faut appliquer des doses plus élevées. Pour les maladies foliaires, les essais doivent prévoir de deux à quatre applications par mois pendant trois à six mois. Les indices doivent évaluer l'efficacité et la phytotoxicité. L'indice le plus approprié peut ne se manifester qu'après la fin des essais. Il faut se servir de photographies pour étayer les échelles qualitatives et améliorer la reproductibilité des essais⁴⁸.

Références :

- 48 Chase, A.R. and D.D. Brunk. 1986. Evaluating fungicides for control of foliar diseases of foliage plants. Pp.240-243 in: K.D. Hickey (ed.) *op.cit.*
- 49 Sutherland, J.R., G.W. Shrimpton and R.N. Sturrock. 1989. Diseases and insects in British Columbia forest seedling nurseries. FRDA Rep. 065, Can./BC Econ. Reg. Dev. Agrmt. and B.C. Min. For., 85 pp.

g) **Brise-vent, aménagement paysager et parcs**

Les arbres et arbustes servant de brise-vent, les aménagements paysagers, les parcs et autres endroits publics sont la cible d'un éventail de maladies, dont certaines peuvent être maîtrisées par des fongicides ou des bactéricides commerciaux homologués. De même, il se peut que l'apport de produits chimiques soit requis pour lutter contre les maladies des plantes herbacées ornementales vivaces et annuelles.

Il se peut toutefois que les essais dans des lieux publics ne soient pas acceptables et doivent être relégués à des endroits dont l'accès est restreint. Dans ce cas, on éprouvera les mêmes espèces et cultivars que ceux cultivés dans les lieux publics.

Les méthodes d'essais sur l'efficacité, en ce qui concerne les plantes ornementales des endroits publics, sont semblables à celles utilisées dans les vergers, les pépinières et les jardins maraîchers. La grande taille de certains arbres pose des problèmes d'ordre pratique, et l'usage de pesticides en milieu public soulève des préoccupations à l'égard du risque. Ainsi, il est préférable de réaliser les essais sur de telles combinaisons cultures/maladies dans des pépinières ou des plantations.

h) **Injection dans des arbres**

L'injection de pesticides sert à la lutte contre des maladies attaquant des arbres distincts de grande valeur économique ou esthétique. Dans son sens restreint, **injection** s'entend de l'introduction de liquides par le truchement d'un appareil sous pression, soit faible (seringues, réservoirs de pulvérisateurs de parterre, sacs se vidant par gravité) ou forte (réservoirs de N, de CO₂ ou d'air comprimé). L'absorption passive de liquides par divers types de blessures est appelée **infusion**.

La pénurie de méthodes standard soulève certains problèmes. Avec toutes les méthodes d'injection, il faut infliger une blessure à l'arbre, qui réagit alors en

bouchant ses vaisseaux, parfois dans les heures qui suivent, empêchant ainsi toute absorption subséquente. De surcroît, l'absorption et le transport ne se font pas de la même façon pour chaque pesticide, et chacun peut être transporté de manière différente des colorants qui sont souvent utilisés pour suivre les mouvements internes⁵⁰.

L'infusion ou l'injection dans des racines latérales (voir la section 5.6.2a) donne la distribution la plus uniforme des composés dans l'arbre. Plus le site d'injection est haut, moins l'absorption est prévisible⁴⁷.

Les essais sur l'efficacité sont les mêmes que pour les autres arbres, sauf en ce qui concerne la méthode d'application. Si les pesticides sont appliqués au début de l'infection, on pourrait observer une rémission des symptômes foliaires qu'il importe de noter. La méthode la moins coûteuse est l'évaluation visuelle. On se servira alors de photographies standard pour illustrer les différentes classes et assurer la cohérence et la fiabilité des évaluations d'une année à l'autre⁵¹.

Lorsque l'on traite des arbres fruitiers, on doit tenir compte de l'apparence, du goût et du rendement commercialisable des fruits. On pourra mesurer la vigueur des arbres d'après l'élongation des rameaux, le diamètre du tronc, la hauteur et le nombre de ramifications⁵¹.

Références :

- 50 Lacy, G.H. 1986. Evaluating chemicals for tree infusion or injection to control diseases caused by mycoplasma-like organisms. Pp. 266-269 in: K.D. Hickey (ed.) *op. cit.*
- 51 Stipes, R.J. and R.J. Campana. 1986. Introducing and evaluating liquid fungicides in elm trees for the control of Dutch Elm Disease. Pp. 261-265 in: K.D. Hickey (ed.) *op.cit.*

i) Parcours et forêts

À l'heure actuelle, la lutte chimique antiparasitaire a peu d'intérêt sur les parcours et dans les forêts. On peut consulter la partie 3 sur les herbicides pour connaître les méthodes adaptées à ces endroits.

j) Aires domestiques

Les jardins, les cours, les aménagements paysagers et autres aires pour usage privé ne peuvent être traités qu'avec des pesticides homologués pour USAGE DOMESTIQUE (DOM). La différence entre l'homologation DOMESTIQUE et COMMERCIALE (COM) réside dans des préoccupations à l'égard de l'innocuité et des résidus plutôt que de l'efficacité ou de la phytotoxicité. Les

méthodes d'évaluation de l'efficacité sont par conséquent les mêmes que celles susmentionnées pour les légumes, les fruits et les plantes ornementales.

5.6.5 Traitement dans les serres et autres endroits clos

a) Serres, tunnels et minitunnels

La présente section traite des cultures semées en serre et, par extrapolation, des cultures cultivées en couches froides, sous cloches, minitunnels et autres types de couverture. L'utilisation de serres et de chambres de croissance pour la recherche sur l'évaluation de l'efficacité des pesticides au champ est traitée dans les sections sur les cultures de plein champ. Le traitement des sols et des mélanges pour serre est semblable en principe à celui des sols des champs (section 5.6.2), sauf que la superficie plus petite permet une plus grande précision et uniformité. Les serres peuvent également servir aux études de précision sur les modes d'action des fongicides, les phases d'activité et la redistribution⁴⁶.

L'environnement de la serre est toutefois loin d'être uniforme. Les gradients de température et d'éclairement sont fréquents entre les parois extérieures de verre et le centre de la serre, mais peuvent être facilement mesurés. Il faut toutefois s'assurer de prévoir suffisamment de répétitions et de randomiser la sélection des pots, des caissettes et autres contenants. Pour les maladies terricoles, on séparera les unités de croissance et on ne se servira pas de banquettes-plateaux avec sous-unité commune d'irrigation. De même, si l'on se sert de l'irrigation automatisée, le dispositif anti-retour intégré devra être à l'épreuve des accidents en ce qui concerne les traitements du sol. Pour garantir le développement des maladies foliaires, on se servira d'aspersion ou de nébulisation en hauteur et on gardera les plantes rapprochées pour former un couvert fermé, et créer ainsi un microenvironnement humide qui favorise le développement de la maladie.

En ce qui concerne les essais sur les fongicides sous forme liquide qui font l'objet d'une pulvérisation ou d'un arrosage abondant, les principes des essais sur l'efficacité sont les mêmes que pour les essais au champ. Étant donné l'environnement favorable à la croissance des cultures protégées, les applications de fongicides peuvent se faire à intervalles rapprochés. Les symptômes de certaines maladies pourraient toutefois prendre au moins trois mois à se manifester, même en serre. Les évaluations doivent donc être planifiées en conséquence⁴⁶.

Les applications fréquentes et régulières de fongicides en serre peuvent supprimer les symptômes de maladies aussi longtemps qu'elles sont maintenues.

Toutefois, la maladie peut se manifester lorsqu'une plante infectée arrive au marché. Les protocoles d'évaluation doivent donc prévoir des mesures de suivi de la maladie à relativement long terme.

i) Fumigation

Comme la serre est un endroit clos, on en aseptise fréquemment l'air à l'aide de produits chimiques de fumigation. Ceux-ci peuvent inclure des fongicides qui sont actifs en phase vapeur^{48,52}. Lorsque la serre ne comprend qu'une seule pièce, les plantes éprouvées peuvent être recouvertes pour la période de traitement, qui dure en général de 6 à 48 heures, ou placées dans une chambre de traitement avant d'être replacées sur la banquette. Toute serre qui peut être scellée adéquatement pendant la fumigation peut servir à évaluer l'activité volatile des fongicides⁵².

Référence :

- 52 Coyier, D.L. 1986. Testing procedures to determine the volatile activity of fungicides for control of powdery mildews in the greenhouse. Pp. 102-104 *in*: K.D. Hickey (ed.) *op. cit.*

b) Aménagements intérieurs

L'un des domaines de production ornementale en croissance rapide est celui des plantes d'intérieur utilisées dans les maisons, les immeubles de bureaux et les centres commerciaux, dont l'environnement peut être sensiblement différent de celui des serres et des pépinières de production. Le transport rapide à l'échelle du globe de plantes en contenants peut entraîner une série de problèmes phytosanitaires d'envergure et accroître grandement la demande de plantes exemptes d'agents pathogènes. Les infections latentes causent des problèmes de plus en plus graves tant pour l'utilisateur final que pour les inspecteurs aux postes frontaliers^{53,54}.

Les essais sur l'efficacité contre les maladies des plantes d'intérieur produites en serres ou en pépinière sont les mêmes que pour les autres plantes de serre et de pépinière. Pour homologuer des pesticides pour plantes d'intérieur, on doit essentiellement satisfaire les exigences en matière d'innocuité applicables à la classe DOMESTIQUE (DOM), pour des produits chimiques qui étaient auparavant homologués pour emploi COMMERCIAL (COM). Les essais sur l'efficacité peuvent être réalisés en serre, à moins que l'on ne relève un écart par rapport aux résultats des essais menés à l'intérieur.

Références :

- 53 Chase, A.R. 1986. Compendium of ornamental foliage plant diseases. A.P.S. Press, St. Paul, Minn. 114 pp.
- 54 Howard, R.J. and A. Buonassissi. 1992. Diseases of interiorscape plants. Ch. 13, 26pp. *in*: Guidelines for the control of plant diseases in Western Canada, West. Comm. Plant Diseases.

c) Champignonnières

i) Champignons commerciaux

Les champignons commerciaux (*Agaricus bisporus*) sont menacés par des maladies causées par des champignons, des bactéries, des nématodes et des virus, et peuvent également présenter de graves problèmes résultant de la concurrence de moisissures nuisibles. La lutte chimique peut maîtriser certaines de ces maladies.

Les produits chimiques peuvent servir à traiter le blanc de champignons (inoculum végétatif), le matériel en croissance et les installations de croissance vides. Les grains de céréales servant d'hôte pour l'implantation du blanc peuvent être enduits avec un produit chimique pour éviter qu'ils ne soient utilisés comme source d'aliments par les agents pathogènes ou les champignons qui lui livrent concurrence. Le matériel en croissance ou les champignons peuvent être traités par irrigation abondante ou poudrage à n'importe quel moment pendant la campagne. Les installations vides (ou une partie) peuvent être désinfectées à la vapeur ou aseptisées.

Des essais sur l'efficacité pourraient nécessiter le traitement simultané de plusieurs pièces de production. Le petit nombre de parcelles (unités de production) peut limiter les inductions statistiques, mais l'emploi de techniques de sous-échantillonnage adéquates dans chaque unité de production peut en partie compenser cette lacune. Le sous-échantillonnage peut également servir à évaluer les gradients de maladie et d'efficacité à l'intérieur de chaque unité de production. Il faut prendre soin d'assurer une distribution uniforme du matériel à l'essai dans la pièce de production.

Les indices de l'efficacité ne doivent pas seulement tenir compte de la quantité de champignons commercialisables, mais également de leur

qualité. Les indices de l'efficacité peuvent également prendre en compte le nombre de champignons non commercialisables.

La tolérance de la culture aux pesticides est un aspect déterminant de l'évaluation des pesticides dans les champignonnières. La dose, le moment de l'application et la souche de champignon (cultivar) sont des facteurs dont il faut tenir compte dans une évaluation complète. On peut évaluer adéquatement l'effet sur la culture en choisissant un plan statistique approprié qui tient compte de la disposition tridimensionnelle de la production et des applications discrètes aux unités de sous-échantillonnage de la pièce de production.

Les indices de tolérance des cultures ne doivent pas seulement se fonder sur l'effet sur le rendement et la qualité de la récolte de champignons, mais aussi sur le moment de cette dernière.

ii) Autres espèces de champignons

D'autres espèces de champignons sont cultivées dans des conditions particulières à l'espèce. Les essais sur l'efficacité et la tolérance des cultures doivent être menés individuellement pour chaque espèce, dans des conditions qui lui sont adaptées, avant de pouvoir prouver des allégations ou les inscrire sur l'étiquette.

Références :

- 55 Rinker, D.L. 1993. Commercial mushroom production. Ont. Min. Agric. Food and Rural Affairs, Publ. 350.
- 56 Rinker, D.L. and P.J. Wuest. 1994. Mushrooms. Pp. 363-379 *in*: Howard, R.J., J.A. Garland and W.L. Seaman (eds.), Diseases and pests of vegetable crops in Canada. Can. Phytopath. Soc. and Entomol. Soc. Can., 554 pp.

5.6.6 Traitements après la récolte

a) Généralités

Les maladies qui apparaissent après la récolte peuvent être réparties en deux grands groupes, celles qui découlent d'infection qui se produisent au champ avant la récolte et celles qui découlent d'infection ou de blessures qui entraînent des infections subséquentes engendrées pendant la récolte ou la manutention avant l'entreposage.

En général, tout traitement qui favorise la production de plantes, de fruits et de légumes exempts de maladies et d'imperfections est jugé faire partie d'un

programme de lutte contre les problèmes se manifestant après la récolte et résultant d'infections présentes avant la récolte. On a déjà parlé plus haut des essais sur l'efficacité de tels pesticides, en fonction du type d'essais au champ. Néanmoins, il existe certains traitements particuliers de lutte contre des maladies qui se manifestent après la récolte, qui peuvent même être appliqués avant la plantation, p. ex., traitement des bulbes contre la pourriture du collet de l'oignon. Certains brouillards sont pulvérisés à la fin de la floraison pour la lutte contre les pourritures apicales soit au champ soit en entrepôt⁵⁶. La plupart des traitements contre les infections précédant la récolte sont toutefois appliqués à ce moment. Dans tous les cas, il faut faire des évaluations en entrepôt et après l'entreposage.

On doit saisir les causes des différentes maladies qui se manifestent après la récolte. Les agents pathogènes qui causent des infections avant la récolte, qu'elles puissent être parées ou soient quiescentes, ont tendance à ne s'attaquer qu'à un seul hôte. Ceux qui infectent les blessures subies à la récolte ou durant la manutention ont tendance à avoir un large éventail d'hôtes.

Les principales sources de variabilité des essais sur l'efficacité chez les fruits et les légumes sont les différences au niveau de la maturité ou du séchage des différents fruits et légumes ainsi que le manque d'uniformité au niveau de l'inoculation et de l'application du pesticide. Par conséquent, on traitera entre 50 et 100 fruits ou légumes, au moins 10 par sous-échantillon, avec au moins quatre répétitions. Les unités de répétition varieront selon la culture, les méthodes de manutention commerciale, le type de traitement et l'étape de l'évaluation. Les essais finaux pour les demandes d'homologation seront menés dans des parcelles de taille commerciale⁵⁹.

Des évaluations seront réalisées au moment du traitement, à deux reprises ou plus en entrepôt, au moment du départ de l'entrepôt et au marché. Certaines maladies sont quiescentes en entrepôt frigorifique et ne deviennent un problème que pendant l'expédition ou la commercialisation. Par conséquent, l'évaluation des essais doit se poursuivre pendant un cycle complet de croissance, et peut-être même pendant un cycle additionnel d'entreposage et de croissance, pour déterminer l'activité résiduelle et la phytotoxicité du pesticide.

Le pesticide doit être éprouvé avec chaque type d'équipement (refroidisseurs à eau glacée, réservoirs jaugeurs, cuves de lavage, pulvérisateurs-laveurs, nettoyeurs à brosse, etc.) mentionné sur l'étiquette.

b) Fruits et légumes

i) Traitements avant la récolte

Ils visent à réduire au minimum les infections quiescentes et à détruire l'inoculum qui peut être transporté avec la culture et disséminé pendant la manutention après la récolte. Il s'agit principalement de brouillards appliqués et évalués d'après les critères susmentionnés pour les cultures au champ, sauf que l'évaluation se poursuit pendant l'entreposage. Pour empêcher la contamination croisée, on portera des gants jetables pour la récolte et la manutention, et on changera de gants entre chaque traitement. La température, le degré d'humidité et l'atmosphère de l'entrepôt doivent être adaptés à chaque culture. Les traitements précédant la récolte sont surtout utilisés lorsqu'un traitement après la récolte est peu commode, principalement lorsque les fruits et les légumes sont vendus à la ferme ou aux marchés locaux.

ii) Traitements après la récolte

Pour ces traitements les fongicides et les bactéricides liquides ou non volatils peuvent être appliqués dans des refroidisseurs à l'eau glacée, des réservoirs jaugeurs, par trempage, par arrosage, par pulvérisation ou comme enduit cireux. Les pesticides volatils peuvent être appliqués sous forme de fumigants, de vapeurs, de fumées ou de brouillards. Chaque type d'application nécessite des essais distincts pour vérifier les allégations de l'étiquette.

On choisira des fruits et des légumes qui n'ont pas été traités au champ et on mesurera le degré de maturité avant, pendant et après le traitement et l'entreposage, car celui-ci influe habituellement sur la résistance aux agents pathogènes.

Il est important de reproduire le plus exactement possible les conditions commerciales, notamment le nombre, la turbulence et la durée des rinçages, des brossages ou des autres manipulations, les systèmes et la durée du séchage à l'air.

Les traitements liquides doivent imbiber en profondeur les surfaces souvent cireuses des fruits et des légumes; c'est pour cette raison que l'on ajoute habituellement un surfactif approprié⁵⁸. Chaque composant des combinaisons de pesticides qui servent à lutter contre des souches résistantes à des pesticides doit être éprouvé séparément et en mélange, et chaque traitement, y compris le témoin, doit contenir les surfactifs ou autres additifs utilisés. On vérifiera si les combinaisons antiparasitaires intensifient ou atténuent l'efficacité et s'il y a interaction

avec les surfactifs. Pour reproduire les conditions commerciales, on notera l'augmentation des spores résultant du recyclage de l'eau.

Les essais doivent être menés à des températures de l'air et de l'eau appropriées. Les fongicides sont plus efficaces à chaud qu'à froid, et l'utilisation de produits chauds devrait permettre de réduire les doses. Sinon, on risque d'intensifier la phytotoxicité^{57,58}. Une pénétration plus profonde compense la réduction de la dose, mais peut également entraîner une augmentation des résidus. Les seuils de tolérance à la chaleur des cultures individuelles doivent être surveillés de près. En général, l'eau servant aux opérations de nettoyage, de traitement et de classement des fruits et des légumes réfrigérés sera au moins 5 °C plus chaude que le produit reçu, afin d'empêcher qu'une différence de pression force l'eau et l'inoculum dans les cicatrices de la tige, les lenticelles et les blessures. Les fruits et les légumes fraîchement récoltés sont habituellement refroidis à l'eau glacée pour abaisser la chaleur après l'arrivée du champ.

iii) Cires solubles

Elles sont appliquées en faible quantité et sèchent vite, ce qui réduit leur rémanence, la superficie couverte et la pénétration par rapport aux applications à l'eau. Les traitements à la cire sont toutefois moins efficaces pour une même dose et ne sont habituellement éprouvés que lorsque l'inefficacité des suspensions et des solutions aqueuses a été démontrée^{57,58}.

iv) Fumigants

Ils sont éprouvés dans des compartiments fermés, servant le plus souvent à l'entreposage. Il faut prendre garde de prévoir un espacement suffisant et une mobilité adéquate de la vapeur et de reproduire les conditions commerciales^{57,58}.

v) Micro-fumigation

Elle consiste à utiliser des tampons, des mousses plastiques ou des emballages imprégnés pour fournir une protection dans les boîtes utilisées pour l'entreposage et le transport^{57,58}.

vi) Cultures racines et tubercules

Elles sont séchées après l'arrachage, le nettoyage, la taille et le séchage à l'air, avant le traitement et l'entreposage. Il faut que les essais sur l'efficacité reproduisent les conditions de séchage commercial, puisque celles-ci ont une forte incidence sur la guérison des blessures et des

coupures causées par la coupe. Les méthodes de séchage sont adaptées à chaque culture. Les traitements doivent tenir compte de la destination finale de la culture, p. ex., pommes de terre de semence ou de consommation, car celle-ci a une incidence sur les doses, la durée de protection requise, les conditions d'entreposage, les délais d'attente avant la commercialisation et les résidus admissibles⁵⁸.

c) Fleurs et feuillage

En ce qui concerne la floriculture, les épreuves menées pendant la croissance s'inspirent des mêmes principes que pour les autres cultures de serre, mais les niveaux acceptables de phytotoxicité et les seuils de tolérance des imperfections visibles et des dépôts de brouillard sont plus rigoureux.

Les problèmes d'entreposage des fleurs et du feuillage coupés sont grandement réduits par la vitesse de livraison et l'entreposage temporaire au frais. Pour les plantes en pots, les infections latentes ou quiescentes prennent de plus en plus d'importance, car les souches partiellement résistantes sont de plus en plus fréquentes. Par ailleurs, il s'agit de types de cultures de serre ou de plantes d'intérieur, et les essais sont donc les mêmes (section 5.6.5).

d) Plantules, bulbes et autres organes de multiplication

Pour être utiles, les essais doivent reproduire étroitement les conditions commerciales ou être réalisés dans de telles conditions. Les moisissures qui s'attaquent aux plantules d'arbres forestiers et à d'autres plantes ligneuses repiquées et entreposées à l'automne (plantes ornementales, arbres fruitiers, arbustes) causent de nos jours de graves problèmes en raison des périodes de plus en plus longues d'entreposage, qu'il s'agisse de matériel à racine nue ou cultivé en contenants⁵⁹. La production accrue de matériel cultivé en contenants, qui peut recéler des moisissures, contribue au problème.

Les essais de lutte contre les moisissures des bulbes, des cornes, des tubercules, des segments de racines, etc. entreposés de plantes ornementales doivent faire l'objet de 4 à 6 répétitions à raison de 50 à 60 bulbes par répétition, pour permettre l'expression de la variabilité entre les bulbes, l'inoculation et le développement de la maladie⁵⁸. Pour les essais sur l'efficacité utilisant l'infection naturelle, on choisira des bulbes qui semblent sains dans des lots de bulbes fortement attaqués par la maladie. Pour les essais sur l'inoculation et la phytotoxicité, on choisira des bulbes sains dans des lots exempts de maladie. Les principaux indices de gravité de la maladie sont déterminés à la fin de l'entreposage, au moment de la plantation et de l'établissement environ 30 jours plus tard. Toutefois, pour des essais complets, il faudra mener une

évaluation d'un cycle entier de croissance, d'une deuxième période d'entreposage et de la période subséquente d'établissement. La maladie et la phytotoxicité doivent être mesurées à l'étape de la floraison et de la récolte des bulbes à la fin de la campagne⁵⁸.

Références :

- 57 Eckert, J.W. and G.E. Brown. 1986. Evaluation of postharvest fungicide treatments for citrus fruits. Pp. 92-97 in: K.D. Hickey (ed.) *op. cit.*
- 58 Eckert, J.W. and J.M. Ogawa. 1988. The chemical control of postharvest diseases: deciduous fruits, berries, vegetables and root/tuber crops. *Ann. Rev. Phytopath.* 26: 433-469.
- 59 Meheriuk, M. and W.J. McPhee. 1984. La manutention des fruits à pépins, des fruits fragiles et des raisins. AAC, Publ. 1768F.
- 60 Rosenberger, D.A., R.A. Spotts, W.S. Conway and K.S. Yoder. 1986. Evaluating fungicides for control of postharvest decay of pome fruits. Pp. 88-91 in: K.D. Hickey (ed.) *op.cit.*

Tableau 1
SOMMAIRE DES DONNÉES DE TERRAIN REQUISES

Information requise	Mode d'utilisation proposé								
	Sol	Semences	Feuilles				Serres	Après la récolte	
			Cultures de plein champ	Gazon	Lég./Fruits	Vergers	Forêts		
Confirmation de l'agent pathogène	I ou A	I ou A	N ou A	N ou A	N ou A	N ou A	N ou A	I ou A	I ou A
Évaluation de la maladie	D et G	D et G	G	G	G	G	G	D et G	G
Étape de croissance *	T	T	T		T	T	T	T	
Dates de traitement	T	T	T	T	T	T	T	T	T
Phytotoxicité	T	T	T	T	T	T	T	T	
Rendement	T	**	T		T	T	T	T sauf les plantes ornementales	
Qualité			RC		RC	RC		RC	RC

- I - isolation de l'agent pathogène avant ou après le traitement
- A - inoculation artificielle (nouvelle isolation non nécessaire)
- N - inoculation naturelle, estimée d'après l'incidence de la maladie chez les plantes non traitées
- D - décompte à la levée
- G - gravité et incidence des symptômes de maladie
- RC - rendement commercialisable, autres facteurs qualitatifs

- * - étape de croissance de la plante au moment de l'application et de l'évaluation de la maladie
- ** - parfois requis, p. ex., pour le charbon