



Protection phytosanitaire en horticulture

Connaissances de base pour l'obtention du permis pour
l'emploi de produits phytosanitaires

Édition 2025

**Protection phytosanitaire en horticulture – Connaissances de base
pour l'obtention du permis pour l'emploi de produits phytosanitaires**
Édition 2025

Protection phytosanitaire en horticulture

Connaissances de base pour l'obtention du permis pour
l'emploi de produits phytosanitaires

Mentions éditoriales

Éditeur

Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL,
sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement OFEV



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de l'environnement OFEV



Berner Fachhochschule
Hochschule für Agrar-, Forst- und
Lebensmittelwissenschaften HAFL

Autrices et auteurs

Hans Ramseier (HAFL), Stefan Lutter (HAFL), Magali Lebrun (OFEV), Claudia Vogt (sanu ag), Anke Schütze (HAFL), Patrice Arnet (Renovita Wilen GmbH), Corinne Bertschi (Strickhof), Boris Bossmann (Ammann Gartenbau AG), Michaela Burkhardt (HAFL), Gian Dietrich (Rohrer Gemüse), Reto Flückiger (Andermatt Biocontrol Suisse AG), Carlo Gamper (FiBL), Martin Häberli-Wyss (HAFL), Marco Huber (Zulauf AG), Barbara Jenni (JardinSuisse), Benno Jungo (Bagerhof Schmitten), Christa Kunz (HAFL), Simon Lüscher (JardinSuisse), Erwin Meier-Honegger (Ernst Meier AG), Janosh Montandon (sanu ag), Ursula Morgenthaler (sanu ag), Lukas Müller (INFORAMA), Toni Ruprecht (Andermatt Biocontrol Suisse AG), Olivier Sanvido (SECO), Delia Schenk (Andermatt Biocontrol Suisse AG), Simon Schmid (SECO), Philipp Studer (Beerenland AG), David Szalatnay (Strickhof), Nicole Thomet (Kobel Gartengestaltung), Anja Vieweger (FiBL), Remo Walder (Strickhof)

Relectrices et relecteurs spécialisé-es

Services cantonaux : chemsuisse (Chemikalienfachstellen Schweiz und Liechtenstein), Katja Schmid (Arenenberg)

Organismes privés : Benedikt Hellermann (Service de prévention des accidents dans l'agriculture (SPAA)), Barbara Jenni (JardinSuisse), Dominique Petter (JardinSuisse), Erich Affentranger (JardinSuisse)

Offices fédéraux : Magali Lebrun (OFEV), Olivier Sanvido (SECO)

Direction de projet

Stefan Lutter (HAFL), Barbara Jenni (JardinSuisse), Magali Lebrun (BAFU)

Mise en page et conception

Edition-lmz AG

Droits

© Tous droits réservés, OFEV, 2025

L'OFEV est titulaire du droit d'auteur sur les illustrations et les photos sans mention de l'auteur/autrice ou de la source.

L'OFEV est titulaire du droit d'auteur sur les textes.

Édition

1^{re} édition, 2025

Exclusion de responsabilité

Les informations contenues dans cette publication sont destinées uniquement à l'information des lectrices et lecteurs. L'Office fédéral de l'environnement s'efforce de fournir des informations exactes, actuelles et complètes, mais décline toute responsabilité à cet égard. Nous déclinons toute responsabilité pour d'éventuels dommages en lien avec la mise en œuvre des informations contenues dans cette publication. Les lois et dispositions légales en vigueur en Suisse s'appliquent aux lectrices et lecteurs; la jurisprudence actuelle est applicable

Remerciements

L'OFEV remercie toutes les personnes nommées ci-dessus pour leur engagement. L'Office remercie également les différents organismes impliqués d'avoir donné l'autorisation d'utiliser leurs images, notamment l'éditeur Edition-lmz AG, l'Institut de recherche de l'agriculture biologique, Frick (FiBL) et Agroscope.

Liste des abréviations

CC	Code civil
CO	Code des obligations
EPI	Équipement de protection individuelle
FDS	Fiches de données de sécurité
FiBL	Institut de recherche de l'agriculture biologique
ICM	Info Cultures maraîchères (Agroscope)
LAgr	Loi sur l'agriculture
LChim	Loi sur les produits chimiques
LDAL	Loi sur les denrées alimentaires
LEaux	Loi fédérale sur la protection des eaux
LMR	Limite maximale de résidus
LPA	Loi fédérale sur la protection des animaux
LPE	Loi sur la protection de l'environnement
LPN	Loi fédérale sur la protection de la nature et du paysage
LTr	Loi sur le travail
OChim	Ordonnance sur les produits chimiques
ODE	Ordonnance sur la dissémination dans l'environnement
OEaux	Ordonnance sur la protection des eaux
OFEV	Office fédéral de l'environnement
OLT	Diverses ordonnances relatives à la loi sur le travail
OPD	Ordonnance sur les paiements directs
OPer-H	Ordonnance du DETEC relative au permis pour l'emploi de produits phytosanitaires dans l'horticulture
OPPh	Ordonnance sur les produits phytosanitaires
ORRChim	Ordonnance sur la réduction des risques liés aux produits chimiques
OSAV	Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires
OSaVé	Ordonnance sur la santé des végétaux
PER	Prestations écologiques requises
Permis PPh	Permis pour l'emploi des produits phytosanitaires
PIOCH	Groupement pour la production intégrée dans l'ouest de la Suisse
PPh	Produits phytosanitaires
SAU	Surface agricole utile
SGH	Système général harmonisé de classification et d'étiquetage des produits chimiques
SPB	Surfaces de promotion de la biodiversité
SPC	Services phytosanitaires cantonaux

Table des matières

Mentions éditoriales	2
Liste des abréviations	3
Introduction	9

1. Bases légales 12

Vue d'ensemble des principaux textes légaux réglementant l'utilisation de produits phytosanitaires	12
Selection de lois et d'ordonnances	13
Ordonnance sur les produits phytosanitaires	13
Les produits phytosanitaires dans l'horticulture biologique	13
Loi sur la protection de l'environnement	13
Loi fédérale sur la protection de la nature et du paysage	14
Législation sur la protection des eaux	14
Ordonnance sur la réduction des risques liés aux produits chimiques	15
Permis pour l'emploi de produits phytosanitaires	16
Code civil et code des obligations	16
Services spécialisés et conseils en matière de PPh	18

2. Fondements de l'écologie 20

L'écosystème	20
Introduction à l'écologie	20
Structure d'un écosystème	20
Cycle des nutriments et flux d'énergie dans l'écosystème	20
Réseau trophique	22
Évolution des populations	22
Interactions au sein de l'écosystème	23
Cycle des substances	24
Carbone et oxygène	24
Azote et phosphore	25
Le sol, un habitat particulier	26
Biodiversité	27
Importance et utilité de la biodiversité	27
État de la biodiversité en Suisse	28
Jardins et parcs riches en biodiversité	30

3. Produits phytosanitaires, écotoxicologie et toxicologie humaine 32

Utilisation et catégorisation des produits phytosanitaires	32
Terminologie	32
Autorisations restreintes ou retirées	33
Classification des produits phytosanitaires	34
Classification pratique des produits selon leur mode d'action et d'application	35
Herbicides	35
Fongicides	36
Insecticides	37
Produits phytosanitaires contenant des organismes vivants (biologiques)	37
Méthodes biotechniques	37
Stimulateurs des défenses naturelles des plantes	37
Additifs (coformulants, adjuvants)	38
Toxicologie humaine	38
Généralités concernant la toxicologie	38
Voies par lesquelles les produits phytosanitaires peuvent être absorbés dans le corps humain	38
Effets aigus et effets chroniques	38
Résidus dans les denrées alimentaires	39
Étiquetage et informations concernant les produits phytosanitaires	39
Risque et exposition	39
Étiquette	39
Symboles de danger (SGH) et étiquetage correspondant	41
Mode d'emploi	42
Fiche de données de sécurité	42
Les produits phytosanitaires dans l'environnement	42
Comportement et dégradation des produits phytosanitaires	43
Impact environnemental potentiel des produits phytosanitaires de synthèse	47
Mise en œuvre des exigences de distance liées à la dérive et au ruissellement	48

4. Planifier une stratégie phytosanitaires et mettre en œuvre des mesures préventives	50
Planifier une stratégie phytosanitaire	50
Mesures préventives	51
Emplacement et choix des plantes	51
Couverture du sol et prévention de l'érosion et du ruissellement	51
Prévention de la contamination	51
Technique culturale	51
Gestion de l'eau et irrigation	52
Utilisation des facteurs de limitation naturels : entretien de l'ensemble de l'écosystème	52
Mesures prises dans les jardins potagers	54
Mesures prises sur les gazon	54
5. Monitoring	56
Causes possibles des symptômes observés	56
Aperçu des symptômes de diverses maladies	57
Symptômes causés par des champignons	57
Symptômes causés par des virus	58
Symptômes causés par des bactéries	58
Symptômes causés par des ravageurs	59
Causes non parasitaires	59
Instruments de monitoring	60
Repérage : observer et contrôler	60
Seuils d'intervention	60
Sources d'information, aides à la décision et systèmes de prévision	60
Services d'alerte	61
Agrometeo	61
Systèmes d'information et de prévision	61
6. Organismes nuisibles et auxiliaires	64
Classification des organismes nuisibles	64
Insectes nuisibles pour les plantes	65
Anatomie des insectes	65
Développement des insectes	66
Exemple de classification d'insectes	67
Approfondissement sur certains ravageurs	69

Agents pathogènes fongiques	91
Généralités concernant les champignons	91
Champignons du sol	93
Rouilles	95
Oïdium et mildiou	96
Botrytis cinerea	100
Tavelures	100
Maladies des taches foliaires	102
Maladies fongiques dans les gazons	104
Adventices, flore accompagnatrice, « mauvaises herbes »	106
Généralités, définition des termes	106
Effets néfastes des adventices	106
Utilité des adventices	107
Biologie des adventices	107
Adventices dans les surfaces de gazon	110
Espèces exotiques envahissantes (néobiotes)	111
Néophytes envahissantes	111
Néozoaires envahissants	112
Obligation d'annoncer les organismes nuisibles particulièrement dangereux	112
Auxiliaires	113

7. Lutte directe	118
Méthodes physiques	118
Mesures mécaniques	118
Chaleur	122
Capture et prélèvement	123
Filets	123
Élimination de parties de plantes infestées	124
Méthodes biotechniques	124
Répulsifs	124
Appâts et phéromones	124
Technique de confusion sexuelle	125
Pièges chromatiques	125
Méthodes biologiques	125
Insectes/acariens	126
Bactéries	126
Viren	127

Champignons	127
Nématodes	128
Produits naturels	129
Lutte chimique	130
Autant que nécessaire, mais aussi peu que possible	130
Privilégier une approche sélective	131
Contrôles des effets obtenus	131
Résistances	131

8. Application des PPh **136**

Se protéger lors de la manipulation de PPh	136
Exposition aux PPh	136
Principe STOP	138
Équipement de protection individuelle	139
Que faire en cas d'urgence ?	140
Choisir correctement le PPh	141
Réduction du risque lors de l'application de PPh	143
Entreposer et éliminer les PPh	145
Sortir des PPh de l'entrepôt	146
Remplir les pulvérisateurs et préparer la bouillie	147
Déterminer les concentrations avec un calcul de pourcentages	147
Régler les appareils de traitement	149
Choix des buses	149
Rincer, nettoyer et entretenir les pulvérisateurs	152
Contrôle visuel	155
Entretien de la pompe	155
Hivernage	156

9. Application de PPh : instruire des personnes ne disposant pas de permis **158**

Exigences légales	158
Marche à suivre pour l'instruction	158
Contenu de l'instruction	159
Questions permettant de vérifier les compétences acquises	159
Modèle de procès-verbal : Instruction de tiers pour l'application de PPh	160

Introduction

Pour utiliser des produits phytosanitaires (PPh) en respectant l'environnement et sans mettre personne en danger, il faut prendre des décisions complexes. Il s'agit non seulement de connaître les maladies, les ravageurs, les adventices et les produits, mais également de prendre en compte et de réduire autant que possible les effets secondaires indésirables, notamment les conséquences négatives pour les espèces auxiliaires ainsi que pour l'eau, le sol et l'être humain. L'ordonnance sur la réduction des risques liés aux produits chimiques (ORRChim) exige de toutes les personnes qui utilisent des produits chimiques à titre professionnel ou commercial qu'elles obtiennent un **permis** approprié.

En 2017, le Conseil fédéral a adopté le **Plan d'action visant à la réduction des risques et à l'utilisation durable des produits phytosanitaires (plan d'action PPh)**. Ce document définit quelque cinquante mesures qui doivent diminuer de moitié les risques que les PPh présentent pour les personnes, les animaux et l'environnement, tout en encourageant le recours à des solutions n'utilisant pas de produits chimiques. Parmi les mesures prévues, on compte également le renforcement des connaissances sur les PPh et sur leur utilisation, ainsi qu'une formation continue obligatoire pour tous les titulaires de permis.

- ▶ État de la mise en œuvre des mesures du plan d'action PPh : [> Production durable > Protection durable des végétaux > Plan d'action Produits phytosanitaires > Compte rendu](http://blw.admin.ch)

Il s'agit de garantir la productivité à long terme des terres agricoles tout en préservant les ressources naturelles. C'est également le but de la **Stratégie Biodiversité Suisse**, adoptée en 2012. Celle-ci vise à conserver les écosystèmes et les services qu'ils fournissent, ainsi qu'à promouvoir la biodiversité. En utilisant les engrains et les PPh de manière responsable, mais également en incluant des surfaces de compensation écologique, des espaces verts aménagés de manière naturelle et des éléments de mise en réseau, les horticultrices et horticulteurs peuvent apporter une contribution notable à la protection de la biodiversité en Suisse.

Enfin, les **changements climatiques** influencent eux aussi les stratégies phytosanitaires dans les domaines de la production de plantes et de l'entretien des espaces verts tels que les jardins, les parcs, les installations sportives, etc. Parallèlement à l'évolution des conditions climatiques, l'arrivée de nouveaux organismes nuisibles et néophytes implique d'évaluer les risques avec soin, de disposer de bonnes connaissances professionnelles et de recourir à des mesures novatrices.

Ce support didactique présente les connaissances requises pour l'obtention du permis pour l'emploi des PPh dans l'horticulture. Il s'adresse aux **métiers** ci-dessous, en incluant l'horticulture biologique :

- ▶ Horticultrice CFC / horticulteur CFC
- ▶ Agente d'exploitation en maintenance de bâtiments CFC / agent d'exploitation en maintenance de bâtiments CFC
- ▶ Greenkeeper FS / spécialiste de gazon de sport FS

La matière à connaître pour l'examen recouvre l'intégralité du présent support didactique, à l'exception des éléments suivants : sections spécifiques aux métiers autres que celui de la candidate ou du candidat, cas d'études, remarques « Bon à savoir » (💡), chapitre 9 « Application de PPh : instruire des personnes ne disposant pas de permis », ainsi qu'informations provenant de sources externes mentionnées dans le document.

- Le support didactique « Protection phytosanitaire en horticulture – Connaissances de base pour l'obtention du permis pour l'emploi de produits phytosanitaires » est disponible en ligne : [> Je veux obtenir un permis PPh > Comment obtenir son permis ? > Ressources](https://www.permis-pph.admin.ch).



Remarque générale :

Lors de l'utilisation des produits mentionnés dans ce support didactique, on tiendra compte de leur homologation actuelle, de leur mode d'emploi et de leur fiche de données de sécurité. Les informations contenues dans ce matériel pédagogique reflètent la situation au moment de la clôture de la rédaction.

Le présent support didactique a été rédigé sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV).

1

Bases légales

1. Bases légales

Vue d'ensemble des principaux textes légaux réglementant l'utilisation de produits phytosanitaires

En Suisse, l'utilisation de PPh est réglementée dans diverses lois et ordonnances. Ces bases légales sont régulièrement mises à jour afin de refléter l'évolution des exigences et des connaissances scientifiques. Il est donc

recommandé de consulter les informations les plus récentes mises en ligne par les autorités compétentes.

➤ Recueil des lois et ordonnances de la Confédération : www.fedlex.admin.ch

Les bases légales de la Confédération déterminantes pour l'utilisation de PPh sont mentionnées ci-dessous. Les réglementations indiquées en gras sont commentées dans le présent chapitre.

Tab. 1: Exemples de lois fédérales et d'ordonnances réglementant l'utilisation de PPh (remarque : certaines ordonnances se fondent sur plusieurs lois, comme le fait l'OPPh avec la LChim, la LAg et la LPE)

Exemples de lois fédérales pertinentes	Exemples d'ordonnances pertinentes
Loi fédérale sur l'agriculture (LAg ; RS 910.1)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ordonnance sur les produits phytosanitaires (OPPh ; RS 916.161) ➤ Ordonnance sur la santé des végétaux (OSaVé, RS 916.20) ➤ Ordonnance sur l'agriculture biologique (RS 910.18)
Loi fédérale sur la protection des eaux (LEaux ; RS 814.20)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ordonnance sur la protection des eaux (OEaux, RS 814.201)
Loi sur les produits chimiques (LChim ; RS 813.1) Loi sur la protection de l'environnement (LPE, RS 814.01)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ordonnance sur les produits chimiques (OChim, RS 813.11) ➤ Ordonnance sur la réduction des risques liés aux produits chimiques (ORRChim ; RS 814.81) ➤ Ordonnance relative au registre des permis pour l'emploi des produits phytosanitaires (RS 814.88) ➤ Ordonnance du DETEC relative au permis pour l'emploi de produits phytosanitaires dans l'horticulture (OPer-H ; RS 814.812.39)
Loi sur le travail (LTr ; RS 822.11)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Diverses ordonnances relatives à la loi sur le travail (OLT 1 à 5 ; RS 822.111 à 822.115) ➤ Ordonnance du DEFER sur les travaux dangereux pour les jeunes (RS 822.115.2)
Loi sur les denrées alimentaires (LDAL ; RS 817.0)	
Code civil (CC ; RS 210)	
Code des obligations (CO ; RS 220)	
Loi fédérale sur la protection de la nature et du paysage (LPN ; RS 451)	

Sélection de lois et d'ordonnances

Ordonnance sur les produits phytosanitaires

En Suisse, la mise en circulation de PPh sur le marché est réglementée dans l'OPPh. Celle-ci définit par exemple les exigences qui doivent être remplies pour que les substances actives puissent être homologuées. Ces dernières doivent notamment être adaptées au but prévu : elles doivent lutter efficacement contre l'organisme nuisible concerné, sans provoquer d'effets secondaires inacceptables pour les personnes, les animaux et l'environnement.

➤ www.blv.admin.ch > Homologation produits phytosanitaires > Homologation et réexamen ciblé > Procédure d'homologation

Évaluation du risque

L'évaluation du risque fait partie de la procédure d'homologation des PPh : elle permet d'identifier et d'évaluer les conséquences possibles pour les personnes et pour l'environnement.

Selon les dispositions d'homologation, les conditions d'utilisation peuvent différer d'un PPh à un autre, par exemple la quantité maximale de substance active ou le nombre de traitements (indication SPe 1 sur l'étiquette).

➤ Vous trouverez plus d'informations à ce sujet au chapitre «3. Produits phytosanitaires, écotoxicologie et toxicologie humaine» à la page 32.

En raison de nouveaux résultats obtenus par la recherche, des PPh homologués peuvent faire l'objet d'un réexamen : il arrive qu'ils perdent alors leur homologation et soient retirés du marché. Il n'est dès lors plus permis de les utiliser.

L'homologation peut également définir des conditions d'utilisation. Ainsi, certains PPh ne peuvent pas être utilisés partout (notamment pas dans les zones S2 de protection des eaux souterraines), sont réservés à certains domaines d'utilisation ou types de cultures, ou ne sont destinés qu'à un emploi professionnel ou commercial.

💡 Lors des tests de toxicité requis pour l'homologation des PPh, certains aspects essentiels pour la biodiversité (p. ex. toxicité des mélanges, interactions chimiques et effets à long terme) ne sont pas du tout ou pas suffisamment pris en compte. Les effets secondaires indésirables des PPh ne sont donc pas entièrement connus à l'avance, si bien que l'on continue probablement de sous-estimer les conséquences négatives de ces produits pour la biodiversité.

Test des pulvérisateurs à prise de force ou automoteurs

Les pulvérisateurs à prise de force ou autotractés utilisés pour la protection phytosanitaire doivent être testés au moins toutes les trois années civiles par un service agréé, conformément à l'art. 61, al. 5, OPPh.

Les pulvérisateurs d'une contenance de plus de 400 litres doivent être équipés d'un réservoir fixe d'eau claire ainsi que d'un système automatique de nettoyage interne (art. 61, al. 5, OPPh). Les pulvérisateurs de type « gun » qui ne sont équipés ni d'une soufflerie ni d'une rampe ne sont pas soumis au test obligatoire. Le réservoir d'eau claire n'est en outre pas indispensable.

➤ Vous trouverez plus d'informations à ce sujet au chapitre «8. Application des PPh» sous le titre «Rincer, nettoyer et entretenir les pulvérisateurs» à la page 152.

Les produits phytosanitaires dans l'horticulture biologique

Les substances actives autorisées dans l'agriculture biologique sont mentionnées à l'annexe 1 de l'ordonnance sur l'agriculture biologique (RS 910.181). Toutes ces substances sont également soumises à l'OPPh. Elles figurent par ailleurs dans la Liste des intrants de l'Institut de recherche de l'agriculture biologique (FiBL).

➤ www.fibl.org/fr/

Pour protéger leurs récoltes des ravageurs et des maladies, les exploitations biologiques certifiées ne peuvent utiliser que des produits d'origine végétale, animale, microbienne ou minérale. En font notamment partie le cuivre, le soufre, la cire d'abeille ou les huiles végétales, qui se dégradent souvent plus vite (p. ex. sous l'effet du rayonnement solaire) que les produits d'origine synthétique. Ces produits peuvent toutefois aussi avoir des effets négatifs sur l'environnement (cuivre, p. ex.).

Loi sur la protection de l'environnement

La LPE constitue la pierre d'angle du droit de l'environnement en Suisse. Elle contient des principes juridiques fondamentaux et des dispositions qui s'appliquent à toute la protection de l'environnement. Elle réglemente aussi un grand nombre de questions liées au développement durable.

La LPE oblige à tenir compte de l'environnement lors de l'utilisation de substances chimiques. Elle n'est cependant pas la seule loi à régler l'utilisation de ces substances : la LChim et la LAgr, notamment, le font de manière plus exhaustive, tout comme les ordonnances qui en découlent.

Principe de prévention

« Mieux vaut prévenir que guérir » : cet adage populaire constitue la ligne directrice du droit suisse de l'environnement. À long terme, planifier et agir de manière prévoyante en respectant l'environnement s'avère moins coûteux et moins nuisible sur le plan écologique que de procéder à des améliorations a posteriori ou que de devoir même réparer des dégâts subis par l'environnement. En ce qui concerne les PPh, cela implique en premier lieu d'examiner s'il faut renoncer à recourir à ces produits ou comment il est possible de les utiliser en préservant le plus possible l'environnement.

Principe de causalité

Les coûts liés à la correction des atteintes ou des dommages causés à l'environnement ne doivent pas être pris en charge par la collectivité, mais par les personnes qui les ont provoqués (art. 2 LPE). Ce principe général est devenu une évidence dans des domaines comme la gestion des déchets (sac poubelle taxé) ou l'assainissement des décharges et d'autres sites contaminés. En ce qui concerne l'utilisation de PPh, le principe du pollueur-payeur signifie que les éventuels coûts de réparation d'un dommage dû à ces produits doivent être pris en charge par l'utilisatrice ou l'utilisateur. Certains coûts environnementaux sont toutefois difficiles à attribuer à la bonne personne ou à calculer correctement, ils doivent donc être pris en charge par la collectivité. Parmi ces coûts externes, on peut notamment citer les frais de traitement des eaux usées visant à éliminer les résidus de PPh, les coûts de la santé générés par l'utilisation de ces produits ou les coûts environnementaux liés aux impacts négatifs des PPh sur les abeilles ou d'autres insectes utiles.

Devoir de diligence

Quiconque utilise des PPh ou manipule leurs déchets doit veiller à ce qu'ils ne présentent pas d'effets secondaires inacceptables pour les personnes, pour les animaux ou pour l'environnement. Ces produits doivent faire l'objet d'une utilisation appropriée et ne peuvent être employés que pour les usages pour lesquels ils ont été homologués (voir art. 61 OPPh).

Loi fédérale sur la protection de la nature et du paysage

La LPN prescrit de protéger la faune et la flore indigènes, ainsi que leur diversité biologique et leur habitat naturel (voir art. 1, let. d, LPN). Pour protéger les espèces et leur habitat naturel, on place sous protection des biotopes, des marais, etc. (voir art 18 ss LPN). Les utilisatrices et utilisateurs de PPh qui travaillent dans de tels biotopes ou aires protégées doivent respecter des exigences spéciales afin de garantir que leurs pratiques ne nuisent pas à l'environnement. Cela peut inclure une limitation de l'utilisation de PPh, voire des interdictions telles que celles qui s'appliquent dans les réserves naturelles.

Législation sur la protection des eaux

La LEaux prescrit que toute personne doit faire preuve de la diligence requise pour qu'aucune atteinte nuisible ne soit portée aux eaux. Il est interdit d'introduire dans une eau des substances susceptibles de la polluer ou d'utiliser celles-ci de telle manière qu'il existe un risque concret de pollution des eaux.

Quant à l'OEaux, elle définit comme but écologique qu'il ne doit pas y avoir de substances artificielles et persistantes dans les rivières, les ruisseaux, les lacs et les eaux souterraines. Dans les eaux exploitées pour l'approvisionnement en eau potable, la concentration de PPh et de leurs métabolites (produits de dégradation) ne doit pas excéder 0,1 µg/l (0,0001 mg/l). Les substances que les activités humaines relâchent dans l'eau ne doivent porter atteinte ni à la reproduction, ni au développement, ni à la santé des plantes, des animaux et des microorganismes.

➤ Vous trouverez plus d'informations à ce sujet au chapitre «3. Produits phytosanitaires, écotoxicologie et toxicologie humaine» à la page 32.

Protection des eaux de surface

Distance par rapport aux eaux (sur la base de l'OPPh, de l'OPD et de l'ORRChim)

En raison des dommages qu'ils peuvent causer aux organismes aquatiques, les PPh sont soumis à des conditions spéciales destinées à protéger les eaux de surface. Mentionnées dans l'index des PPh de l'Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires (OSAV), ainsi que sur les étiquettes des produits, ces exigences (SPE 2, 3 et 4 pour les mesures de réduction des risques destinées à protéger les organismes aquatiques) sont par ailleurs expliquées dans les « Instructions du service d'homologation relatives aux mesures de réduction des risques lors de l'application de produits phytosanitaires ». Elles se réfèrent soit au risque de dérive, soit au risque de ruissellement.

Pour les PPh dont l'étiquette ne comporte pas d'indication concernant une zone tampon non traitée le long des eaux de surface, l'ORRChim prescrit une distance minimale de 3 mètres par rapport au rivage. Enfin, l'OEaux interdit d'appliquer des PPh dans l'espace réservé aux eaux.

La largeur de l'espace réservé aux eaux dépend notamment de la largeur naturelle du fond du lit, mais elle dépasse toujours la distance minimale de 3 mètres prescrite par l'ORRChim. Au-delà d'une bande riveraine large de 3 mètres, les traitements chimiques plante par plante sont autorisés pour les végétaux posant des problèmes, s'il est impossible de les combattre raisonnablement par des moyens mécaniques.

⌚ Espace réservé aux eaux

À la fin 2009, le Parlement a adopté des modifications de la LEaux. Le but de ces modifications était d'améliorer le caractère naturel des eaux. Afin que ces dernières puissent assumer leurs fonctions écologiques, garantir la protection contre les crues, servir de zones de détente et permettre l'utilisation de la force hydraulique, elles doivent disposer d'un espace suffisant.

Protection des eaux souterraines

Afin que les eaux souterraines – notre principale source d'eau potable – soient protégées de la pollution, les cantons délimitent notamment des zones de protection des eaux souterraines autour des captages qui présentent un intérêt public. Dans ces zones, des restrictions ou des interdictions s'appliquent aux activités susceptibles de menacer les eaux souterraines. L'application de certains PPh peut aussi être concernée (voir à ce sujet l'index de l'OSAV indiquant les interdictions d'utilisation dans les zones S2 et Sh ; voir également Tab. 2 à la page 17). Dans la zone S1, toute utilisation de PPh est interdite.

➤ www.blv.admin.ch > Homologation produits phytosanitaires > Utilisation et exécution > Instructions et fiches techniques > Protection des eaux souterraines

Les cantons et la Confédération mettent en ligne leurs cartes de protection des eaux par l'intermédiaire de leurs géoportails ou de leurs systèmes d'information environnementale.

➤ Des cartes de protection des eaux souterraines sont disponibles pour toute la Suisse sous : bafu.admin.ch > Thèmes > Thème Eaux > Données, indicateurs, cartes > Géodonnées et cartes > Cartes et évaluations > Cartes de la protection des eaux des cantons

Ces plateformes permettent de consulter des cartes interactives et de rechercher de manière ciblée certains emplacements.

Des explications concernant les diverses zones de protection des eaux souterraines sont disponibles sur la page suivante :

➤ www.bafu.admin.ch > Thèmes > Thème Eaux > Eaux souterraines > Protection des eaux souterraines > Approvisionnement en eau potable à long terme

Protection des milieux karstiques ou fissurés

Dans les zones karstiques ou fissurées, les eaux souterraines sont souvent particulièrement vulnérables. En l'absence de couches de sol protectrices, l'eau non filtrée contenant les PPh parvient directement dans les aquifères. L'index de l'OSAV déjà mentionné précise également quelles substances actives de PPh sont interdites dans ces zones. Les secteurs concernés se trouvent surtout dans le Jura (de Genève à Schaffhouse), ainsi que dans les Préalpes (du Valais à Appenzell), mais également dans le sud du Tessin.

Ordonnance sur la réduction des risques liés aux produits chimiques

L'ORRChim réglemente l'utilisation des produits chimiques, notamment des PPh. Elle prescrit que les utilisatrices et utilisateurs professionnels ne peuvent appliquer de tels produits que s'ils disposent d'un permis PPh adéquat. Son annexe 2.5, en particulier, contient une description détaillée des interdictions et restrictions qui s'appliquent à l'utilisation de PPh, ainsi que les diverses dérogations à ces interdictions.

L'annexe 2.5 ORRChim indique par exemple que les herbicides sont interdits sur les routes, sur les chemins, sur les places et à leurs abords, ainsi que sur les toits et les terrasses. Sur les surfaces imperméabilisées (goudronnées), l'eau de pluie peut rapidement emporter les PPh dans les canalisations ou directement dans les eaux. Les chemins ou les surfaces dont la structure est faite de sable et de gravier constituent des sols peu actifs sur le plan biologique, avec une faible proportion d'humus et peu d'organismes vivants. Ces substrats ne sont guère capables d'absorber ou de dégrader les PPh, si bien que ceux-ci s'infiltrent pratiquement tels quels dans les eaux souterraines.

➤ Vous trouverez plus d'informations à ce sujet au tableau «Tab. 2: Sélection de réglementations sur l'emploi de PPh dans divers domaines» à la page 17.

Permis pour l'emploi de produits phytosanitaires

Pour utiliser des PPh en horticulture, dans le cadre d'une activité professionnelle ou commerciale, il faut disposer d'un permis PPh. Les particuliers qui emploient uniquement des PPh dans un cadre privé ne peuvent pas obtenir de permis : ils ne peuvent donc acquérir et utiliser que des PPh qui ont été homologués pour une utilisation non professionnelle. Pour acquérir des PPh homologués pour une utilisation professionnelle ou commerciale, les titulaires de permis doivent présenter cette habilitation afin de prouver qu'ils sont autorisés à effectuer cet achat et à appliquer les produits concernés.

Les permis PPh suivants sont actuellement en vigueur :

- ▶ Ordonnance du DETEC relative au permis pour l'emploi de produits phytosanitaires dans l'agriculture (OPer-A ; RS 814.812.34)
- ▶ Ordonnance du DETEC relative au permis pour l'emploi de produits phytosanitaires dans l'horticulture (OPer-H ; RS 814.812.39)
- ▶ Ordonnance du DETEC relative au permis pour l'emploi de produits phytosanitaires dans l'économie forestière (RS 814.812.36)
- ▶ Ordonnance du DETEC relative au permis pour l'emploi de produits phytosanitaires dans des domaines spéciaux (RS 814.812.35)

Exemple 1 : Si on lutte contre les guêpes ou les fourmis à l'aide de PPh pour le compte d'un tiers, il faut disposer d'un autre permis, à savoir le permis selon l'ordonnance du DFI relative au permis pour l'emploi des pesticides en général (RS 814.812.32 ; emploi des pesticides en général).

Exemple 2 : Il est permis de lutter contre les guêpes dans sa propre entreprise tant que le produit biocide utilisé a été homologué.

Les permis délivrés à partir de 2026 sont valables cinq ans. On peut les prolonger en suivant des formations continues appropriées. Il est crucial de se former en permanence, puisque l'utilisation de PPh évolue régulièrement. Les cours sont proposés par des organisations de formation reconnues.

Les titulaires d'un permis PPh sont également habilités à donner des instructions à d'autres personnes pour l'emploi professionnel ou commercial de ces produits. (Voir aussi le chap. 9 « Application de PPh : instruire des personnes ne disposant pas de permis »)

Les jeunes de moins de 18 ans ne sont pas autorisés à manipuler des PPh homologués pour une utilisation professionnelle ou commerciale. Font exception les apprentis qui sont tenus de le faire selon leur plan de formation. Comme les PPh peuvent porter atteinte à la santé, leur utilisation à titre professionnel ou commercial et leur manipulation sont considérées comme des travaux comportant des dangers particuliers. Il est donc impératif qu'elles fassent l'objet d'instructions correctes (protection des jeunes travailleurs).

➤ Vous trouverez plus d'informations à ce sujet au chapitre «9. Application de PPh : instruire des personnes ne disposant pas de permis» à la page 158.

💡 On teste les PPh de manière à savoir s'ils peuvent aussi être homologués pour une utilisation non professionnelle. Les produits disponibles pour un emploi non professionnel sont faciles à doser et n'entraînent que de faibles risques pour l'environnement, ainsi que pour les utilisatrices et les utilisateurs. En règle générale, ces personnes ne disposent pas des connaissances spécialisées ou de l'équipement requis pour une application sans danger (p. ex. aires de lavage, chaussures adaptées, gants de protection, etc.). À l'inverse, l'emploi professionnel de certains PPh peut exiger des mesures de protection supplémentaires, notamment des masques spéciaux ou des habits résistants aux produits chimiques.

Code civil et code des obligations

Le CC et le CO ont aussi leur mot à dire en ce qui concerne l'emploi de substances dangereuses. À ce titre, l'art. 684 CC concernant les rapports de voisinage est essentiel : les voisins ne doivent pas subir de nuisances excessives. Plusieurs décisions judiciaires traitent des nuisances causées par les brouillards d'aspersion et les appareils d'effarouchement des oiseaux. Les tribunaux sont très restrictifs : aucun brouillard visible ou malodorant n'est toléré.

Si des PPh parviennent sur d'autres parcelles et y causent des dommages, la personne qui en est responsable est tenue de verser des dommages et intérêts. Cela vaut également lorsqu'une parcelle exploitée selon les directives de l'agriculture biologique est polluée par l'utilisation de PPh de synthèse.

Tab. 2: Sélection de réglementations sur l'emploi de PPh dans divers domaines

Zone, secteur, surface	Interdiction, restriction
Zones de protection des eaux souterraines et secteurs de protection des eaux dans les surfaces agricoles	
Zone S1 de protection des eaux souterraines.	► Interdiction d'utiliser des PPh (annexe 2.5 ORRChim).
Zone S2 et Sh de protection des eaux souterraines.	► Interdiction d'utilisation liée aux substances actives pour certains PPh (art. 68 OPPh).
Aire d'alimentation Zu, Zo.	► Restrictions spécifiques à certains cas / interdiction d'utilisation édictée par le canton si nécessaire (annexe 2.5 ORRChim, annexe 4 OEaux).
Eaux de surface, biotopes, aires de protection de la nature, forêt, aires bâties et espaces de détente	
Eaux de surface, avec une bordure tampon de 3 mètres de large sur leur rive. Une distance de 6 mètres par rapport aux eaux de surface est exigée pour les PER.	► Interdiction d'employer des PPh (ORRChim). ► En PER, à partir de 6 mètres : exception possible pour les traitements chimiques plante par plante*.
Espace réservé aux eaux en vigueur selon l'art. 41a ou 41b OEaux.	► Interdiction d'employer des PPh. ► Dès 3 mètres de distance : exception possible pour les traitements chimiques plante par plante* des végétaux posant des problèmes (art. 41c OEaux).
Distances de sécurité et autres mesures de réduction des apports de PPh en lien avec les eaux de surface, les biotopes et les plantes à fleurs sur les parcelles, surfaces résidentielles et installations publiques à proximité.	► Exigences spécifiques aux produits en lien avec l'environnement (phrases SPe1 au SPe8 selon l'annexe 8 OPPh et selon les instructions de l'OSAV, p. ex. dans le but de réduire le ruissellement et la dérive).
Aires de protection de la nature selon le droit national et cantonal. Roselières, marais.	► Interdiction, à moins que les prescriptions qui s'y rapportent en disposent autrement (annexe 2.5 ORRChim).
Haies et bosquets, avec une bande de 3 mètres de large le long de ceux-ci.	► Interdiction d'employer des PPh (exception possible pour les traitements chimiques plante par plante* ; annexe 2.5 ORRChim).
Pâturages boisés, avec une bande de 3 mètres de large le long de la zone boisée.	► Interdiction d'employer des PPh (exception possible pour les traitements chimiques plante par plante* ; annexe 2.5 ORRChim).
Forêt, avec une bande de 3 mètres de large le long de la zone boisée.	► Interdiction d'employer des PPh, mais avec éventuellement des exceptions pour les PPh homologués pour la forêt ou la sylviculture et uniquement avec une autorisation cantonale d'utilisation et un permis d'utilisation « forêt » (annexe 2.5 ORRChim).
Voies de communication (sur les routes, chemins, places, voies ferrées et à leurs abords)	
Routes, chemins, places et leurs abords.	► Interdiction d'employer des PPh (exception possible pour les traitements chimiques plante par plante*, mais uniquement sur les routes nationales et cantonales ; annexe 2.5 ORRChim).
Talus et bandes de verdure le long des routes et des voies ferrées (en dehors des surfaces agricoles utiles).	► Interdiction d'employer des PPh (exception possible pour les traitements chimiques plante par plante* ; annexe 2.5 ORRChim).
Pour les PER, sur des surfaces dont la pente dépasse 2% le long de routes et de chemins dont l'eau est évacuée.	► Pour l'emploi de PPh, il faut mettre en œuvre une mesure de réduction du ruissellement correspondant à au moins 1 point (OPD).

* Traitements chimiques plante par plante de végétaux posant des problèmes, dans la mesure où ceux-ci ne peuvent pas être combattus à l'aide d'autres mesures, telles qu'un fauchage régulier.

Services spécialisés et conseils en matière de PPh

En Suisse, plusieurs services spécialisés et services de conseil soutiennent les horticultrices et les horticulteurs en ce qui concerne les PPh et leur emploi. Quelques services importants sont mentionnés ci-dessous :

Office fédéral de l'agriculture (OFAG)

L'Office fédéral de l'agriculture (OFAG) met à disposition des fiches techniques pour la réduction des risques liés aux PPh :

- [www.blw.admin.ch > Production durable > Protection durable des végétaux > Mesures de réduction des risques](https://www.blw.admin.ch/produktion-durable/produktion-durable-des-vegetaux/mesures-de-reduction-des-risques)

Services de vulgarisation des cantons, notamment services phytosanitaires cantonaux (SPC)

Dans les cantons, il existe des services de conseils agricoles qui proposent des informations spécifiques sur les directives relatives aux PPh et sur les pratiques recommandées. Ces services se mettent à la disposition des horticultrices et horticulteurs pour des conseils personnalisés. Ils sont aussi compétents pour l'octroi d'autorisations spéciales dans le cadre de l'OPD.

- [www.agroscope.admin.ch > Thèmes > Production végétale > Protection des végétaux > Service phytosanitaire Agroscope > Services phytosanitaires](https://www.agroscope.admin.ch/themes/produktion-vegetale/protection-des-vegetaux/service-phytosanitaire-agroscope/services-phytosanitaires)

Chemsuisse

Chemsuisse regroupe des représentants des services cantonaux responsables des produits chimiques de Suisse et du Liechtenstein. L'organisation fournit des renseignements sur les aspects relevant du droit sur les produits chimiques (autorisations, étiquetage, fiche de données de sécurité), sur les dispositions de remise et sur l'emploi de PPh dans le domaine non agricole.

- [www.chemsuisse.ch > Notices](https://www.chemsuisse.ch/notices)

JardinSuisse

JardinSuisse met à disposition des documentations spécifiques à son secteur d'activités.

- <https://jardinsuisse.ch>

Agroscope

Agroscope est le centre de compétences pour la recherche agricole en Suisse. Il mène des recherches sur divers thèmes liés aux sciences agronomiques par exemple dans le domaine de la protection des végétaux. Les exploitantes et exploitants peuvent accéder aux résultats de recherche et aux recommandations d'Agroscope.

- www.agroscope.admin.ch

Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires (OSAV)

L'OSAV établit l'index des PPh et met à disposition des instructions et des fiches techniques concernant la réduction des risques lors de l'utilisation de PPh.

- www.psm.admin.ch

- [www.blv.admin.ch > Homologation produits phytosanitaires > Utilisation et exécution > Instructions et fiches techniques](https://www.blv.admin.ch/homologation-produits-phytosanitaires/utilisation-et-execution/instructions-et-fiches-techniques)

2

Fondements de l'écologie

2. Fondements de l'écologie

L'écosystème

Introduction à l'écologie

Les relations et les interactions entre les organismes vivants et l'environnement sont étudiées par une discipline appelée « écologie ». Les milieux naturels abritent une multitude de plantes, d'animaux et de microorganismes. La présence d'une espèce en une région du monde dépend de caractéristiques physiques – on parle de « facteurs environnementaux abiotiques » – telles que la température, l'humidité, la lumière et les propriétés du sous-sol. La présence d'une espèce est en outre déterminée par la base alimentaire ainsi que par les autres espèces présentes dans le milieu naturel. Les connaissances élémentaires relatives au fonctionnement de notre écosystème constituent le fondement de la protection intégrée des cultures.

Structure d'un écosystème

L'ensemble des relations que les organismes vivants (biocénose) établissent entre eux et avec leur environnement non vivant (biotope) est appelé « écosystème ». Les dimensions d'un écosystème donné dépendent de la manière dont on regarde les choses. On peut ainsi considérer comme des écosystèmes aussi bien un étang de jardin ou un lac qu'un potager ou une surface de pelouse, une haie ou la Terre tout entière.

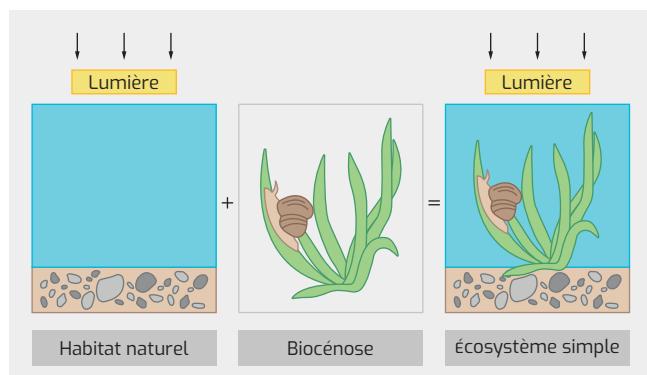


Fig. 1: Caractéristiques principales d'un écosystème représenté sous la forme d'un simple aquarium.

L'écosystème « jardin » est notamment constitué des éléments suivants :

- ▶ **Biotope** : sol, soleil, air, eau, pierre, bois, etc.
- ▶ **Biocénose** : végétaux, animaux, champignons, bactéries.
- ▶ **Relations** à l'intérieur de la biocénose, ainsi qu'avec le biotope.

Cycle des nutriments et flux d'énergie dans l'écosystème

Pour croître et subsister, les organismes vivants nécessitent non seulement de l'eau, mais aussi des nutriments et de l'énergie. Dans presque tous les écosystèmes de la Terre, le soleil fournit l'intégralité de l'énergie utilisée. Les plantes vertes sont capables d'absorber l'énergie solaire et d'emmageriser celle-ci sous la forme de glucose et d'autres hydrates de carbone (photosynthèse). Ces hydrates de carbone servent ensuite de source d'énergie à tous les organismes vivants qui ne sont pas capables eux-mêmes d'effectuer la photosynthèse.

✿ Photosynthèse

La plante transforme le dioxyde de carbone et l'eau en glucose et en oxygène. C'est la chlorophylle – la substance qui donne leur couleur verte aux végétaux – qui permet ce processus. Pour utiliser l'énergie chimique contenue dans le glucose, tant les plantes que les autres organismes vivants retrouvent le glucose en dioxyde de carbone et en eau. L'énergie ainsi libérée sert à maintenir le métabolisme. La réaction inverse de la photosynthèse est appelée **respiration cellulaire**.

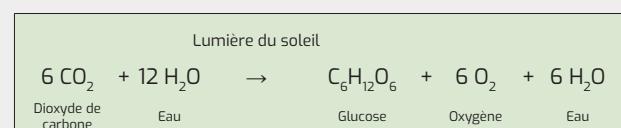


Fig. 2: Formule de la photosynthèse

Les plantes vertes constituent le fondement de notre chaîne alimentaire. Dans l'écosystème, elles produisent une grande partie de la biomasse : elles sont ainsi appelées « producteurs ».

Les animaux, les champignons et la plupart des microorganismes ne peuvent utiliser ni l'énergie du rayonnement solaire ni les nutriments issus de composés inorganiques. Ils dépendent donc de la biomasse produite par les plantes.

Les animaux et les autres organismes qui se nourrissent directement ou indirectement de plantes sont quant à eux des « **consommateurs** ». Les herbivores sont considérés comme des **consommateurs primaires**, alors que les carnivores sont des **consommateurs secondaires** ou **tertiaires**. Les consommateurs intègrent les nutriments composés de sucre et de protéines dans leur organisme.

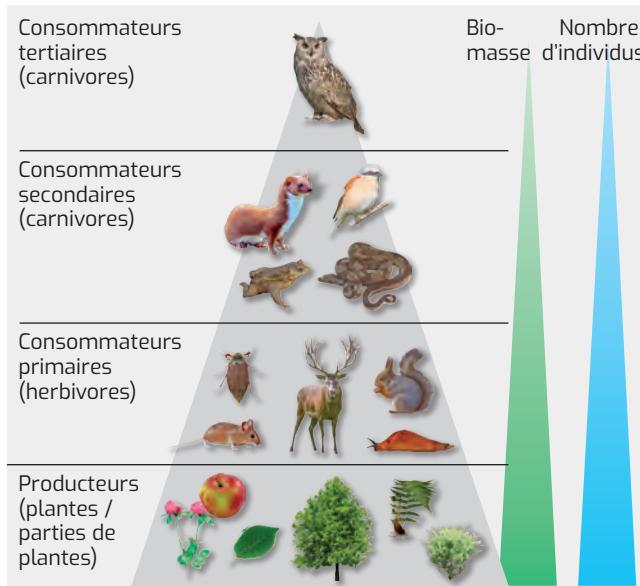


Fig. 3: Interdépendances entre les producteurs, les consommateurs, la biomasse et le nombre d'individus

Des espèces spécialisées (décomposeurs) – essentiellement des bactéries et des champignons – se nourrissent d'excréptions d'animaux, ainsi que d'organismes morts. Elles décomposent les substances organiques jusqu'à ce qu'il n'en reste plus que des composés inorganiques pauvres en énergie. Ces derniers peuvent alors à nouveau servir de nutriments aux plantes. Les substances nutritives parcourent ainsi un cycle continu.

Les organismes vivants du sol décomposent à nouveau la biomasse morte en nutriments pour les plantes. Dans le cycle des nutriments, ils sont appelés « **décomposeurs** » ou « **détritivores** ».

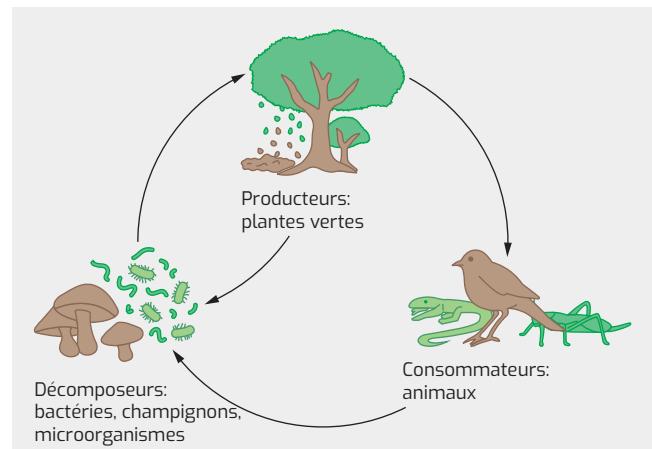


Fig. 4: Cycle des éléments nutritifs dans l'écosystème du verger.

Dans une haie d'ifs, par exemple, c'est l'if qui est le producteur. L'otiorhynque est un consommateur primaire, alors que les oiseaux peuvent constituer des consommateurs secondaires. Ces petits animaux représentent la base alimentaire d'oiseaux de proie de plus grande taille (consommateurs tertiaires). Lorsque ces consommateurs meurent, ils sont dégradés et transformés en nouveaux nutriments par des décomposeurs tels certains acariens (oribates), des nématodes et des champignons.

Lorsqu'une plante est consommée, environ 10 % de son énergie est emmagasinée dans le corps de l'herbivore. Le reste de l'énergie sert au métabolisme et au mouvement, puis est rendu à l'environnement sous la forme de rejets de chaleur. De la plante à l'herbivore et de l'herbivore au carnivore, ce sont ainsi à chaque fois 90 % de l'énergie qui quittent le système sous la forme de rejets de chaleur inutilisables. Le flux d'énergie suit ainsi une « voie à sens unique » et l'écosystème dépend d'une source d'énergie externe constante : le soleil.

Réseau trophique

Dans tous les écosystèmes du monde, les chaînes alimentaires sont structurées de la même manière. Elles correspondent à des relations linéaires entre divers organismes vivants, le long desquelles chaque organisme constitue la base alimentaire d'un autre organisme, à l'exception de celui situé en bout de chaîne. Le réseau trophique se compose de diverses chaînes alimentaires reliées entre elles. Il constitue un réseau complexe d'êtres vivants qui dépendent les uns des autres. Chaque espèce végétale sert par exemple de nourriture à plusieurs espèces animales, qui ont quant à elles un ou plusieurs ennemis. Un organisme vivant peut assumer plusieurs rôles au sein de son écosystème. Les relations entre tous les habitants d'un milieu naturel sont si diverses et complexes qu'il est souvent difficile d'estimer quels effets un changement peut exercer sur l'ensemble de l'écosystème. En moyenne, lorsqu'une espèce végétale disparaît, douze autres espèces sont directement affectées. Mais l'extinction d'un prédateur modifie aussi la composition des espèces dans l'écosystème. La constellation formée des différentes espèces animales et végétales crée des milieux naturels très spécifiques sans lesquels les espèces spécialisées ne peuvent pas survivre.

Évolution des populations

Tous les êtres vivants – de l'organisme unicellulaire au mammifère – sont composés de cellules et partagent certaines caractéristiques : ils disposent d'un métabolisme, croissent, se reproduisent et meurent. Un être vivant particulier est appelé « organisme » ou « individu ». Plusieurs individus d'une espèce qui vivent dans une aire géographique donnée et se reproduisent entre eux constituent une population. Au sein d'une population, les individus ont des liens de parenté plus étroits les uns avec les autres que ceux qui appartiennent à des populations différentes.

La croissance d'une population est déterminée par son taux de reproduction. Lorsque le nombre d'animaux s'accroît d'un même facteur de génération en génération, on parle de croissance exponentielle. Les bactéries qui colonisent un nouveau milieu se reproduisent très rapidement par division cellulaire. Le nombre de bactéries double ainsi d'une génération à l'autre. Cependant, si des ressources telles que l'espace et la nourriture viennent à manquer, cela freine la croissance de la population et celle-ci se stabilise à une limite de capacité déterminée.

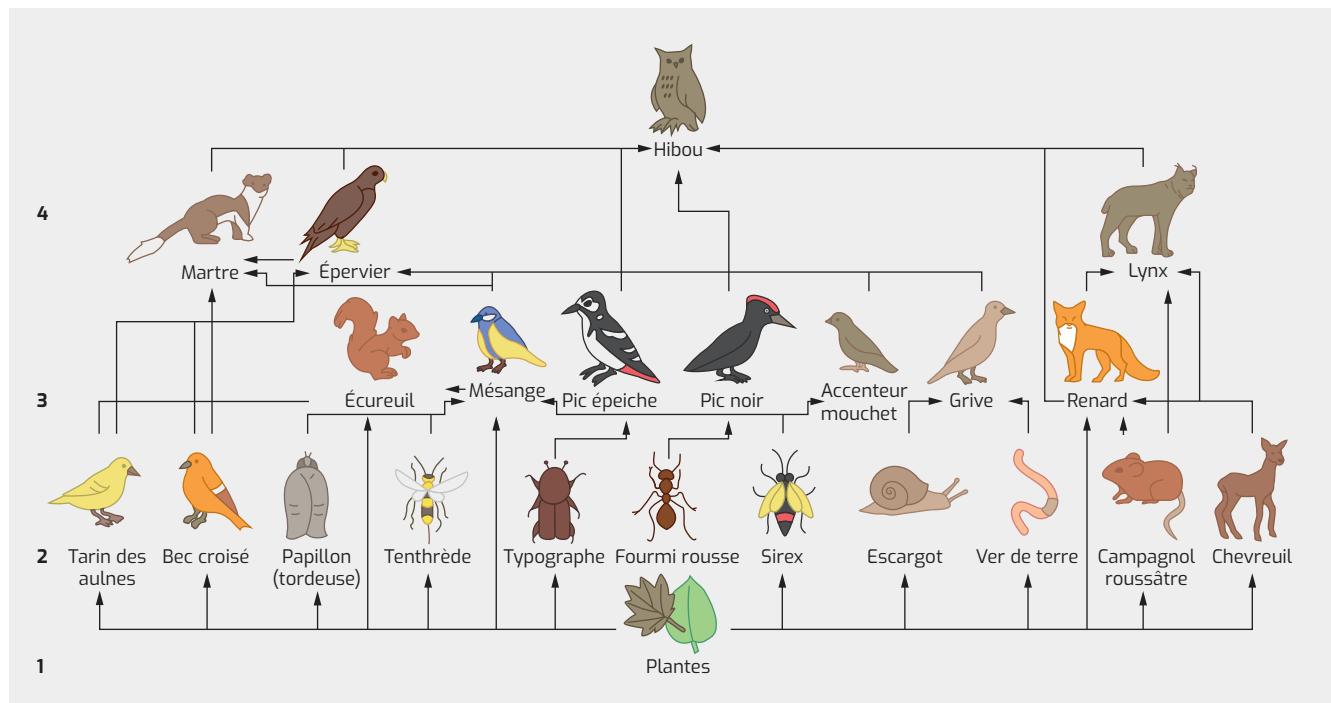


Fig. 5: Schéma des réseaux de chaînes alimentaires de nos forêts. Premier maillon (1) deuxième maillon (2), troisième maillon (3), et, au sommet de la chaîne, les prédateurs (4).

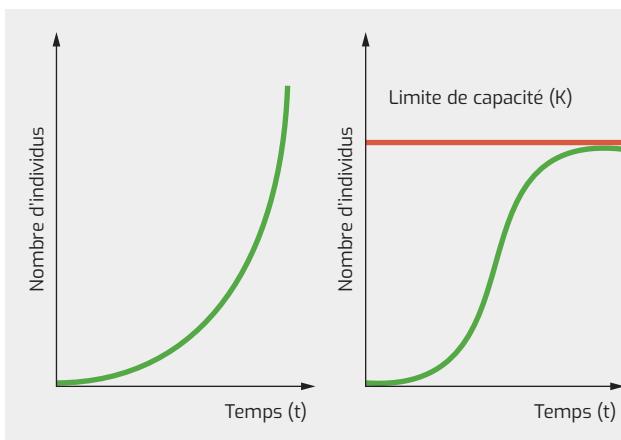


Fig. 6: Croissance exponentielle, à gauche, et croissance logistique avec limitation naturelle, à droite

Le nombre d'individus vivant dans une population est déterminé par les taux de natalité et de mortalité, ainsi que par l'immigration et l'émigration. Si l y a suffisamment d'espace et de nourriture, le taux de reproduction et le flux d'individus migrant en provenance d'autres populations augmentent. Si le nombre d'individus dans une population dépasse les limites de capacité d'un territoire, les épidémies et la famine sont favorisées avec pour corollaire un accroissement de la mortalité et de l'émigration. Dans les petites populations isolées, la diversité génétique diminue, ce qui augmente la fréquence des maladies héréditaires. Pour qu'une population puisse survivre à long terme, elle doit donc avoir une certaine taille. Elle doit en outre pouvoir échanger des individus avec d'autres populations. Une grande diversité génétique permet par ailleurs de s'adapter à l'évolution des conditions environnementales, par exemple au réchauffement climatique.

Interactions au sein de l'écosystème

Tous les organismes vivants entretiennent des relations les uns avec les autres et avec l'environnement. Ces interactions sont cruciales, car elles influencent la capacité d'adaptation et la survie des espèces. Elles se manifestent sous des formes variées, qu'elles prennent la forme de chaînes alimentaires, de compétition pour les ressources ou encore de relations symbiotiques. La complexité de ces interdépendances montre que chaque espèce, dans un écosystème, occupe une place qui lui est propre et dont l'équilibre est fragile.

Compétition

Les individus d'une espèce vivent en concurrence les uns avec les autres, mais aussi avec les représentants d'autres espèces qui dépendent des mêmes ressources. Les diverses espèces végétales nécessitent fondamentalement les mêmes ressources : de la lumière, de l'eau, de la chaleur et des nutriments. Lorsqu'une espèce s'avère clairement plus forte, elle peut évincer les espèces dominées du milieu naturel concerné. L'espèce la plus faible peut essayer de s'adapter afin d'obtenir les ressources requises en un autre endroit ou à un autre moment.

Relation prédateur-proie

Les populations de prédateurs et de proies sont interdépendantes : leurs tailles s'influencent mutuellement. Les relations entre les coccinelles et les pucerons en constituent un exemple typique : une population de coccinelles ne peut croître que si elle dispose de suffisamment de pucerons pour s'alimenter. Or dès que les prédateurs deviennent trop nombreux, la population de pucerons s'effondre. Cela conduit au déclin des coccinelles, qui ne trouvent plus assez de nourriture. L'absence de prédateurs permet alors à la population de pucerons de se rétablir : le cycle recommence depuis le début. Sur le long terme, il en résulte une valeur moyenne constante de taille des populations. Celle-ci est toutefois toujours plus élevée pour les proies que pour les prédateurs. Les auxiliaires tels que les coccinelles ne s'installent et ne se reproduisent dans un jardin que si elles y trouvent suffisamment de proies.

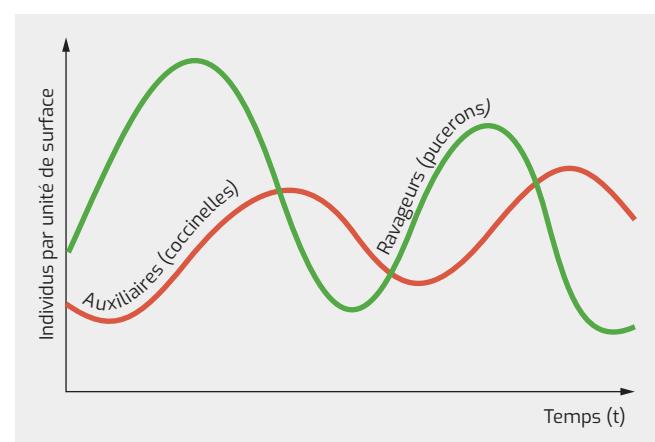


Fig. 7: Relation schématique entre prédateur et proie

➤ Vous trouverez plus d'informations à ce sujet au chapitre «6. Organismes nuisibles et auxiliaires» à la page 64.

Auxiliaires et organismes nuisibles

Par « **auxiliaires** », on entend en premier lieu les ennemis naturels des organismes nuisibles ; il peut s'agir d'insectes, d'araignées, d'acariens, de nématodes ou encore de champignons, de bactéries et de virus. Les **organismes nuisibles** sont des organismes qui portent atteinte au développement normal et à la santé des plantes cultivées.

Parasitisme

Le parasitisme est une forme de coexistence de deux partenaires d'espèces distinctes dont un seul partenaire profite. Le parasite vit dans ou sur son hôte et se nourrit aux dépens de celui-ci, sans le tuer. De nombreux ravageurs et pathogènes provoquant des maladies chez les végétaux sont des parasites. On peut citer à titre d'exemples les insectes suceurs de sève (puceurs, p. ex.) ou les champignons pathogènes (rouille ou oïdium, notamment). Certaines plantes parasitent par ailleurs d'autres plantes. Les semi-parasites – tels que le gui – sont eux-mêmes capables de photosynthèse : ils ne prélèvent que de l'eau et des nutriments sur leur plante hôte. Les holoparasites – tels que l'orobanche – ne contiennent pas de chlorophylle et prélèvent également du sucre sur leur plante hôte.

Il existe une différence importante entre un parasite et un parasitoïde. Un parasite nuit à son hôte, mais généralement sans le tuer. Un parasitoïde commence par vivre de son hôte, mais finit par le tuer. C'est grâce à cette particularité que des guêpes parasitoïdes (ichneumons) peuvent être utilisées dans la lutte contre les ravageurs.

Symbioses

Dans une symbiose également, deux partenaires d'espèces différentes vivent ensemble. Cependant, contrairement à ce qui est le cas avec le parasitisme, les deux partenaires profitent de cette relation de coexistence. Dans le monde végétal, deux symbiotes jouent un rôle très important : les champignons mycorhiziens et les rhizobactéries.

Le terme « mycorhize » désigne une forme de symbiose entre les champignons et les végétaux, dans laquelle un champignon est en contact avec le système racinaire d'une plante. Les champignons mycorhiziens colonisent la zone d'enracinement des plantes cultivées et des plantes sauvages. Il en résulte un échange de substances qui favorise la croissance et la santé des plantes.

Les rhizobactéries sont des bactéries très courantes dans le sol. Elles doivent leur importance à leur capacité à vivre en symbiose avec les racines de plantes de la famille des légumineuses (dans des nodosités). Elles sont capables de fixer l'azote élémentaire présent dans l'air sous forme de molécules (N_2) et de le transformer en nitrate disponible pour les plantes. Elles ne peuvent toutefois le faire qu'en symbiose avec des plantes.

Cycle des substances

Carbone et oxygène

Les cycles du carbone (C) et de l'oxygène (O_2) sont étroitement liés. Les cycles de l'azote (N) et du phosphore (P) sont eux aussi naturellement fermés. L'importance de ces éléments tient au fait qu'ils sont présents en grande quantité dans la biomasse.

Les organismes vivants échangent sans cesse du carbone avec l'atmosphère – par exemple au cours de la photosynthèse et de la respiration cellulaire. Du CO_2 circule également entre l'atmosphère et les océans. L'utilisation de combustibles fossiles (combustion) libère le carbone stocké dans le pétrole, le gaz naturel ou le charbon. En défrichant par le feu, l'être humain engendre encore d'autres émissions de CO_2 , qui accentuent aussi l'effet de serre. La hausse de la concentration de gaz à effet de serre influence le climat mondial. Les conséquences en sont notamment des périodes de canicule et de sécheresse, des épisodes de fortes pluies plus fréquents, ainsi que la fonte accélérée des glaciers. Les températures plus chaudes nuisent aussi à la vitalité de nos arbres et favorisent la propagation d'insectes exotiques et de néophytes envahissants.

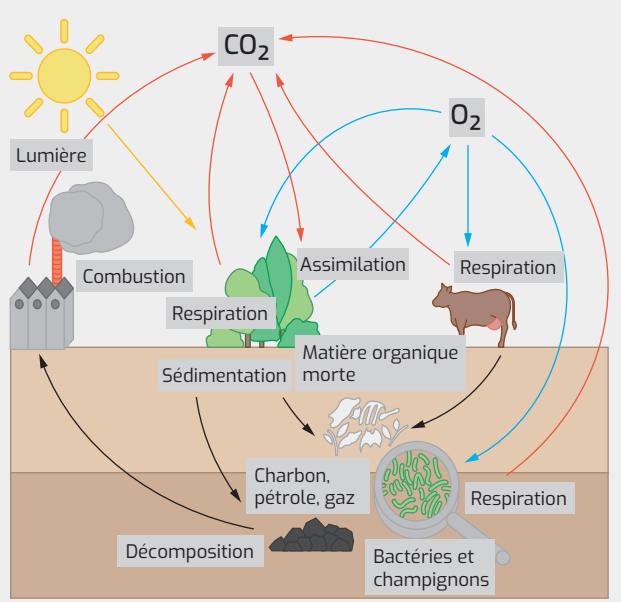


Fig. 8: Cycles du carbone et de l'oxygène

Terminologie

Organisme : corps d'un être vivant.

Substance inorganique : substance étrangère à tout corps, composés chimiques présents dans la nature inanimée (p. ex. de la roche contenant du phosphate).

Substance organique : substance liée à un corps ; composés chimiques produits par des organismes vivants, tel le glucose fabriqué par les plantes.

Biomasse : masse constituée par tous les êtres vivants (corps ou parties de corps vivants ou morts).

De plus, ces substances peuvent être emportées par la pluie et provoquer la surfertilisation des écosystèmes à large échelle (voir Fig. 9).

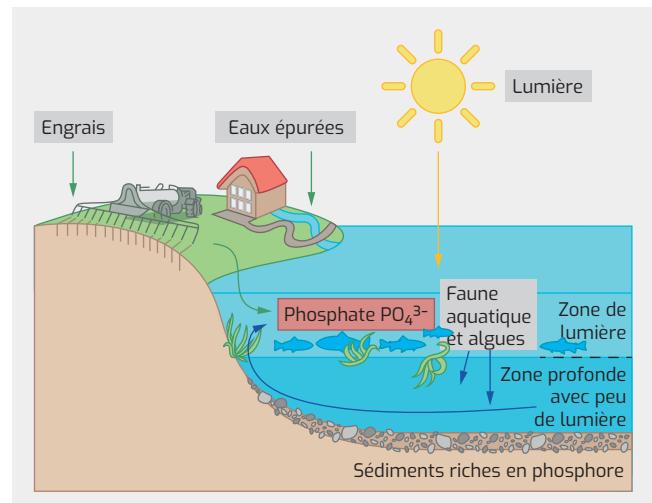


Fig. 10: Le cycle du phosphore

L'azote, qui constitue 78 % de l'atmosphère, y est la substance la plus fréquente. Les plantes ne peuvent toutefois pas utiliser cet azote atmosphérique (N_2), car la liaison chimique au sein de cette molécule est si stable qu'elles ne parviennent pas à la rompre. Elles dépendent ainsi de deux composés – le nitrate et l'ammonium – pour l'absorption d'azote.

En revanche, certains microorganismes – rhizobactéries et cyanobactéries – sont capables de fixer l'azote atmosphérique pour le mettre à la disposition des plantes sous forme de nitrate.

À côté de l'azote élémentaire naturel, l'air contient aussi des oxydes d'azote, issus notamment des moteurs à combustion des véhicules, ou de l'ammoniac, qui se forme, dans l'élevage, lorsque l'enzyme uréase présent dans les matières fécales se combine à l'azote présent dans l'urine (urée). Les oxydes d'azote et l'ammoniac favorisent le cancer du poumon et certaines maladies cardiovasculaires.

L'épandage de lisier et d'engrais minéraux peut entraîner l'introduction de grandes quantités d'éléments nutritifs tels que le **phosphore** et l'**azote** dans les eaux de surface. Cela peut fortement affecter la vie dans les eaux concernées (eutrophisation) : l'augmentation du phosphore induit une multiplication des algues, qui consomment de l'oxygène qui manque alors aux poissons et à d'autres organismes aquatiques, si bien que ceux-ci dépérissent. Lorsque les algues, quelque temps plus tard, meurent à leur tour, elles coulent vers le fond du lac, où elles sont dégradées par des bactéries et d'autres organismes. L'azote stocké dans les algues est transformé en ammonium. L'activité des décomposeurs soustrait beaucoup d'oxygène à l'eau du lac.

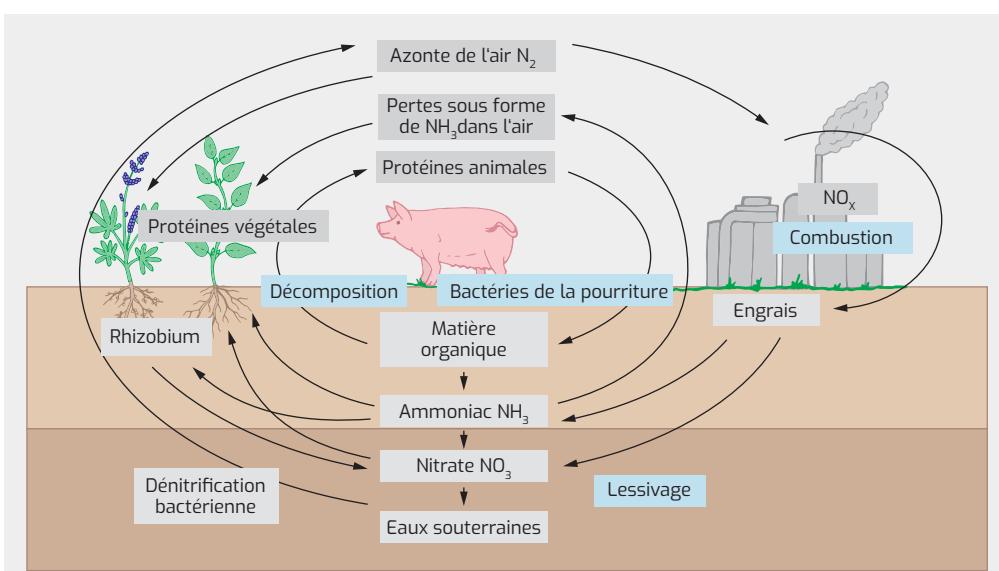


Fig. 9: Le cycle du phosphore

La Fig. 11 que montre que les divers cycles sont liés. La hausse de la teneur en phosphore (P) met davantage d'azote (N) à disposition. À mesure que les deux nutriments augmentent, la concentration d'oxygène (O) diminue, tandis que la concentration de dioxyde de carbone augmente. La perturbation du cycle d'une seule substance peut ainsi déclencher de nombreuses réactions en chaîne. (H = hydrogène)

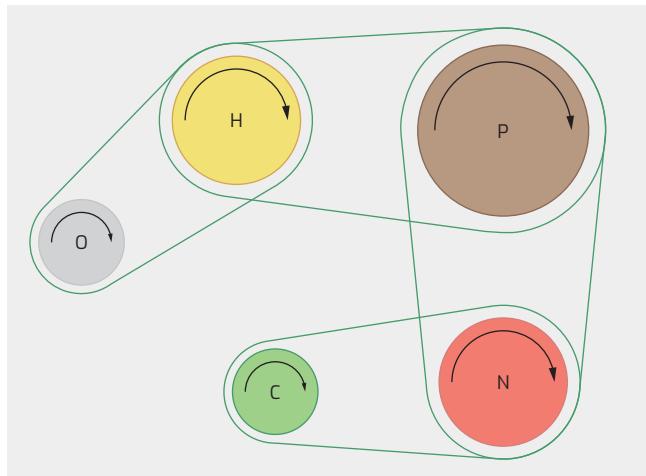


Fig. 11: Mise en relation des cycles de la matière dans la nature.

Le sol, un habitat particulier

Le sol constitue un élément central de l'écosystème. Il sert d'habitat à de nombreux organismes et stocke l'eau ainsi que les nutriments. C'est aussi dans le sol que croissent les racines des plantes. Sans les êtres vivants, cependant, aucun sol n'existerait. Au début de la formation du sol (pédogenèse), la pluie, la glace, le vent et les changements de température altèrent la roche initiale. Ce processus libère des minéraux. Les bactéries, les champignons, les lichens ainsi que les premières espèces animales vivant dans le sol commencent à coloniser les fines fissures de la roche et à dégrader les plantes pionnières mortes. Cette matière organique décomposée constitue l'humus. Le sol qui se forme ainsi grâce aux processus d'altération et de décomposition consiste en un mélange d'éléments minéraux de différentes tailles (surtout sable, limon et argile), d'organismes vivants ou morts, de pores et d'humus (voir Fig. 12). Avec le temps apparaissent les horizons typiques du sol. La pédogenèse est toutefois un processus très lent : il faut dix à trente ans pour que se forme un millimètre de sol.

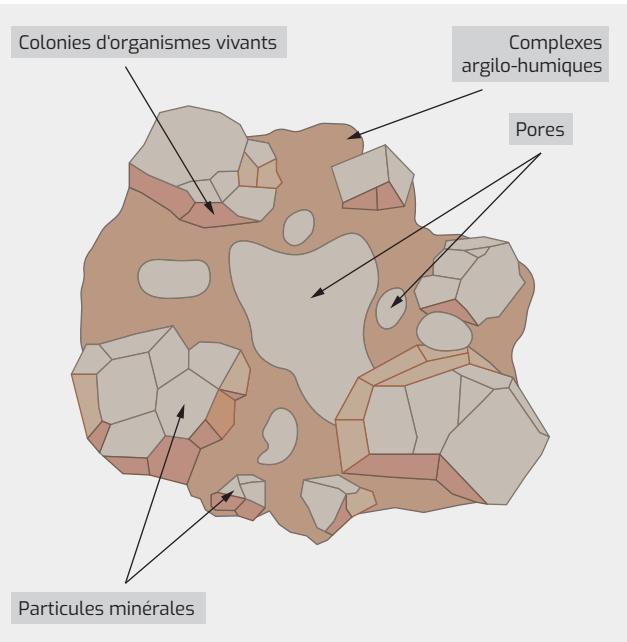


Fig. 12: Structure du sol

Décomposition de matière organique

Les matières organiques peuvent être complètement dégradées en nutriments minéraux (minéralisation) ou transformées en humus (humification). Or le processus d'humification nécessite un grand nombre d'organismes vivants. Il implique des animaux du sol tels que les collemboles, les mille-pattes et les cloportes, divers types de bactéries, ainsi que des champignons et des algues (voir Fig. 13). L'humus se minéralise facilement : il peut être dégradé par des microorganismes en dioxyde de carbone, en eau et en nutriments inorganiques. L'humus dit « stable » forme avec des éléments minéraux des complexes argilo-humiques qui sont responsables de la constitution de grumeaux de terre. Ces grumeaux sont essentiels pour la stabilité du sol, ainsi que pour sa capacité à absorber l'air et l'eau, et à stocker les nutriments.



Fig. 13: Dégradation des résidus végétaux dans le sol

Biodiversité

Importance et utilité de la biodiversité

La protection de l'eau potable, de la fertilité des sols et de la biodiversité revêt un intérêt public : tout le monde en profite lorsque la diversité biologique est intacte. Dans un écosystème stable et riche en espèces, la composition des biocénoses n'évolue que très lentement et les organismes vivants entretiennent des relations diverses les uns avec les autres.

Aucune espèce n'est donc capable de se multiplier de manière excessive ou de surexploiter les ressources alimentaires disponibles. Les auxiliaires ont moins de peine à contenir les ravageurs. Le système est aussi moins sensible aux caprices de la météo ou aux changements climatiques.

Une forêt dont le peuplement est homogène est plus vulnérable aux ravageurs et aux maladies qu'une forêt mélangée. Elle souffre aussi davantage des vents tempétueux. Lorsqu'elle est composée d'une grande variété d'essences indigènes, la forêt peut remplir ses fonctions de manière optimale. Dans un jardin stérile et peu naturel, dont les espèces végétales souvent exotiques ne sont guère nombreuses, on ne trouve qu'un nombre réduit d'auxiliaires. Si ces derniers sont décimés par l'emploi d'un produit phytosanitaire, les organismes nuisibles peuvent se multiplier sans entrave et causer rapidement des dommages considérables. Il est donc crucial de viser à ce que les plantations soient les plus diversifiées possibles, ce qui favorise la diversité des insectes et améliore l'équilibre entre prédateurs et proies.

💡 Par le passé, le domaine de la viticulture a été confronté à la prolifération de certaines espèces d'acariens, mais ce problème ne se pose plus aujourd'hui. La solution a consisté à ménager systématiquement les acariens prédateurs. Ces prédateurs naturels jouent un rôle important dans la lutte contre les acariens nuisibles, en particulier contre les araignées rouges.

Tab. 3: Biodiversité : diversité des écosystèmes, des espèces et diversité génétique

La diversité des écosystèmes	La diversité des espèces	La diversité génétique
Un champ de céréales, une forêt alluviale, un ruisseau ou un haut-marais sont autant d'écosystèmes différents.	Elle se reflète dans le nombre d'espèces végétales et animales et englobe aussi les petits organismes comme des bactéries et des champignons.	Elle décrit les différentes races d'animaux sauvages et de rente et les différentes variétés de plantes cultivées.



© Heinz Müller, Weite



© Marie-Anne Meyrat, FRI



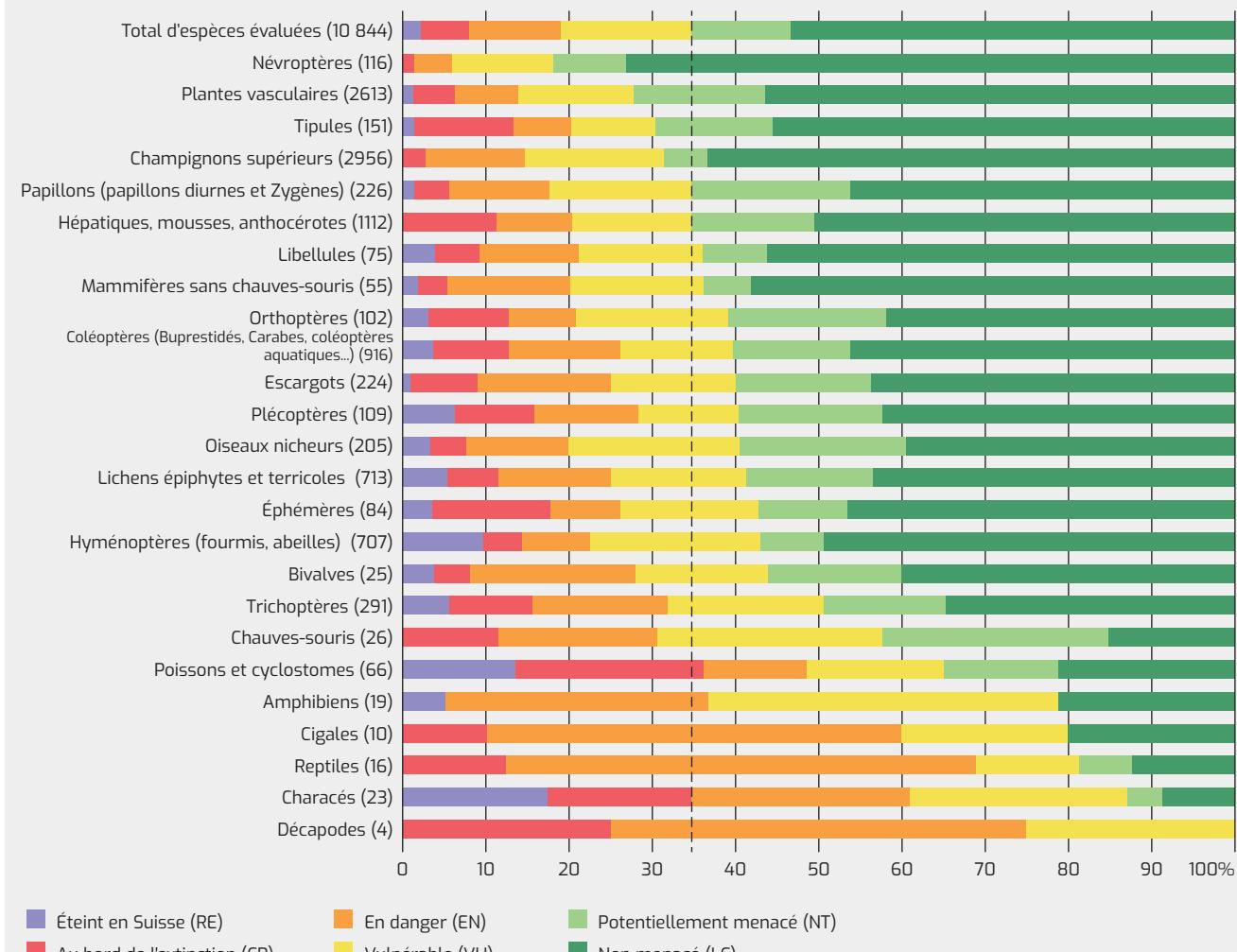
© Heinz Müller, Weite

Etat de la biodiversité en Suisse

En raison de sa topographie variée, la Suisse compte un grand nombre de milieux naturels différents sur une surface restreinte. La diversité des espèces y est donc aussi supérieure à la moyenne. Au cours du siècle dernier, l'expansion des zones habitées, des infrastructures de transport, de l'industrie et des installations de production d'énergie – combinée à l'intensification progressive de l'agriculture – a entraîné un net déclin de la biodiversité (voir Fig. 14). Parallèlement à la disparition des milieux naturels et à la pollution de l'environnement, le morcellement des biotopes pose aussi problème, car il réduit la connectivité de ces derniers. La diversité génétique s'en trouve réduite, les maladies héréditaires se font plus fréquentes et la capacité de résister aux nouvelles conditions environnementales diminue. Dans le contexte des changements climatiques, cette évolution se révèle très problématique.

💡 Les effets négatifs des produits chimiques, des métaux lourds ou des microplastiques ne suscitent pas des inquiétudes qu'en Suisse, mais constituent un problème international. Le modèle scientifique des limites planétaires montre que les seuils écologiques sont dépassés en ce qui concerne aussi bien la diversité des espèces que les apports de nouvelles substances – dont font aussi partie les PPh. La stabilité de l'écosystème Terre s'en trouve menacée.

Sur les 10'844 espèces évaluées, 35 % sont considérées comme menacées ou éteintes (ligne verticale: moyenne globale). Entre parenthèses: nombre absolu d'espèces évaluées.



Source : OFEV 2023

Fig. 14: Espèces menacées par catégorie

Jardins et parcs riches en biodiversité

Les jardins et les espaces verts, petits ou grands, peuvent s'avérer précieux pour la biodiversité. Au cours des dernières décennies, on a souvent privilégié les jardins faciles à entretenir, avec peu de diversité végétale et beaucoup de gravier, mais on observe désormais plutôt la tendance inverse. Les gazons monotones sont combinés à des pelouses ou des prairies fleuries, les tiges de fleurs fanées sont laissées en place comme décoration pendant la saison froide et servent d'abris aux insectes qui hivernt, les haies donnent la priorité aux mélanges d'essences plutôt qu'aux monocultures et de petits plans d'eau intégrés au paysage horticole favorisent les insectes. Par ailleurs, les petites structures telles que le bois mort sur pied, les tas de bois, les tas de cailloux et les murs de pierres sèches présentent aussi une grande valeur écologique, parce qu'elles offrent un refuge aux petits animaux et aux auxiliaires.

Les surfaces extensives dans les espaces publics des communes et des villes font partie des habitats les plus riches en espèces, en particulier lorsqu'elles profitent d'un sol maigre et d'un bon ensoleillement. La quantité d'eau limitée, la faible teneur en éléments nutritifs, le report de la première fauche et le renoncement aux engrains permettent à un grand nombre d'espèces végétales de coexister sur un espace très restreint. Cette richesse en plantes permet à son tour une grande diversité des espèces animales. Pour favoriser ce type de diversité, les surfaces extensives doivent être exploitées avec soin.

Les mesures ci-après sont notamment susceptibles d'y contribuer :

- ▶ reporter la fauche de la première végétation : de nombreux insectes peuvent élever leurs petits et les plantes à floraison tardive diffuser leurs semences ;
- ▶ préserver des îlots herbeux : cela crée des lieux de repli pour les organismes vivants ;
- ▶ conserver des bandes de vieille herbe et des inflorescences durant l'hiver : les animaux y trouvent abri et nourriture.

Il est également possible d'aménager activement des habitats favorables à une grande diversité d'espèces.

Des exemples et des projets sont disponibles au lien suivant:

- ▶ Module nature et biodiversité
- ▶ Certification des jardins et entreprises favorisant la biodiversité
- ↗ <https://jardinsuisse.ch/fr/umwelt/umweltschutz/biodiversitat/>



© Barbara Jenni

Fig. 15: Biodiversité dans les zones urbaines

3

Produits phytosanitaires, écotoxicologie et toxicologie humaine

3. Produits phytosanitaires, écotoxicologie et toxicologie humaine

Utilisation et catégorisation des produits phytosanitaires

Terminologie

Le terme « pesticides » désigne des produits chimiques, des microorganismes et des macroorganismes à l'aide desquels on tue des organismes nuisibles ou on inhibe leur croissance ou leur reproduction. Les pesticides incluent des produits biocides et des PPh.

Les produits biocides sont des substances actives ou des produits qui servent à éliminer des organismes indésirables ou dangereux, ou du moins à limiter leur action. Dans le domaine non agricole, ils sont utilisés pour lutter contre des organismes nuisibles, tels que des insectes, des champignons, des bactéries, des rongeurs, des algues. Les biocides permettent notamment de désinfecter (hygiène corporelle, surfaces et eau potable), de garantir la conservation de biens matériels et de lutter contre des ravageurs. En font notamment partie les désinfectants destinés à la peau et aux surfaces, les algicides, les désinfectants pour le secteur alimentaire et fourrager, les produits de revêtement et de conservation du bois, ainsi que les insecticides, les rodenticides (produits contre les rongeurs) et les répulsifs (produits de lutte contre les insectes par dissuasion).

Par « produits phytosanitaires » (PPh), on entend tous les produits utilisés pour protéger les cultures contre les organismes nuisibles pour les plantes. On en distingue principalement trois types correspondant à trois buts d'utilisation : les herbicides pour lutter contre les adventices, les insecticides pour combattre les ravageurs et les fongicides pour prévenir les maladies ou inhiber leur développement. Les PPh incluent des substances actives naturelles ou synthétiques, mais aussi des organismes tels que les insectes prédateurs ou les champignons antagonistes.

Les PPh constituent ainsi un groupe au sein des pesticides. Ils doivent être homologués avant de pouvoir être mis en circulation. Dans le cadre de la procédure d'homologation, les PPh sont évalués à l'aune de critères détaillés. Pour qu'ils puissent être homologués, ils doivent avoir un impact sur l'organisme nuisible visé, mais aucun effet secondaire inacceptable sur les personnes, les animaux non cibles ou l'environnement. Dans ce contexte, les conditions d'utilisation fixées constituent des éléments essentiels de l'homologation. À noter : seuls les PPh autorisés en Suisse peuvent être employés. Les produits autorisés sont mentionnés dans l'index en ligne des PPh publié par l'OSAV.

➤ Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires (OSAV) – Index des produits phytosanitaires: www.psm.admin.ch

L'index fournit des indications sur :

- ▶ le numéro fédéral d'homologation (numéro W) ;
- ▶ le détenteur de l'autorisation ;
- ▶ la substance active, avec indication de la teneur ;
- ▶ l'emploi autorisé pour le domaine d'application prévu (l'insecticide Kendo, p. ex., ne peut être utilisé en horticulture ornementale que pour les cultures florales, les plantes vertes et les plants de buis, ainsi que pour les gazons d'ornement et les gazons de sport) ;
- ▶ les restrictions d'utilisation
(p. ex. un traitement par culture au maximum) ;
- ▶ le dosage
(p. ex. 0,015 % pour la pyrale du buis) ;
- ▶ les indications relatives aux dangers
(p. ex. GHS09 : dangereux pour le milieu aquatique) ;
- ▶ les conditions d'utilisation
(p. ex. SPe 8 : dangereux pour les abeilles – ne doit entrer en contact avec les plantes en fleurs ou exsudant du miellat qu'en dehors de la période du vol des abeilles, autrement dit le soir ; application uniquement dans des serres fermées, pour autant que des pollinisateurs ne soient pas présents).

Index produits phytosanitaires		Dénomination commerciale: Kendo			Version imprimable
Index des produits phytosanitaires (version: 17.06.2025)					
Produits	Catégorie de produits:	Titulaire de l'autorisation:	Numéro fédéral d'homologation:		
Substances actives	Insecticide	Syngenta Agro AG	W-6098-1		
Catégories de produits	Substance:	Teneur:	Code de formulation:		
Cultures	Substance active: lambda-cyhalothrine	9.43 % 100 g/l	CS suspension de capsules		
Organismes nuisibles	Coformulants à déclarer: 1,2-benzisothiazol-3(2H)-on				
Domaines d'application	Application				
Adresses des entreprises	A	Culture	Organismes nuisibles/Utilisation	Dosage	Charges
Recherche standard	Z	buis (Buxus)	pyrale du buis	Concentration: 0.015 %	3, 4, 5, 18
	Z	cultures florales et plantes vertes	cécidomyies chrysomélidés mirides mouches blanches noctuelles terricoles ou vers gris pucerons du feuillage sciariques, mouches du terreau thrips	Concentration: 0.01 % Dosage: 0.1 l/ha	1, 3, 4
	Z	gazon d'ornement et terrains de sport	tipules [larves]	Concentration: 0.03 % Dosage: 0.3 l/ha	3, 4, 5, 27

Fig. 16: Extrait du registre des produits phytosanitaires de l'Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires (OSAV)

Les éventuels délais de vente et d'utilisation en vigueur sont également mentionnés dans l'index de l'OSAV si le produit est retiré du marché.

Autorisations restreintes ou retirées

Dans les cas suivants, les autorisations de PPh peuvent être modifiées, restreintes ou retirées :

- ▶ à la demande de leur titulaire ;
- ▶ lorsque, compte tenu de nouvelles connaissances, une substance a été supprimée de la liste des substances actives autorisées (annexe 1 OPPh) ;
- ▶ à la suite des résultats obtenus lors du réexamen ciblé du produit phytosanitaire.

En règle générale, un délai d'écoulement des stocks d'une année est accordé pour les produits qui ont été retirés ou dont l'autorisation est échue. Durant cette période, ils peuvent encore être vendus dans le commerce. Le délai d'utilisation (en règle générale un an après le délai d'écoulement des stocks) détermine jusqu'à quand le produit peut encore être employé. Il arrive cependant que les délais octroyés soient nettement plus courts, raison pour laquelle on consultera régulièrement l'index des PPh publié par l'OSAV.

Pour les utilisatrices et utilisateurs, il est important de veiller à ne plus employer de produits dont le délai d'utilisation est échu. Les produits dont l'autorisation a expiré ou qui ont été retirés de la liste des PPh autorisés à l'importation parallèle (les PPh de même type autorisés à l'étranger peuvent être mis en circulation en Suisse par l'intermédiaire d'une importation parallèle) sont mentionnés dans l'index de l'OSAV jusqu'à l'expiration de la période pendant laquelle leur utilisation est encore admise. Les délais d'écoulement des stocks et d'utilisation sont indiqués dans la vue détaillée de chaque produit. Une fois le délai d'utilisation écoulé, la substance disparaît de l'index. L'OSAV publie également une liste des PPh retirés.

↗ blv.admin.ch > Homologation produits phytosanitaires > Utilisation et exécution > Produits phytosanitaires retirés

Homologations en cas d'urgence phytosanitaire : Si aucun autre moyen de défense n'est disponible, des homologations peuvent être attribuées pour maîtriser une situation d'urgence phytosanitaire. Le service d'homologation peut autoriser des PPh pour une utilisation limitée et contrôlée si une telle mesure s'avère nécessaire en raison de l'existence d'un danger pour la santé des plantes qui ne peut pas être évité autrement

Source: www.blv.admin.ch

- blv.admin.ch > Homologation produits phytosanitaires
 - > Utilisation et exécution > Homologations en cas d'urgence

Classification des produits phytosanitaires

Les PPh se répartissent en divers groupes en fonction de la catégorie de produit et du domaine d'application.

Catégories de produits

Le tableau ci-dessous présente la classification des PPh selon l'OSAV.

Tab. 4: Classification des PPP par catégorie de produits

Catégorie de produit	Efficacité
Acaricide	Contre les acariens
Bactéricide	Contre les bactéries
Fongicide	Contre les champignons
Herbicide	Contre les plantes
Insecticide	Contre les insectes
Organismes vivants	Contre divers organismes nuisibles
Molluscicide	Contre les gastéropodes
Nématicide	Contre les nématodes
Phytorégulateur	Intervention dans le développement des plantes (p. ex. régulateur de croissance dans les céréales)
Rodenticide	Contre les rongeurs (p. ex. campagnols, rats)
Désinfectant des semences	Contre les organismes qui nuisent aux semences et aux plants, ou pour protéger les plantes cultivées durant les premières semaines suivant la levée

À côté des catégories de PPh à proprement parler, il existe aussi des mouillants et des adhésifs. Ces produits permettent aux PPh de mieux recouvrir les parties de la plante à traiter (p. ex. les feuilles) et de mieux adhérer à ces dernières.

Des PPh contre les virus ?

Les virus sont de minuscules organismes qui ne disposent pas de leur propre métabolisme : dans la nature, ils dépendent donc du métabolisme d'une cellule hôte. Pour se reproduire à l'intérieur de cellules végétales, ils infectent les cellules saines d'une plante hôte en y introduisant leur propre matériel génétique et incitent cette dernière à construire des composants vitaux dont naissent de nouveaux virus. Il est donc difficile de mettre au point des PPh ciblés qui combattent efficacement les virus sans nuire aux plantes elles-mêmes. Le fait que les virus puissent muter rapidement et faire apparaître de nouveaux variants complique aussi le développement de produits efficaces. On combat donc principalement les vecteurs des virus, par exemple le puceron, qui transmet le virus de la mosaïque aux plantes ornementales. En Suisse, un virucide a été autorisé pour lutter contre le virus de la mosaïque sur les plants de tomate.

Domaine d'application

L'index des PPh attribue ces derniers à un ou plusieurs domaines d'application. On distingue les domaines d'application suivants : grande culture, culture maraîchère, arboriculture, viticulture, culture des baies, surfaces de promotion de la biodiversité (SPB), sylviculture, culture ornementale, domaine non agricole, ainsi qu'entrepôts et locaux de production.

Domaine d'application

Le PPh est à chaque fois homologué pour un ou plusieurs organismes nuisibles dans un ou plusieurs types de cultures à un certain stade de développement : il ne peut être utilisé que conformément à ces indications.

Sélectivité

Les PPh sélectifs sont des produits formulés pour agir de manière ciblée sur certains ravageurs ou adventices, tout en épargnant les autres plantes ou organismes présents dans l'environnement. Ces produits sont formulés pour n'agir que sur certaines espèces de ravageurs ou de plantes, ce qui réduit le risque de dommages aux organismes utiles ou à l'environnement en général. Les PPh sélectifs sont des éléments importants d'une agriculture durable, car ils aident à préserver la biodiversité tout en garantissant les rendements.

Classification pratique des produits selon leur mode d'action et d'application

Le présent chapitre classe les PPh en fonction de leur mode d'action dans leur utilisation concrète.

Herbicides

Les herbicides se répartissent dans les groupes suivants :

Tab. 5: Classification des herbicides selon des critères pratiques

1	Application foliaire	Application au sol	Application foliaire et au sol
2	Absorption par les feuilles = herbicides foliaires	Absorption par les racines ou le germe	Absorption par les feuilles et les racines / le germe
3	Sans transport dans la plante	Avec transport dans la plante	Actuellement, tous avec transport
4	= herbicides foliaires non systémiques	= herbicides foliaires systémiques	= herbicides racinaires
5	« Herbicide de contact » (substance active: p. ex. pyridate)	« Hormone » (substance active: p. ex. clopyralide)	« Herbicide racinaire » (substance active: p. ex. aclonifène)

Légende : 1) Lieu d'application, 2) Voie d'absorption, 3) Transport dans la plante, 4) Attribution à un groupe, 5) Désignation dans la pratique

Herbicides foliaires sans transport dans la plante (herbicides de contact)

Ces herbicides pénètrent exclusivement ou principalement par les feuilles et ne sont pas transportés plus loin dans la plante. Ils s'attaquent à la plante à proximité du lieu où ils y entrent, soit là où la bouillie entre en contact avec la surface végétale, d'où le terme « herbicides de contact ». Ces herbicides perturbent la respiration, la photosynthèse et d'autres processus métaboliques. Ils nécessitent de la chaleur et de la lumière pour être efficaces !

Herbicides foliaires avec transport dans la plante (herbicides systémiques)

L'absorption se fait par les feuilles, puis la substance se diffuse dans la plante. Ce transport a lieu principalement par la sève (flux d'assimilation / phloème). Pour une efficacité élevée, la météo doit être favorable à la croissance (transport des substances à partir des feuilles). Les anciens herbicides foliaires avec transport stimulaient la division et la différenciation cellulaires. On comprend ainsi pourquoi on a pu utiliser par le passé le terme « herbicide de croissance », puisque les plantes mouraient véritablement à force de croître. D'autres herbicides foliaires inhibent la photosynthèse ou le métabolisme des protéines, ou attaquent encore d'autres parties des plantes.

Herbicides racinaires avec transport

Ces herbicides sont appliqués sur le sol et gardent leur efficacité pendant un certain temps (à herbicides résiduaires). L'absorption se fait par l'intermédiaire des racines, du germe ou d'autres organes souterrains. Le transport est généralement assuré par la sève ascendante (xylème). Seules les substances dissoutes dans l'eau du sol peuvent être absorbées : une partie des substances actives est absorbée (liée) par les particules du sol.

Les inhibiteurs de germination n'ont pas d'effet sur une semence sèche : la semence doit déjà être en train de germer pour que la substance soit efficace.

Herbicides foliaires et racinaires avec transport (herbicides « combinés »)

Un grand nombre d'herbicides sont absorbés aussi bien par les organes aériens (feuilles, tige) que par les organes souterrains (racines, germe) de la plante : c'est notamment le cas des herbicides du groupe des sulfonylurées. Ils inhibent par exemple la synthèse de certains acides aminés essentiels, ce qui empêche la plante de croître et finit par la tuer.

Fongicides

Les fongicides peuvent être classés selon différents critères. Dans la pratique, la classification la plus pertinente se fonde sur le comportement de ces substances sur et dans la plante

Tab. 6: Classification des fongicides en fonction du type d'action représenté par la coupe transversale des feuilles

1	Fongicides de contact	Fongicides efficaces en profondeur (« partiellement systémiques »)	Fongicides systémiques	Fongicides translaminaires	Fongicides mésostémiques ou quasi systémiques
2					
3	Le produit reste à la surface.	Le produit pénètre un peu dans la feuille.	Le produit est réparti dans la plante (possible dans le xylème et le phloème).	Le produit traverse les tissus de la feuille.	Le produit traverse les tissus de la feuille et forme un « film de protection » sur les faces supérieure et inférieure de celle-ci.
4	Pas d'apparition de résistances !	Arrête des infections d'environ deux jours.	Dans certains cas, peut arrêter des infections qui se sont déjà développées. Attention aux résistances ! En outre, les nouvelles feuilles sont aussi protégées.	Les champignons à divers stades de développement sont aussi atteints dans les couches plus profondes.	Efficacité pouvant durer de trois à sept semaines. En cas d'utilisation tardive, effet de « greening » (les tiges restent vertes longtemps).

Légende: 1) Groupe de fongicides, 2) Représentation du mode d'action, 3) Description du mode d'action, 4) Remarques

Insecticides

Les insecticides peuvent eux aussi être classés selon différents critères. On distingue les groupes de produits suivants en fonction du mode d'absorption par les insectes :

- ▶ **Absorption par contact** : ces insecticides agissent directement sur l'insecte visé ou – si la substance active se trouve à la surface de la plante – lorsque l'insecte la touche avec ses pattes, ses antennes ou les membranes situées entre les segments de son abdomen.
- ▶ **Absorption par ingestion** : ces insecticides sont avalés activement avec la nourriture (p. ex. avec la sève ingérée par les pucerons).
- ▶ **Absorption par inhalation** : ces insecticides entrent dans le corps des insectes par les ouvertures respiratoires de ceux-ci (trachées), sous forme gazeuse, et y déplient leurs effets.

Si l'on classe les insecticides selon leur mécanisme d'action, on peut distinguer les groupes principaux suivants :

- ▶ **Insecticides agissant sur le système nerveux (neurotoxiques)** : les insecticides neurotoxiques agissent sur le système nerveux des insectes. La transmission des stimuli nerveux est perturbée, ce qui provoque des convulsions fatales, ou cette transmission est entravée.
- ▶ **Insecticides agissant sur les processus de croissance et de développement (« régulateurs de croissance », « inhibiteurs de croissance »)** : les larves d'insectes ne grandissent pas régulièrement. Elles doivent muer de temps en temps pour pouvoir passer au stade larvaire suivant. C'est là qu'interviennent les « régulateurs ou inhibiteurs de croissance ». Ils inhibent le développement menant à l'animal adulte ou empêchent les insectes de former une nouvelle peau stable pendant la mue (inhibiteurs de la synthèse de la chitine). L'un comme l'autre provoquent la mort des larves.
- ▶ **Insecticides agissant sur la capacité de s'alimenter (« feeding blockers »)** : les substances actives perturbent les pièces buccales des insectes, ce qui les empêche de se nourrir et entraîne ainsi leur mort.

Produits phytosanitaires contenant des organismes vivants (biologiques)

On parle aussi de « lutte biologique » pour désigner le fait de combattre les nuisibles à l'aide d'organismes vivants. On utilise les ennemis naturels des organismes nuisibles afin de prévenir la prolifération de ces derniers. Cela contribue à préserver ou à rétablir l'équilibre biologique naturel. Les ennemis naturels concernés peuvent appartenir aux groupes suivants :

- ▶ microorganismes (bactéries, champignons, p. ex.) ;
- ▶ macroorganismes (insectes, p. ex.) ;
- ▶ nématodes.

➤ Vous trouverez plus d'informations à ce sujet au chapitre «7. Lutte directe» sous le titre «Méthodes biologiques» à la page 125.

Méthodes biotechniques

Pour réguler les insectes, on recourt également à des méthodes biotechniques utilisant des PPh. Certaines substances permettent de tenir les ravageurs éloignés des cultures, de les attirer en certains endroits, de les influencer au moyen de régulateurs de croissance ou de perturber leur développement grâce à d'autres interventions techniques. On distingue les groupes suivants :

- ▶ répulsifs (kaolin contre la drosophile du cerisier, p. ex.) ;
- ▶ phéromones pour la lutte et la surveillance (p. ex. contre la pyrale du buis) ;
- ▶ pièges chromatiques / pièges collants pour la lutte et la surveillance des vols (p. ex. pièges collants contre les thrips) ;
- ▶ régulateurs de croissance et de développement (le tébufénozide provoque p. ex. une mue prématuée de la piéride du chou).

➤ Vous trouverez plus d'informations à ce sujet au chapitre «7. Lutte directe» sous le titre «Méthodes biotechniques» à la page 124.

On attribue parfois aussi aux mesures biotechniques les barrières physiques telles que les filets de protection contre les insectes ou les bandes gluantes.

Stimulateurs des défenses naturelles des plantes

Les stimulateurs des défenses naturelles des plantes sont des produits élaborés spécifiquement avec différents ingrédients. Grâce à des procédés complexes, ils renforcent les plantes, améliorant leur santé et leur robustesse face aux ravageurs et favorisant leur croissance. Contrairement aux PPh, ils n'ont pas d'effet protecteur direct contre les maladies ou les ravageurs : si tel était le cas, ils devraient être autorisés en tant que PPh. Sous certaines conditions, les stimulateurs des défenses naturelles des plantes peuvent réduire ou ralentir la prolifération des organismes nuisibles. On suppose que certains stimulateurs (éliciteurs) aident les plantes à déclencher des réactions de défense contre les organismes nuisibles. Les stimulateurs des défenses naturelles des plantes ne datent pas d'hier : pour protéger les végétaux, on utilise depuis des décennies de la prêle, de l'ortie, des poudres de roche, des produits à base d'algues et d'autres préparations. Ces substances auxiliaires suscitent de plus en plus d'intérêt au vu du débat sur les résidus, les résistances et les effets environnementaux liés aux PPh. Il est toutefois ardu de définir clairement les stimulateurs des défenses naturelles des plantes, en raison de la diversité de leurs composants.

Parmi ceux-ci, on peut citer :

- ▶ des substances inorganiques (poudres de roche, p. ex.) ;
- ▶ des substances organiques telles qu'extraits de plantes ou d'algues, compost de thé, etc. ;
- ▶ des microorganismes, notamment des champignons mycorhiziens ou des bactéries.

En Suisse, aucun produit n'est homologué en tant que stimulateur des défenses naturelles des plantes. La question de savoir si un stimulateur est soumis à l'OPPh dépend notamment des critères suivants :

- ▶ il contient une substance active déjà homologuée dans un PPh ;
- ▶ il est destiné à un usage mentionné à l'art. 2 OPPH et doit donc exercer une action correspondante (protection des plantes).
- ↗ Certains PPh homologués appartiennent ainsi à la catégorie « stimulateur des défenses naturelles » : www.psm.admin.ch > Recherche standard > Critère de recherche.

Certaines autorisations pour des PPh de cette catégorie ont déjà été octroyées depuis plus de dix ans.

Additifs (coformulants, adjuvants)

Dans certains cas, des additifs peuvent nettement améliorer l'efficacité des PPh. La dureté de l'eau et une valeur de pH élevée de la bouillie ont par exemple une influence négative (sauf pour les herbicides du groupe des sulfonylurées). Les mouillants et les adhésifs peuvent améliorer le recouvrement et l'adhésion du produit sur la surface visée. Les additifs peuvent en outre faciliter l'absorption par les feuilles et réduire la dérive.

- ↗ Vous trouverez plus d'informations à ce sujet au chapitre «8. Application des PPh» sous le titre «Remplir les pulvérisateurs et préparer la bouillie» à la page 147.

Toxicologie humaine

Généralités concernant la toxicologie

La toxicologie est l'étude des poisons et de leurs effets sur l'organisme humain et sur l'environnement. Par « poison » au sens large, on entend toute substance qui exerce un effet nocif sur des êtres vivants. À la fin du Moyen-Âge déjà, Paracelse aurait dit que c'est la dose qui fait le poison. La protection et la préservation de la santé des personnes

constituent le cœur de la toxicologie humaine. La toxicité d'un produit pour l'être humain ne permet pas d'évaluer son impact sur l'environnement. Certaines substances peu toxiques pour l'espèce humaine peuvent provoquer des dommages considérables dans la nature. À l'inverse, certaines substances actives très nocives pour la santé peuvent n'avoir que peu d'effets sur l'environnement.

Voies par lesquelles les produits phytosanitaires peuvent être absorbés dans le corps humain

Les PPh peuvent entrer dans le corps humain par les voies suivantes :

- ▶ la peau (voie cutanée) ;
- ▶ l'inhalation (voie respiratoire) ;
- ▶ l'ingestion (voie orale) ;
- ▶ le contact avec les yeux (voie oculaire).

✿ Se protéger la peau

La peau est de loin la principale voie d'absorption des produits toxiques dans le corps. En cas d'utilisation professionnelle, l'absorption de PPh se fait à plus de 90 % par cette voie. Contrairement à ce que l'on pourrait croire, l'absorption par les voies respiratoires est en revanche relativement faible.

Effets aigus et effets chroniques

Effets aigus

Lorsqu'une substance cause des dommages immédiatement après le contact, on parle d'effet aigu (brûlures, vomissements, p. ex.). Dans ce cas, les mesures de premiers secours prises immédiatement sont cruciales.

Effets chroniques

Lorsqu'une personne entre en contact avec une substance de manière prolongée ou répétée et qu'elle en subit des dommages à long terme (cancer, p. ex.), on parle d'effet chronique. Des quantités de poison certes faibles (moins importantes que pour les effets aigus), mais absorbées sur une longue période, peuvent porter atteinte à la santé. Avec environ deux mètres carrés de surface, la peau est le plus grand organe de l'anatomie humaine. Il n'est donc pas étonnant qu'elle constitue la porte d'entrée la plus fréquente des produits chimiques dans le corps. La quantité de PPh absorbée dépend aussi de l'intensité, de la durée et de la fréquence des expositions. De plus, les mélanges de divers produits peuvent accroître les quantités de PPh qui sont absorbées par le corps ou adhèrent à la peau.

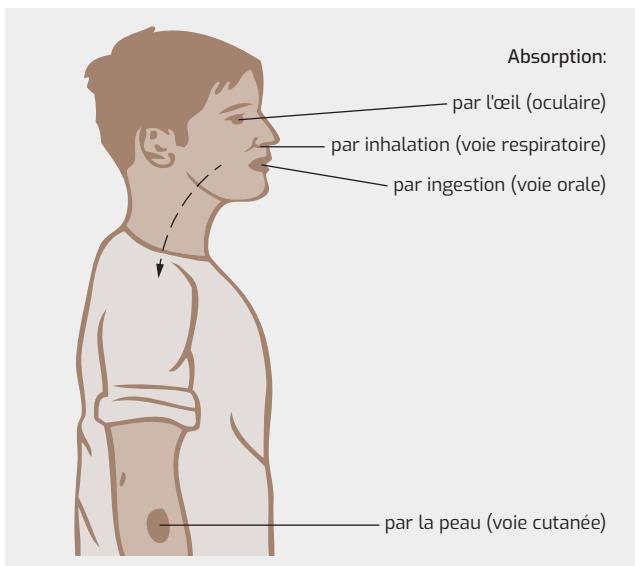


Fig. 17: Voies d'absorption possibles des PPh dans le corps humain.

Résidus dans les denrées alimentaires

La présence de résidus dans les denrées alimentaires est soumise à l'ordonnance du DFI sur les limites maximales applicables aux résidus de pesticides présents dans ou sur les produits d'origine végétale ou animale.

La limite maximale de résidus (LMR) constitue la référence en la matière. C'est l'OSAV qui détermine les limites applicables aux résidus de pesticides. Pour ce faire, il tient notamment compte des critères suivants :

- ▶ le potentiel de danger des résidus de pesticides pour la santé humaine ;
- ▶ les connaissances scientifiques disponibles pour l'évaluation de la toxicologie et de l'exposition aux résidus ;
- ▶ la concentration techniquement inévitable d'un pesticide dans une denrée alimentaire lorsqu'on se fonde sur les bonnes pratiques agricoles et sur les bonnes pratiques de fabrication.

Pour certaines substances actives, aucune LMR n'est fixée.

Un délai d'attente est par ailleurs fixé sur la base de la LMR : il s'agit de la durée minimale qui doit être respectée entre le dernier traitement et la récolte.

Étiquetage et informations concernant les produits phytosanitaires

Risque et exposition

Tout produit chimique – PPh inclus – présente un danger s'il peut avoir un effet nuisible sur un organisme vivant. À titre d'exemples de tels dangers, on peut citer les irritations cutanées, les brûlures chimiques, les allergies, un cancer, les lésions à des organes et tous les autres symptômes ou maladies pouvant ainsi apparaître.

Le célèbre médecin Paracelse (1493-1541) a défini le terme « poison » de la manière suivante : « Toutes les choses sont poison, et rien n'est sans poison : seule la dose fait qu'une chose n'est pas poison. » Un produit chimique dangereux ne présente pas nécessairement un risque pour la santé. Ce que le médecin Paracelse a affirmé au sujet des médicaments s'applique également aux substances. Celles-ci ne peuvent nuire à un organisme que si deux conditions sont remplies : premièrement, le produit chimique doit être dangereux ; deuxièmement, l'organisme doit entrer en contact avec lui (exposition = fait d'être soumis directement aux conditions/substances dangereuses).

Risque = danger x exposition

Empêcher ou limiter l'exposition permet de réduire fortement les risques. Les utilisatrices et utilisateurs doivent donc lire attentivement les étiquettes, comprendre les instructions et en tenir compte, afin de s'assurer d'un emploi sûr et efficace des PPh.

Étiquette

Sous une forme concise, l'étiquette contient les principales informations concernant les dangers potentiels liés à l'utilisation du produit et les mesures de protection à respecter (voir Fig. 18). Si ces informations sont prises en considération dans leur intégralité, le risque que le produit engendre pour la santé humaine et pour l'environnement reste faible.

L'exemple ci-après montre quelles informations doivent figurer sur l'étiquette.

Nom et logo de la société
Nom du produit phytosanitaire

Fongicide de contact avec effet préventif pour les grandes cultures, la viticulture, l'arboriculture et la culture des petits fruits.

Obligations générales + agronomiques / conditions d'utilisation

Dosage: grandes cultures: 0,11 % (1,8 kg/ha), viticulture: 0,125 % (2 kg/ha), culture de petits fruits: 0,15 % (2 kg/ha), arboriculture: 0,15 % (2,4 kg/ha pour 10 000 m³ de volume d'arbres)
 Délai d'attente: trois semaines.

Phytotoxicité:
 Effets secondaires indésirables sur les plantes: 1

Délai entre l'application et le semis:
 Cultures suivantes:
 Cultures voisines:
 Miscibilité: peut être mélangé avec les insecticides et acaricides usuels. Utiliser immédiatement le mélange.

Entreposage: conserver le produit dans son emballage d'origine, dans un endroit frais, sec et bien ventilé.
 Élimination: nettoyer soigneusement les récipients vides et les remettre au service de ramassage des ordures. Remettre les restes de produits phytosanitaires pour élimination à un point de collecte, à un centre collecteur pour déchets spéciaux ou au point de vente.

Danger 2



Corrosif



Très毒ique



Dangereux pour le milieu aquatique



Dangereux pour la santé

Réservez aux utilisateurs professionnels. Lire la fiche d'information jointe avant utilisation. EU H401 Respectez les 2 instructions d'utilisation pour éviter les risques pour la santé humaine et l'environnement. H317 Peut provoquer une allergie cutanée. H318 Provoque des lésions oculaires graves. H331 Toxique par inhalation. H351 Susceptible de provoquer le cancer. H410 Très毒ique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme.

P102 Tenir hors de portée des enfants. P270 Ne pas manger, boire ou fumer en manipulant ce produit. P305+351+338 EN CAS DE CONTACT AVEC LES YEUX: rincer avec précaution à l'eau pendant plusieurs minutes. Enlever les lentilles de contact si la victime en porte et si elles peuvent être facilement enlevées. Continuer à rincer. P273 Éviter le rejet dans l'environnement. P301+315+101 EN CAS D'INGESTION: consulter immédiatement un médecin / obtenir une aide médicale. En cas de consultation d'un médecin, garder à disposition le récipient ou l'étiquette. La réutilisation de l'emballage est interdite. SP1 Ne pas polluer l'eau avec le produit ou son emballage. Numéro d'urgence des premiers secours: Tox Info Suisse, tél. 145.

Autres conditions

Eaux souterraines: SP1 Pour protéger les eaux souterraines, ne pas procéder en tout à plus de dix applications d'un produit contenant du captane par parcelle et par an.

Résistances:
 Obligations relatives aux résidus: 4

Abeilles:
 Autres exigences environnementales:
 Protection de l'utilisateur: préparation de la bouillie de pulvérisation: porter des gants de protection + une combinaison de protection + des lunettes de protection ou une visière.
 Nettoyage des appareils: rincer soigneusement le pulvérisateur après utilisation.

WG Granulé à disperser dans l'eau.
 Teneur: 80 % (800 g/kg) de captane.
 Numéro fédéral d'homologation: W 1234
 Numéro de lot / date de fabrication: XYZ20103/YYMMDD
 Date de péremption: YYMMDD
 Quantité nette 5 kg

Entreprise Modèle
 Rue XX 1
 1010 Localité
 Numéro de téléphone de l'entreprise
www.entreprise-xy.com

5

6



7612345678900

Légende

- 1 Conditions générales d'utilisation, d'entreposage et d'élimination du PPh.
- 2 Les dangers potentiels sont indiqués par les symboles de danger, la mention d'avertissement et les phrases H (définies par les autorités).
- 3 Conseils pour une utilisation sûre du PPh (définis par le fabricant).
- 4 Conditions relatives aux risques pour les personnes et l'environnement, p. ex. protection des utilisateurs et des eaux (défini par les autorités).
- 5 Informations sur la teneur en substance active, le numéro d'homologation et la taille du récipient.
- 6 Adresse et numéro de téléphone du fabricant

Fig. 18: Représentation de l'étiquette type d'un produit PPh

Les phrases H (mentions de danger ou hazard statements) décrivent les menaces (hazard signifie « danger » en anglais) que peuvent poser les substances ou préparations chimiques.

Les phrases P (precautionary statements) fournissent des informations de sécurité qui doivent être prises en compte lors de l'emploi des substances ou préparations correspondantes.

40

Symboles de danger (SGH) et étiquetage correspondant

Dès que les produits chimiques présentent des caractéristiques dangereuses, ils doivent impérativement être clas-

sifiés et étiquetés (système général harmonisé de classification et d'étiquetage des produits chimiques, SGH) ; leur emballage doit alors présenter les pictogrammes de danger, la mention d'avertissement (voir l'étiquette), ainsi que les phrases H et P

Tab. 7: Symboles de danger, désignations et caractéristiques correspondantes.

Pictogramme	Désignation	Caractéristiques typiques (voir la mention de danger = phrase H sur l'étiquette)
	ATTENTION DANGEREUX	Peut causer des irritations cutanées, des allergies, des eczémas ou une somnolence. Intoxication possible dès le premier contact avec le produit. Peut endommager la couche d'ozone.
	EXTRÊMEMENT INFLAMMABLE	Peut prendre feu au contact d'une flamme ou d'une étincelle, en cas de choc ou de frottements, sous l'effet de la chaleur, au contact de l'air ou de l'eau. Susceptible de s'enflammer spontanément s'il n'est pas stocké correctement.
	COMBURANT	Peut provoquer un incendie ou attiser un feu. Libère de l'oxygène lorsqu'il brûle, requiert donc un moyen d'extinction du feu adapté. Il est impossible d'étouffer le feu.
	EXPLOSIF	Peut exploser au contact d'une flamme ou d'une étincelle, en cas de choc ou de frottements, ou sous l'effet de la chaleur. Susceptible d'exploser spontanément s'il n'est pas stocké correctement.
	GAZ SOUS PRESSION	Contient des gaz comprimés, liquéfiés ou dissous. Les gaz inodores ou invisibles peuvent se disperser sans que personne ne s'en aperçoive. Les récipients contenant des gaz comprimés peuvent exploser sous l'effet de la chaleur ou s'ils sont déformés.
	DANGEREUX POUR LE MILIEU AQUATIQUE	Peut nuire, en faibles quantités déjà, aux organismes aquatiques (poissons, insectes et plantes), immédiatement ou à long terme.
	CORROSIF	Peut provoquer de graves brûlures en cas de contact avec la peau ou les yeux. Susceptible d'endommager certains matériaux (p. ex. textiles). Nocif pour les animaux, les plantes et les matériaux organiques de toute sorte.
	DANGEREUX POUR LA SANTÉ	Peut endommager certains organes. Susceptible de porter gravement atteinte à la santé, immédiatement ou à long terme, de provoquer un cancer, d'endommager le patrimoine génétique ou d'affecter la fertilité ou le développement. Peut être mortel en cas de pénétration dans les voies respiratoires.
	TRÈS TOXIQUE	Même en petites quantités, peut provoquer de graves intoxications ou entraîner la mort.

Sur l'étiquette, à proximité du ou des pictogrammes, sont placées des « mentions d'avertissement » :

- ▶ **Attention** : indique une catégorie de danger plutôt moins important.
- ▶ **Danger** : indique une catégorie de danger considérable.

Mode d'emploi

Le mode d'emploi informe l'utilisatrice ou l'utilisateur de l'application correcte du PPh. Il contient notamment des **instructions de dosage**, qui précisent les quantités requises, ainsi que d'autres remarques liées à l'application. Le mode d'emploi se trouve sur l'étiquette de l'emballage, dans celui-ci sous la forme d'une notice, ou encore, pour les bouteilles en plastique, sous l'étiquette détachable (l'étiquette pouvant être détachée et dépliée, le mode d'emploi se trouve en dessous).

Fiche de données de sécurité

La fiche de données de sécurité (FDS) contient des informations détaillées sur les dangers que représente le produit et fournit des instructions sur son emploi correct, sur les mesures de sécurité à prendre, sur l'entreposage, le transport et l'élimination, ainsi que sur la manière de procéder en cas d'accident. On tiendra également compte des indications spécifiques au produit dans l'index des PPh. Attention : les mesures de protection personnelle indiquées dans la FDS pour les PPh ne sont pas contrôlées par les autorités, elles sont définies par le fabricant du produit. Pour les PPh, ce sont les mesures décidées par les autorités lors de l'homologation qui sont déterminantes. L'OPPh contraint le fabricant concerné à mentionner ces mesures sur l'étiquette ou dans le mode d'emploi.

- ↗ Étiquette et fiche de données de sécurité :
www.cheminfo.ch : Matériel d'information > Télécharger du matériel d'information
- ↗ Sicherheitsdatenblatt: www.seco.admin.ch > Travail > Conditions de travail > Produits chimiques et travail > Fiche de données de sécurité

Les FDS doivent être conservées dans l'exploitation aussi longtemps que les produits concernés y sont disponibles. Elles doivent être rangées de manière à rester accessibles simplement et rapidement en cas d'accident ou d'événement particulier.

Les produits phytosanitaires dans l'environnement

Les PPh sont utilisés pour protéger les plantes contre les maladies, les ravageurs et les adventices. Ils contribuent de manière déterminante à la stabilité des rendements de la production végétale.

Selon la définition de l'OSAV, les « cultures de plantes ornementales » comprennent toutes les applications de l'horticulture, de la production de légumes et de l'entretien. Les PPh peuvent parvenir dans l'environnement même s'ils sont utilisés correctement. Pas d'effet sans effet secondaire : sur le plan biologique, les PPh sont des substances actives qui ne se limitent pas à tuer des organismes nuisibles ou à entraver leur prolifération, mais peuvent aussi avoir des effets sur d'autres organismes vivants

✿ Effets secondaires inacceptables

Un effet secondaire inacceptable est considéré comme un dommage qui ne peut être admis (fort effet toxique sur les abeilles, p. ex.). Les exigences correspondantes posées aux PPh sont prises en considération dans le cadre de la procédure d'homologation.

Le danger qu'un produit présente pour un organisme dépend de deux facteurs : de la toxicité de la substance, d'une part, mais aussi de la quantité de substance avec laquelle l'organisme entre en contact et de la durée de ce contact (exposition). Toute utilisation de PPh induit un certain risque pour l'environnement. Les erreurs de dosage et d'application ou de traitement multiplient toutefois ce risque de base.

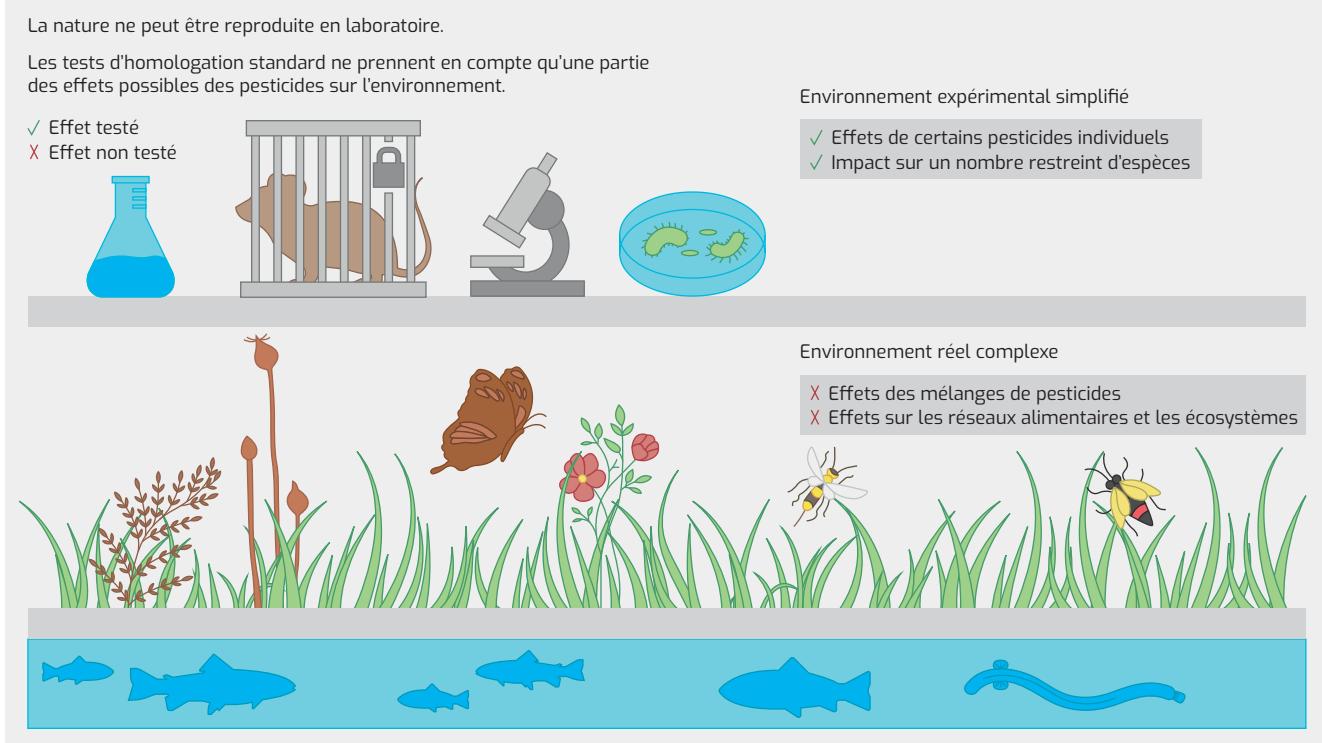


Fig. 19: Dans le cadre de la procédure d'homologation, les conséquences pour certaines espèces animales peuvent être reproduites en laboratoire. Les effets dans la nature, en revanche, sont plus difficiles à évaluer.

Comportement et dégradation des produits phytosanitaires

Voies d'apport des PPh dans les eaux

Les PPh peuvent parvenir dans les eaux de différentes manières et y porter atteinte à des organismes non cibles.

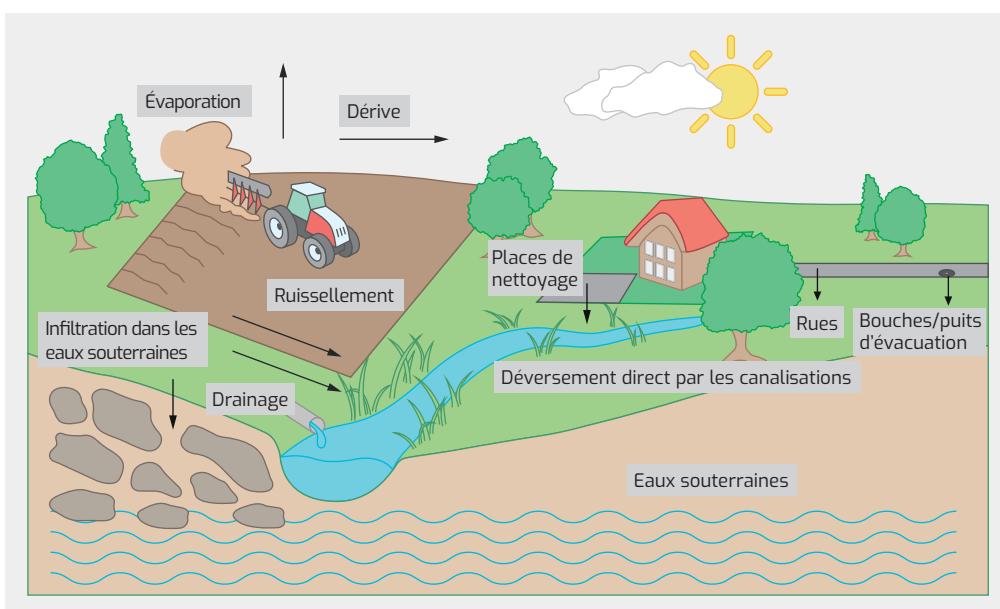


Fig. 20: Voies d'apport des PPh dans les eaux et dans les surfaces non ciblées.

- ▶ **Apports ponctuels** : le remplissage et le nettoyage du pulvérisateur peuvent causer des apports ponctuels, tout comme l'élimination des restes de bouillie, ainsi que le transport et l'entreposage de PPh. On estime qu'entre 20 et 60 % de la pollution des eaux de surface par les PPh sont causés par des apports ponctuels et pourraient être évités. Des mesures techniques permettent de prévenir ces pertes : aménagement d'une aire de remplissage et de lavage du pulvérisateur, par exemple, ou mesures organisationnelles telles que rinçage et nettoyage sur le lieu d'application.
- [> Publications & produits > Aide-mémoire \(intercantonal\) : Remplissage, rinçage et nettoyage hors agriculture des pulvérisateurs de produits phytosanitaires](https://vsa.ch)
- ▶ **Dérive (par le vent)** : la dérive peut emporter les PPh vers les parcelles voisines ou dans des eaux de surface – que ce soit directement ou indirectement par l'intermédiaire des bouches d'égout. Le risque de dérive est plus grand lorsque les gouttes sont petites et que la vitesse du vent est élevée. Une manière de réduire la dérive consiste par exemple à recourir à des buses à injection d'air avec une pression maximale de 3 bar. Quant à la vitesse du vent lors des traitements, elle ne devrait pas dépasser 5 m/s (18 km/h).
- [> Dérive et ruissellement dans la protection des cultures](https://themes.agripedia.ch)
- ▶ **Ruisseaulement** : en cas de fortes précipitations, des PPh dissous dans l'eau peuvent s'écouler directement dans des eaux de surface. Les pluies importantes peuvent aussi éroder le sol dans les surfaces peu végétalisées. Cette érosion emporte non seulement des particules du sol, mais aussi des PPh. C'est ainsi que des PPh entrent dans les eaux de surface. Le risque de ruissellement dépend de la pente de la surface traitée, du type de sol, du travail et du compactage de la terre, ainsi que de la végétation ou de la couverture du sol. Il peut être réduit grâce à des mesures consistant par exemple à préférer les surfaces végétalisées aux surfaces imperméabilisées. Chaque diminution de l'emploi de PPh réduit aussi le risque d'apport dans les eaux.
- ▶ **Drainage** : les sols utilisés par les pépinières, surtout les sols marécageux, sont fréquemment drainés, comme c'est souvent aussi le cas des terrains de sport. Lorsqu'il pleut, des PPh peuvent rapidement s'infiltrer et rejoindre les conduites de drainage pour parvenir ensuite dans les eaux de surface voisines. Les mesures destinées à réduire le recours aux PPh permettent de contrecarrer cet effet.

De manière générale, les PPh sont indésirables dans les eaux. Les eaux de surface et les eaux souterraines non polluées constituent un bien précieux qui offre un habitat aux organismes aquatiques et garantit l'approvisionnement des personnes en eau potable. Les petits cours d'eau, en particulier, sont toujours fortement pollués par des PPh. Les analyses de la qualité de leur eau font souvent apparaître des concentrations de PPh élevées, voire des dépassements des valeurs limites écotoxicologiques. Ces résultats indiquent que les organismes vivants subissent des atteintes.

Chaque gramme en moins compte !

1 gramme de produit peut polluer une rivière large de 1 m et de 1 m de profondeur sur 10 km de long.



Fig. 21: Potentiel de pollution d'une quantité minime de PPh

Les eaux souterraines sont elles aussi polluées par les PPh et leurs produits de dégradation (métabolites). En Suisse, l'Observation nationale des eaux souterraines (NAQUA) mesure les substances actives des PPh et leurs produits de dégradation dans les eaux souterraines grâce à un réseau de plus de 500 stations. Chaque année, la valeur limite prévue par l'OEufs pour les pesticides – 0,1 microgramme de substance active par litre – est dépassée dans 1 à 2 % des stations de mesure NAQUA. Quant aux métabolites des substances actives, on les trouve à des concentrations dépassant 0,1 microgramme par litre dans une station de mesure sur trois à l'échelle nationale. Ces métabolites portent donc atteinte à la qualité des eaux souterraines, en particulier sur le Plateau.

✿ Pyréthrinoïdes

Les pyréthrinoïdes sont notamment bien plus toxiques que tous les autres insecticides pour les organismes aquatiques. Des concentrations de quelques picogrammes par litre suffisent pour porter atteinte à ces derniers. À titre de comparaison : un picogramme par litre correspond à 12,5 morceaux de sucre dissous dans l'eau de tout le lac de Constance.

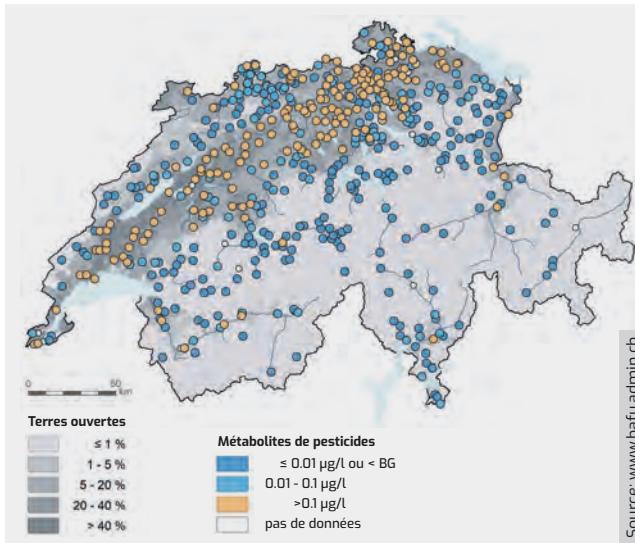


Fig. 22: Métabolites de pesticides dans les eaux souterraines et les terres ouvertes (2022)

Évaporation

En fonction de leurs propriétés chimiques, les substances actives peuvent passer de l'état liquide à l'état gazeux. Des températures élevées et une faible humidité de l'air favorisent ce processus. Les PPh ne devraient donc pas être appliqués lorsque l'humidité de l'air est élevée et que la température dépasse 25 °C.

Exposition des organismes non cibles

Les organismes non cibles peuvent entrer en contact de plusieurs manières avec les PPh :

- ▶ **Contact direct avec la bouillie** : cela concerne tous les organismes vivants qui séjournent dans la culture concernée pendant ou peu après le traitement. Les animaux domestiques dans les jardins ou parcs privés sont également concernés.
- ▶ **Organismes du sol** : lorsque la couverture du sol est mince ou que la bouillie s'égoutte, des PPh se déposent sur le sol ou y pénètrent. Les coléoptères, les vers de terre et les collemboles peuvent en souffrir, mais également d'autres organismes utiles du sol, par exemple les champignons mycorhiziens.
- ▶ **Absorption par l'intermédiaire de l'eau bue** : si il pleut peu de temps après le traitement, la couche de pulvérisation peut être lessivée. Les substances actives risquent alors de s'accumuler dans des flaques où iront boire des insectes, des oiseaux et des mammifères.
- ▶ **Ingestion de PPh** : s'ils sont appliqués de manière inappropriée, les granulés anti-limaces et les semences désinfectées peuvent notamment être consommés par des hérissons et d'autres petits mammifères.

Accumulation dans le sol

Dans la terre, les substances actives des PPh peuvent se dissoudre dans l'eau d'infiltration ou se lier aux particules du sol. La grandeur des parts dissoute et liée d'une substance active dépend des propriétés chimiques de celle-ci, ainsi que des caractéristiques du sol. La vitesse de dégradation varie aussi d'une substance à une autre : elle est indiquée sous la forme de la durée de demi-vie (DT50).

La durée de demi-vie correspond à la période au bout de laquelle la moitié de la substance est dégradée. Comme il est difficile d'estimer la vitesse de dégradation, on ne sait pas combien de temps est requis pour que la décomposition soit entièrement terminée. À côté des propriétés chimiques de la substance, les caractéristiques du sol, la température et l'humidité jouent également un rôle. Pour les substances qui ne sont que difficilement ou pas du tout dégradables (cuivre, p. ex.), la quantité maximale qui peut être appliquée chaque année sur une surface donnée est toujours indiquée.

Tab. 8: Quelques exemples de durées de demi-vie pour les herbicides.

Substance active	Mode d'action	DT50 en laboratoire (20 °C) (nombre de jours)	DT50 au champ (nombre de jours)
Pyridate	Herbicide foliaire	0,8	2,2
Tribénu-ron-méthyl	Essentiellement foliaire	9,1	3,6
Métobromuron	Herbicide racinaire	34,3	22,4
Aclonifène	Herbicide racinaire	62,3	80,4

✿ Dégradation du glyphosate

Selon les indications issues de la procédure d'homologation, la durée de demi-vie du glyphosate atteint par exemple 70 jours en moyenne dans les sols acides (pH < 6,5), alors que dans les sols neutres ou alcalins (pH > 6,5), elle n'est que de 6,2 jours.

Dégradation

En règle générale, les PPh peuvent se dégrader complètement (les métaux tels que le cuivre constituent des exceptions). Le processus de dégradation engendre tout d'abord des métabolites. Fréquemment, ceux-ci ont encore eux-mêmes une activité chimique et affectent l'environnement, mais pas toujours de la même manière que le PPh dont ils sont issus. Par « dégradation », on fait référence à la minéralisation complète du produit en substances de base telles que l'eau, le dioxyde de carbone (CO_2), l'azote, le souffre, etc. Cette dégradation peut reposer sur les mécanismes décrits ci-après.

Dégradation chimique

Dans le sol, les conditions sont idéales pour que les produits chimiques puissent se dégrader. Les substances actives se répartissent bien, parce que le sol présente une grande surface, en raison de toutes les particules qu'il contient. On y trouve suffisamment d'eau, d'air et d'autres substances qui facilitent le processus. Les substances produites lors de l'altération naturelle des minéraux peuvent aussi y contribuer. Les métaux présents dans le sol peuvent également accélérer la dégradation. Malgré cela, la dégradation chimique joue un rôle plutôt faible pour la plupart des PPh.

Dégradation biologique

La « dégradation biologique » correspond à la décomposition des PPh et de leurs métabolites par des microorganismes. Elle joue – sauf dans des cas exceptionnels – un rôle bien plus important que la dégradation chimique. Comme la plupart des PPh sont constitués de composés organiques, certains microorganismes peuvent dégrader leurs substances actives pour en tirer de l'énergie.

La vitesse à laquelle une substance se dégrade dans le sol dépend de ses propriétés chimiques, mais également de sa température, de l'humidité, des conditions aérobies, de la valeur de pH, de la teneur du sol en nutriments et en humus, ainsi que d'autres caractéristiques du sol. Les PPh se dégradent beaucoup mieux dans un sol vivant et riche en humus que dans un sol constitué surtout de sable et de gravier, qui contient bien moins d'organismes vivants. Pour la protection de l'environnement, l'idéal serait que les substances se décomposent complètement et rapidement. Cela ne correspond toutefois pas aux souhaits des utilisatrices et utilisateurs, qui désirent que l'effet perdure longtemps.

💡 L'humus lie les molécules des PPh

Certaines molécules sont si fortement liées à l'humus qu'elles demeurent des années dans le sol sans se dégrader. Libérées peu à peu, elles peuvent polluer les eaux souterraines même si elles sont interdites depuis longtemps (p. ex. l'atrazine).

Rayonnement solaire

Les rayons UV du soleil peuvent scinder des molécules (processus photochimique). La dégradation par le rayonnement solaire joue toutefois un rôle restreint, sauf pour les substances actives naturelles et les pyréthrinoïdes.

Infiltration dans les eaux souterraines

Les PPh peuvent se dégrader dans l'eau, mais ce processus n'est guère efficace. La dégradation dans l'eau ne joue donc qu'un rôle secondaire.

Dans le cas idéal, les organismes du sol dégradent complètement les substances actives et leurs métabolites. Dans la réalité, en fonction des conditions du sol, ainsi que de la mobilité et de la persistance des substances et des métabolites concernés, il arrive que certains d'entre eux parviennent dans les eaux souterraines. Lors de l'évaluation du risque menée dans le cadre de la procédure d'homologation, on modélise les concentrations attendues de ces substances actives et de leurs métabolites afin de s'assurer que les critères de qualité définis pour l'eau potable soient respectés. Si l'on ne peut exclure un dépassement des valeurs limites, des mesures sont prises pour réduire le risque de contamination : on peut par exemple interdire l'emploi de la substance dans les zones S2 de protection des eaux souterraines ou restreindre son utilisation tous les deux ou trois ans (phrase SPe 1).

👉 Vous trouverez plus d'informations à ce sujet au chapitre «1. Bases légales» à la page 12.

Les substances moins mobiles peuvent aussi entrer directement dans le sous-sol : en passant par les macropores du sol (galeries de vers de terre, trous de souris, lentilles de gravier, etc.). S'il n'y a pas de couche supérieure du sol riche en humus, les PPh pénètrent sans aucune filtration dans le sous-sol puis dans les eaux souterraines. Dans ce cas précis, toutes les mesures visant à réduire l'emploi de PPh permettent donc de diminuer la contamination des eaux souterraines.

👉 blv.admin.ch > Homologation produits phytosanitaires > Utilisation et exécution > Instructions et fiches techniques > Protection des eaux souterraines

✿ Les PPh dans les eaux souterraines

En Suisse, 80 % de l'eau potable provient des eaux souterraines. Il faut donc impérativement éviter que des PPh y parviennent. Les eaux souterraines ne se renouvellent que lentement, ce sont surtout des produits de dégradation (métabolites) des PPh qui s'y accumulent et peuvent y causer des problèmes durant des années.

Impact environnemental potentiel des produits phytosanitaires de synthèse

Des problèmes environnementaux peuvent se manifester à différents niveaux. La présente section traite des effets potentiels sur les surfaces traitées, des voies d'apport dans d'autres écosystèmes et des mesures de précaution requises. Les PPh admis dans l'agriculture biologique peuvent également avoir des conséquences pour l'environnement : des extraits de plantes peuvent par exemple être toxiques pour les poissons ou pour les abeilles, et certains PPh peuvent provoquer une accumulation de cuivre, un métal lourd, dans le sol.

Avant toute homologation, les risques posés par chaque produit phytosanitaire sont examinés en tenant compte de l'état actuel des connaissances et de la technique. Dans le cadre de la procédure d'homologation, ils sont évalués à l'aune de critères définis de manière détaillée. Les conséquences négatives pour l'environnement – il y en a toujours – sont admises lors de l'homologation si elles sont jugées acceptables. Les conditions d'utilisation définies (dosage et type de traitement, p. ex.) font partie intégrante de l'homologation. Si le mode d'emploi des PPh n'est pas scrupuleusement respecté, le risque d'effets secondaires s'accroît.

Les impacts environnementaux potentiels peuvent être regroupés ainsi :

- ▶ atteintes portées à d'autres plantes et animaux : p. ex. abeilles, auxiliaires, mammifères, oiseaux, poissons et batraciens, ou cultures pour lesquelles la substance active n'est pas indiquée ;
- ▶ apports dans les eaux : les PPh peuvent parvenir dans les eaux par diverses voies, y mettre en danger la vie aquatique et contaminer l'eau potable ;
- ▶ accumulation le long de la chaîne alimentaire : chez les prédateurs (rapaces, p. ex.), on peut rencontrer des concentrations élevées de substances actives s'ils ont mangé des animaux contaminés ;
- ▶ accumulation dans le sol : les substances actives difficilement dégradables peuvent persister longtemps dans le sol puis se retrouver dans des plantes auxquelles elles ne sont pas destinées ;

▶ effets de synergie : les substances actives peuvent accroître mutuellement leur toxicité ou au contraire perdre leur effet lorsqu'on utilise ensemble deux PPh ou des additifs ; en raison des nombreuses interactions possibles entre les divers composants chimiques, il est toutefois difficile de prévoir dans quel cas et à partir de quelle concentration cela se produit.

↗ Vous trouverez plus d'informations au sujet des apports dans les eaux au chapitre «3. Produits phytosanitaires, écotoxicologie et toxicologie humaine» sous le titre «Comportement et dégradation des produits phytosanitaires» à la page 43.

↗ Vous trouverez plus d'informations au sujet de l'accumulation le long de la chaîne alimentaire au chapitre «2. Fondements de l'écologie» à la page 20.

Perturbation des écosystèmes

Toute application d'un PPh correspond en réalité à une intervention dans l'écosystème. On préférera systématiquement les produits sélectifs qui préservent les auxiliaires à ceux dont l'efficacité est plus large. On évitera ainsi d'éliminer sans le vouloir les prédateurs et les concurrents d'une espèce. La lutte insecticide contre le carpocapse des pommes dans les vergers suisses, menée pendant des années, en constitue une illustration. Le recours à des produits toxiques pour les auxiliaires a fortement décimé les populations d'acariens prédateurs. En l'absence de cet ennemi, les acariens rouges ont pu se multiplier en très grand nombre et ont provoqué des problèmes dans les vergers commerciaux. Chaque recours à un produit phytosanitaire doit donc faire l'objet d'une réflexion préalable approfondie.

Produits dangereux pour les abeilles

En tant que pollinisateur, les abeilles jouent un rôle essentiel pour la formation des fruits : elles devraient donc entrer en contact le moins possible avec des PPh. Les produits qui portent la phrase de sécurité SPe 8 au sens de l'OPPh sont considérés comme dangereux pour les abeilles. Certaines exigences doivent être respectées lors de l'application. Ces PPh ne doivent pas entrer en contact avec des plantes qui présentent des fleurs ou du miellat¹⁾ (cultures, semis, adventices, cultures voisines, haies, p. ex.). En fonction de leur toxicité pour les abeilles, les produits ne peuvent être appliqués que le soir, après le vol de celles-ci, ou alors ils ne doivent pas du tout entrer en contact avec des plantes attrayantes pour ces insectes. Une zone tampon peut aussi être exigée pour protéger les polliniseurs contre la dérive à l'extérieur de la zone traitée.

↗ ¹⁾ Substance sucrée sécrétée par les pucerons, le miellat peut être ingéré comme nourriture par les abeilles.

Mise en œuvre des exigences de distance liées à la dérive et au ruissellement

Lors de l'emploi de PPh, les exigences formulées dans le cadre de l'homologation doivent être respectées. Pour nombre de produits, des exigences de distance sont définies en raison de la menace que la dérive et le ruissellement font peser sur les eaux de surface, les biotopes ou les zones résidentielles et installations publiques. Dans l'index des PPh de l'OSAV ou sur l'étiquette du produit, ces exigences prennent la forme de la phrase de sécurité SPe 3 au sens de l'OPPh.

- Vous trouverez plus d'informations à ce sujet au chapitre «1. Bases légales» à la page 12 .
- [> Dérive et ruissellement dans la protection des cultures](https://themes.agripedia.ch)

Prescriptions relatives aux haies, aux bosquets champêtres et riverains, ainsi qu'aux lisières forestières

Même pour les haies, les buissons champêtres et riverains, ainsi que pour les lisières forestières, une bande tampon d'au moins 3m de largeur, interdite à l'épandage d'engrais et de produits phytosanitaires, doit être mise en place conformément au PER. Exception : les traitements ponctuels des plantes problématiques, lorsqu'elles ne peuvent pas être maîtrisées efficacement par d'autres mesures, comme des fauches régulières. La distance se mesure à partir du début de la végétation herbacée visible.

- [> https://agridea.abacuscit.ch/fr/A~1399~1/3~410420~Shop/Publications/Production-végétale-Environnement/Aspects-légaux-et-administratifs/Bordures-tampon-fiche-thématique/Deutsch/Print-Papier](https://agridea.abacuscit.ch/fr/A~1399~1/3~410420~Shop/Publications/Production-végétale-Environnement/Aspects-légaux-et-administratifs/Bordures-tampon-fiche-thématique/Deutsch/Print-Papier)

4

Planifier une stratégie phytosanitaire et mettre en œuvre des mesures préventives

4. Planifier une stratégie phytos. et mettre en œuvre des mesures préventives

Planifier une stratégie phytosanitaire

Tant dans la production horticole que dans l'entretien de jardins privés, il est devenu indispensable de planifier la protection phytosanitaire. Il s'agit de définir dans ce domaine des stratégies pour les entreprises, les jardins, les secteurs de cultures ou les coins jardins, en les coordonnant les unes avec les autres.

Dans ce contexte, on déterminera pour quel organisme nuisible un traitement est prévu avant même que les plantes concernées soient atteintes (seuil d'intervention/seuil de tolérance), en quels endroits des mesures préventives d'accompagnement sont planifiées (réduction de la flore annexe qui accentue l'infestation, mesures de

renforcement, p. ex.) et où l'on peut renoncer à toute mesure phytosanitaire. La stratégie abordera également la gestion de la résistance et, de manière générale, le choix des substances actives à utiliser. Elle peut aussi prévoir de renoncer à certaines cultures ou espèces végétales qui ne parviennent pas à se développer de manière appropriée au vu des conditions du site.

La protection durable des végétaux repose sur le principe de la protection phytosanitaire intégrée. Selon ce principe, les mesures chimiques de lutte ne doivent être utilisées que lorsqu'il n'est pas possible, avec les moyens préventifs et non chimiques disponibles, d'assurer une protection suffisante et économiquement viable des cultures ou des surfaces plantées contre les organismes nuisibles. Le principe de la protection intégrée est illustré sous la forme d'une pyramide.

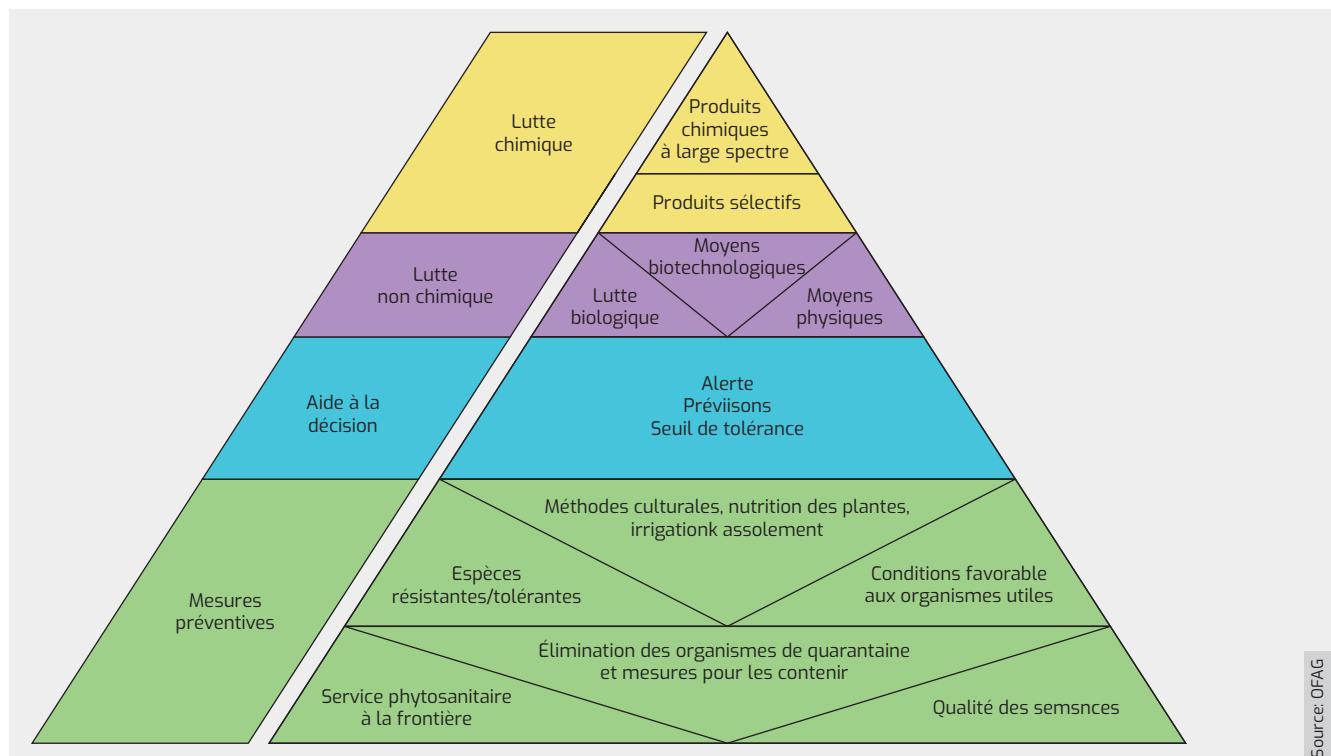


Fig. 23: Principes de la protection intégrée.

Mesures préventives

Emplacement et choix des plantes

Dans les surfaces cultivées et dans les jardins, certaines caractéristiques ne peuvent être modifiées : on peut notamment citer l'altitude, l'exposition, la pente, le micro-climat et surtout le sol. Ces facteurs sont déterminants pour le développement de plantes saines. En agriculture durable, il est important de n'utiliser que des cultures et des plantes adaptées aux conditions locales.

💡 Importance des sols sains et fertiles

Lorsqu'il est sain et fertile, un sol assume de nombreuses fonctions :

- ▶ Il sert d'habitat : une poignée de sol contient plus d'organismes vivants qu'il y a de personnes sur Terre. Ces organismes assurent l'aération du sol et maintiennent sa fertilité (dégradation de la matière organique) et sa capacité à stocker de l'eau.
- ▶ Il fournit des nutriments : ceux-ci sont indispensables à la croissance des plantes.
- ▶ Il sert de réservoir et filtre l'eau : il absorbe et purifie l'eau des précipitations pour les plantes, les animaux et les personnes.
- ▶ Il protège le climat : il absorbe du CO₂ et stocke du carbone (cinq fois plus que la totalité de la biomasse aérienne).

Couverture du sol et prévention de l'érosion et du ruissellement

Un sol couvert empêche l'érosion (ruissellement) et le lessivage des nutriments. Une densité suffisante de racines évite de plus le compactage du sol. Les cultures intermédiaires, les engrains verts et les sous-semis peuvent ainsi contrecarrer l'érosion, le lessivage des nutriments et le compactage du sol.

Prévention de la contamination

Il est important d'utiliser des semences ou des plants certifiés. Les semences certifiées sont contrôlées par la Confédération : des normes sévères garantissent leur qualité. Cela permet d'assurer une qualité sanitaire et une capacité germinative optimales, ce qui s'avère important pour une levée rapide et uniforme. Les maladies issues des semences peuvent être combattues efficacement au moyen d'un traitement chimique approprié ou d'un traî-

tement à la vapeur d'eau. Les semences biologiques sont inspectées pour détecter la présence de spores d'agents pathogènes, comme la carie ordinaire et la carie naine, qui peuvent se propager avec elles. Par ailleurs, les semences certifiées ne contiennent pas de semences d'adventices et préviennent la propagation de plantes problématiques.

Lors de la récolte ou de l'entretien des surfaces, les graines d'adventices restent en bonne partie sur le sol ou à l'intérieur de celui-ci (plusieurs millions par hectare). Il est donc important de provoquer leur germination en travaillant le sol superficiellement avant la replantation. Pour les plantes comme le rumex, le chardon ou le gaillet, il est crucial d'empêcher leur montée à graines afin d'éviter des problèmes sur le long terme.

Technique culturale

Travail du sol

Du point de vue de la protection des végétaux, il est important que le travail du sol serve à garantir une croissance rapide et uniforme des plantes. Cela leur permet de sortir plus tôt de leur phase de vie initiale, pendant laquelle elles sont plus vulnérables. Plus les végétaux sont grands, plus ils sont robustes face aux maladies ; les infestations de ravageurs peuvent aussi être davantage tolérées. Une grande taille permet en outre aux plantes de mieux concurrencer les adventices. Le but est donc d'offrir aux plantes des conditions optimales pour croître en pleine santé et développer leur robustesse. Il faut impérativement veiller à travailler le sol de manière appropriée, lorsqu'il est suffisamment ressuyé.

Nutrition des plantes

Pour une croissance optimale des plantes, leur nutrition doit être équilibrée. Tant la sous-alimentation que la suralimentation ont un impact négatif. Le potassium joue par exemple un rôle important pour la robustesse des plantes face au gel et à la sécheresse. Un excédent de potassium induit toutefois un blocage de l'absorption du magnésium. Quant à l'azote excédentaire, il rend les cellules spongieuses et amincit leur membrane, ce qui diminue leur capacité de résister aux maladies fongiques et bactériennes, aux ravageurs (p. ex. pucerons) et au gel. Le manque d'azote favorise également certaines maladies fongiques, par exemple la septoriose. Il faut tenir compte du fait qu'à chaque fois que l'on donne de l'azote aux cultures, on nourrit également les adventices. Certaines espèces, comme le mouron des oiseaux, absorbent particulièrement bien l'azote et profitent donc plus que les autres de cet apport d'engrais.

Stimulateurs des défenses naturelles des plantes

Si les conditions mentionnées ci-dessus sont bien remplies en ce qui concerne la qualité du sol, les propriétés du site et l'approvisionnement en nutriments, des fortifiants à base de microorganismes ou d'extraits de plantes peuvent encore améliorer la vitalité des végétaux. Ces produits n'ont pas d'effet direct contre les organismes nuisibles, mais leur application systématique améliore la capacité de résistance des plantes et favorise l'absorption des nutriments. Cet aspect se révèle surtout décisif pendant les phases de culture les plus sensibles (semis, plantation, déplacement, etc.) ou en cas de situations de stress temporaires (sécheresse, grêle, transplantation, etc.). Les stimulateurs des défenses naturelles des plantes peuvent être appliqués par arrosage dans la zone des racines ou en pulvérisation sur les feuilles.

Ils ne permettent pas de corriger les erreurs de culture ni les conditions défavorables d'un site. Ce n'est que lorsque le cadre général est adapté à la culture que ces stimulateurs s'avèrent utiles.

- Vous trouverez plus d'informations à ce sujet au chapitre «3. Produits phytosanitaires, écotoxicologie et toxicologie humaine» à la page 32.

Gestion de l'eau et irrigation

La vitalité des plantes est meilleure lorsqu'elles ne sont pas exposées au stress hydrique. L'accent est mis sur les mesures qui permettent d'économiser l'eau, de la retenir ou de la rendre plus disponible :

- **L'humus** peut stocker jusqu'à cinq fois son poids en eau, raison pour laquelle toutes les mesures prise pour maintenir ou augmenter la teneur en humus sont importantes.
- **Travail du sol** : le travail du sol (ameublissement de la couche supérieure) interrompt la capillarité, si bien que moins d'eau vient s'évaporer à la surface.
- **Structure du sol** : un travail du sol approprié, la mise en place de cultures dérobées et les engrains verts permettent d'éviter les pertes hydriques.
- **Paillis** : lorsque la surface est couverte d'une couche de paillis, le sol se réchauffe moins en été et l'évaporation est moindre. Le ruissellement est aussi ralenti et l'érosion, évitée. En fonction de la culture et du type de plantation, différents matériaux organiques ou minéraux peuvent servir de paillis.
- Le **risque** peut être réduit grâce à une végétalisation des surfaces cultivées qui persiste en bonne partie.

Si des plantes bénéficient d'une irrigation, il faut respecter certaines règles de base : tenir compte du moment approprié, de la quantité d'eau requise et de la capacité d'absorption du sol.

Lorsque c'est possible, on privilégiera l'irrigation goutte à goutte plutôt que l'aspersion. Cette forme d'irrigation permet d'économiser l'eau, d'assurer un apport précis et d'éviter les pertes par évaporation. Un autre avantage réside dans le fait que les feuilles ne sont pas mouillées et qu'on évite ainsi de favoriser les maladies fongiques. Les coûts fixes de cette méthode dépassent toutefois clairement ceux des systèmes par aspersion. À l'avenir, l'irrigation devrait se faire de la manière la plus ciblée et économique possible. À cet effet, des sondes placées dans le sol pour mesurer l'eau disponible dans la zone d'enracinement peuvent s'avérer utiles : elles aident à utiliser l'eau d'irrigation de manière ciblée.

- Sur le site Internet reseauidirrigation.ch, les données mesurées par des sondes de ce type peuvent être consultées gratuitement.

Une irrigation optimisée favorise l'approvisionnement des plantes en nutriments et réduit le risque pour la plupart des types d'infection et d'infestation.

À quoi faut-il prêter attention lors de l'irrigation ?

- Un apport d'eau suffisant – mais pas excessif – favorise une croissance rapide et améliore de manière générale la vitalité des plantes.
- Lorsqu'on irrigue le matin, les plantes et le sol séchent vite, ce qui réduit la prolifération des champignons et des limaces.
- Les systèmes d'irrigation goutte à goutte sont surtout utiles pour les cultures sensibles aux champignons, puisque les feuilles ne sont pas mouillées.
- Une irrigation régulière perturbe le développement des thrips, des pucerons et des pucerons des racines.

Utilisation des facteurs de limitation naturels : entretien de l'ensemble de l'écosystème

La biodiversité fournit des services importants tels que la régulation naturelle des ravageurs, la pollinisation des cultures et le maintien de la fertilité des sols. L'aménagement et l'entretien de l'ensemble de l'écosystème jouent donc un rôle central.

Dans le contexte agricole, certaines mesures sont prises dans les cultures (in crop) et d'autres à l'extérieur de celles-ci (off crop). Cette distinction est également pertinente pour les jardins et les surfaces horticoles productives, car ces deux types de mesures y sont également importants.

Mesures prises dans les cultures (*in crop*)

Sur la surface cultivée, la priorité est accordée à la production de végétaux de bonne qualité. Dans le jardin, elle concerne les plantes cultivées de plus grande taille. Malgré cela, l'impact des mesures de promotion de la biodiversité ne doit pas être sous-estimé. On peut citer les mesures suivantes parmi celles qui sont prises dans les cultures :

- ▶ **Plantes auxiliaires dans les surfaces cultivées** : une technique consiste à intégrer ponctuellement, entre les plantes cultivées, des végétaux intéressants pour le cycle de développement des auxiliaires (« Banker Plant System », BPS). Pour favoriser les ichneumons utiles, on peut par exemple placer des pots de graminées entre les plantes cultivées qui sont attaquées par les pucerons des céréales. Ces derniers se sont spécialisés dans les plantes monocotylédones (avoine, blé, seigle ou orge) et laissent intactes les plantes cultivées dicotylédones. Les ichneumons parasitoïdes, qui sont des auxiliaires importants, utilisent les pucerons des céréales pour pondre leurs œufs et faire croître leur propre population.
- ↗ **Onfloriculture**: <https://onfloriculture.com>
- ▶ **Sous-semis** : à côté de leurs effets positifs bien connus (couverture du sol, engrangement, capacité portante du sol), les sous-semis présentent aussi des avantages pour la lutte contre les ravageurs. Si le pollen et le nectar sont suffisamment disponibles tout au long de l'année, ils constituent une source de nourriture idéale pour les chrysopes, qui contribuent activement à la lutte contre les pucerons (on peut p. ex. prévoir des prairies fleuries indigènes ou des plantes potagères, en particulier des ombellifères et des composées tels la carotte, l'aneth ou le souci). Les sous-semis aident aussi à endiguer les adventices.
- ▶ **Diminution du travail du sol** : en travaillant moins le sol, on favorise le maintien ou la hausse de sa teneur en humus et on ralentit son érosion. L'extension des périodes de repos accroît la diversité des espèces de champignons, en particulier celle des précieux champignons mycorhiziens dans le sol. Simultanément, la diminution du travail du sol augmente le risque de favoriser certaines adventices, comme le chardon des champs, ou des maladies telles que les fusarioSES, dues à des champignons qui survivent sur des parties de plantes.
- ▶ **La diminution du recours aux PPh et aux engrais** préserve et favorise la biodiversité.

Mesures prises en dehors des cultures (*off crop*)

Les mesures prises en dehors des surfaces cultivées ou des jardins consistent à créer des milieux naturels qui favorisent la biodiversité sur des surfaces spécialement dédiées. Si ces dernières sont suffisamment riches en espèces et en structures, elles peuvent apporter une contribution importante au maintien et au développement de la

diversité biologique. Les bandes semées pour organismes utiles peuvent ainsi favoriser les ennemis de l'insecte ravageur, par exemple pour réduire l'infestation par les thrips.

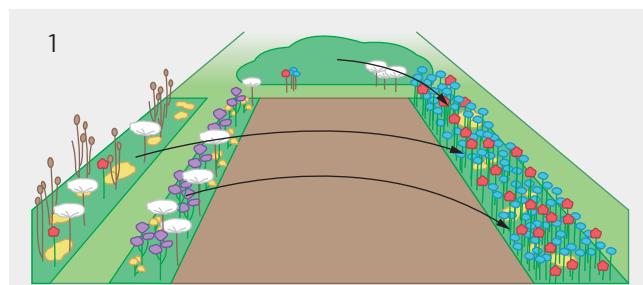
On peut citer les mesures suivantes parmi celles qui sont prises en dehors des cultures :

- ▶ **Haies et ourlets** : une haie se compose d'une couche d'arbustes et d'une couche adjacente d'herbes cultivée de manière extensive. Les arbustes et les plantes vivaces servent non seulement d'abri à de nombreuses espèces animales, mais aussi de quartier d'hiver, de garde-manger et de lieu de ponte ou de nidification. Les auxiliaires utiles aux cultures en profitent aussi, en particulier si les espèces plantées sont suffisamment diversifiées. Contre les thrips et autres ravageurs des cultures, on peut prévoir des espèces végétales qui favorisent notamment l'installation de punaises prédatrices, de chrysopes et de thrips prédateurs : hortensia paniculé (*Hydrangea paniculata*), hélénie d'automne (*Helenium autumnale*), liatris à épi (*Liatris spicata*), phlomis de Russel (*Phlomis russeliana*), géranium à grosses racines (*Geranium macrorrhizum*), alchémille molle (*Alchemilla mollis*) ou Waldsteinia geoides. On trouve également de nombreuses espèces de punaises prédatrices dans les fleurs des renouées, y compris des espèces de renouées couvrantes ; leur présence est particulièrement marquée sur *Aconogonon speciosum 'Johanniswolke'*. Les punaises prédatrices du genre *Orius* sont également attirées au printemps par les rosacées en fleurs (p. ex. pommier, poirier, rosier).
- ▶ Les **jachères sont des surfaces semées ou végétalisées avec des espèces sauvages indigènes**. Comme aucune intervention n'y est menée pendant de longues périodes, elles servent de refuge et offrent de la nourriture toute l'année à une multitude d'animaux, notamment à de nombreux auxiliaires (syrphes, coccinelles, carabes ou araignées). Elles abritent suffisamment de grandes tiges, de matériel végétal mort et d'espaces vides pour offrir aux insectes un lieu où passer l'hiver. Les petits mammifères et les oiseaux profitent aussi de ces surfaces.

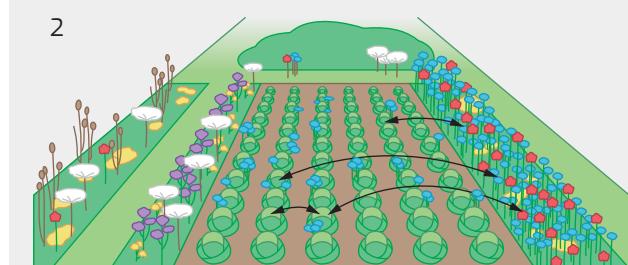


Fig. 24: Une jachère florale deux ans après le semis.

► **Prairies et pâturages extensifs** : pour les prairies et pâturages extensifs, on visera le niveau de qualité II, de manière à offrir la valeur ajoutée attendue pour la biodiversité. Les prairies et pâturages extensifs du niveau de qualité II présentent une plus grande diversité d'espèces que ceux du niveau de qualité I : ils sont donc particulièrement précieux pour le maintien et le développement de la biodiversité. Pour préserver les auxiliaires, ces surfaces devraient être fauchées de l'intérieur vers l'extérieur avec une faucheuse à barre de coupe ou une faux, en renonçant à la faucheuse-conditionneuse (interdite pour le niveau de qualité II). Il est aussi crucial de préserver une bande non fauchée d'environ 10 % de la surface comme refuge pour les insectes.



La bande fleurie (à droite) attire les auxiliaires avec une offre précoce et abondante de nectar lorsque ceux-ci quittent leurs quartiers d'hiver semi-naturels (jachères florales pluriannuelles, ourlets fleuris, etc.).



Après la plantation des choux, la bande fleurie fournit continuellement de la nourriture et un abri aux auxiliaires. Des bleus placés entre les plants de choux servent de passerelles et favorisent le parasitage des ravageurs. En automne, les auxiliaires recherchent des habitats pluriannuels pour passer l'hiver.

Fig. 25: Promotion des insectes utiles en deux étapes

Mesures prises dans les jardins potagers

La préservation d'un sol naturellement très fertile et sain exige que l'on exploite celui-ci avec soin, en lui appliquant un travail approprié et un assolement adapté aux conditions locales, qui préserve l'humus. La période de végétation réduite de la plupart des plantes utiles et le besoin

marqué de contenir les adventices exigent que le sol soit travaillé régulièrement.

Les cultures qui reconstituent le sol dans des assolements incluant par exemple du trèfle, des engrains verts à engrangement profond, puis des légumineuses, accordent un répit au sol, permettent aux racines de pénétrer le sous-sol, accroissent la disponibilité des nutriments comme l'azote et favorisent la structuration et l'activité biologique du sol. D'autres rotations avec des cultures moins intensives aident à restreindre le développement des agents pathogènes et ravageurs liés au sol. Lorsqu'on choisit des cultures pour reconstituer le sol, on veillera à une bonne compatibilité des végétaux qui s'y succèdent.

Une couverture du sol aussi permanente que possible réduit le risque d'érosion dans les secteurs en pente, protège le sol contre l'assèchement et la surchauffe, empêche le rayonnement UV intense d'atteindre la surface du sol, évite le lessivage des nutriments et favorise la conservation de la structure du sol et la production d'humus.

Mesures prises sur les gazon

De manière générale, les mesures préventives prises contre les maladies et les ravageurs qui s'attaquent aux surfaces de gazon jouent un rôle similaire à ce qui a été décrit ci-dessus : il s'agit de préserver la fertilité du sol et d'assurer un apport optimal en nutriments et en eau. S'y ajoutent certaines mesures d'entretien particulières, qui ne sont appliquées qu'aux gazon. Ces mesures sont décrites dans divers points ultérieurs.

Généralement, on constate que les gazon entretenus de manière optimale résistent très bien à la prolifération des mauvaises herbes, aux maladies et aux ravageurs.



© Hans Ramseier, HAFL

Fig. 26: Les prairies extensives riches en espèces sont particulièrement précieuses pour conserver et promouvoir la biodiversité.

5

Monitoring

5. Monitoring

Le terme « monitoring » désigne tous les types de relevé systématique (observations, mesures, saisies) d'un processus ou d'une procédure à l'aide d'outils techniques.

Causes possibles des symptômes observés

Lorsqu'une plante présente un symptôme, il est important de l'identifier correctement afin de prendre, le cas échéant, les mesures qui s'imposent. Il faut par exemple distinguer s'il s'agit d'une chlorose ou d'une nécrose. Le terme « chlorose » désigne des décolorations sur les feuilles des végétaux, causées par un manque de chlorophylle (voir fig. FaBe5_Hr-003). Ce type de carence peut affecter la croissance des plantes et, dans les cas graves, entraîner leur mort. Les chloroses sont souvent liées à une carence en nutriments (p. ex. en azote, en manganèse ou en fer), mais elles peuvent également être provoquées par des perturbations physiologiques, des maladies vasculaires, des virus, des champignons ou des bactéries.

Comme les chloroses peuvent avoir diverses origines liées aux conditions environnementales, différents termes sont utilisés : chlorose calcique (un pH trop élevé du sol entraîne une mauvaise absorption du fer), chlorose liée au mauvais temps (le froid, l'humidité et le manque de lumière induisent des symptômes de carence lorsque le temps est ensuite chaud et propice à la croissance), chlorose de compaction (l'oxygène est trop rare dans la zone racinaire), chlorose de surcharge (combinaison de plusieurs causes).



Fig. 27: Exemples de chloroses : jaunissement viral de la betterave sucrière



Fig. 28: Exemples de chloroses : carence en fer de la vigne



Fig. 29: Exemples de chloroses : carence en phosphore sur choux-rave

On parle de nécrose lorsque les tissus végétaux déparent et prennent une coloration brune ou noire. Différents facteurs peuvent déclencher une nécrose : maladies, ravageurs, carence nutritive (en cas de forte carence, une chlorose peut se transformer en nécrose), excès de nutriments (les nutriments s'accumulent) ou stress.



Fig. 30: Nécroses dues au mildiou sur les feuilles de pommes de terre



Fig. 31: Botrytis sur salade

Les symptômes de dommages peuvent avoir les causes suivantes :

- ▶ Causes parasitaires :
 - ▷ Des maladies (champignons, bactéries, virus, phytoplasmes) ;
 - ▷ Des ravageurs (insectes, acariens, mammifères, oiseaux) ;
- ▶ Les symptômes ont une cause abiotique, à savoir :
 - ▷ Climatique : sécheresse, chaleur, gel ;
 - ▷ Nutritionnelle : carence, excès ;
 - ▷ Mécanique : choc, blessure.

Aperçu des symptômes de diverses maladies

Lorsqu'une plante est attaquée par des agents pathogènes, les symptômes ne sont pas toujours visibles de suite. En fonction de l'agent pathogène concerné et des conditions météorologiques, le temps qui s'écoule entre l'infection et l'apparition des symptômes peut varier.

Symptômes causés par des champignons

Les maladies fongiques produisent comme symptômes typiques des taches sur les feuilles et les tiges (nécroses), des feutrages fongiques (oïdium), des fructifications pleines de spores (rouilles, p. ex.), ainsi que des pourritures des racines et des fruits.

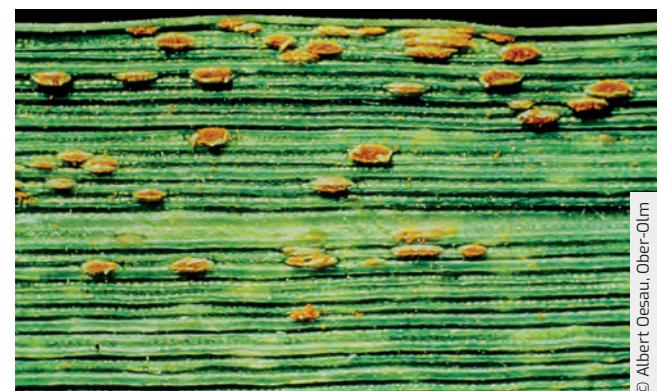


Fig. 32: Images typiques de maladies fongiques : Rouille brune sur feuille de blé



Fig. 33: Images typiques de maladies fongiques : Mildiou sur la vigne



Fig. 34: Images typiques de maladies fongiques : Mildiou sur les oignons



Fig. 36: Images typiques d'une maladie virale : virus de la mosaïque de la laitue sur la plante de droite

Symptômes causés par des virus

Les virus causent typiquement des symptômes tels que des motifs en mosaïque sur les feuilles, des taches ou des décolorations jaune-vert entre les nervures des feuilles (chloroses), des troubles de la croissance donnant naissance à des courbures ou à des rigidités, des déformations (enroulement des feuilles, p. ex.) ou des malformations des fruits et des feuilles.

Attention ! Les dégâts causés par la dérive d'herbicides ou l'application inappropriée de PPh (mélanges de substances actives ou produits appliqués lorsque les conditions météorologiques ne s'y prêtent pas) provoquent des symptômes très similaires.



Fig. 35: Images typiques d'une maladie virale : virus de l'enroulement de la pomme de terre sur la plante à droite et plante saine à gauche

Symptômes causés par des bactéries

Les symptômes typiques sont les pourritures (molles ou sèches), les taches foliaires, le flétrissement des feuilles et des tiges, ainsi que les tumeurs.



Fig. 37: Maladies bactériennes : Erwinia jambe noire sur pommes de terre



Fig. 38: Maladies bactériennes : Erwinia sur les laitues

Symptômes causés par des ravageurs

Les ravageurs se nourrissent des parties aériennes de la plante (grignotage du bord des feuilles, percement de trous, morsure des tiges, consommation des fruits) ou - sous terre - de leurs racines et tubercules. En fonction de l'emplacement sur la plante et de l'apparence de la zone attaquée (uniforme, en rond), il est possible de restreindre le nombre de ravageurs suspectés. Le doryphore et l'otiorhynque constituent des exemples typiques de ravageurs qui causent des dommages aux feuilles. Les guêpes se nourrissent de raisins en cours de maturation. Les dégâts aux racines et aux tubercules sont notamment causés par les vers fils de fer. Certains ravageurs peuvent également causer des dégâts aussi bien sous terre qu'en surface, comme le font les limaces ou les campagnols.

Parfois, il faut couper la plante ou une partie de celle-ci pour que les symptômes typiques apparaissent.



Fig. 39: Pour savoir avec certitude de quel ravageur il s'agit, il peut être utile d'ouvrir le tubercule de pomme de terre. À gauche, dégâts dus à des vers fils de fer. À droite, dégâts dus à des limaces.

Les ravageurs tels que les pucerons, les cicadelles ou les punaises piquent les plantes pour se nourrir de leur sève. Les larves des mineuses ou de la mouche de la betterave vivent à l'intérieur des feuilles ou des racines des plantes, formant des galeries (mines).

Causes non parasitaires

Lorsque les plantes subissent des dommages qui ne sont provoqués ni par une maladie ni par un ravageur, on parle de causes non parasitaires ou abiotiques. Il peut s'agir de dégâts dus à des herbicides, à un manque ou à un excès de nutriments, au gel, à la pression de la neige, à la grêle, au vent ou à la stagnation de l'eau, ou encore de dommages dus à la chaleur. Le dégât peut prendre l'apparence d'une

chlorose, d'une nécrose, de blessures d'ordre général ou d'une forme rabougrie. Il est important de reconnaître avec le plus de certitude possible la différence entre les dommages dus à des maladies ou à des ravageurs et ceux provoqués par des causes non parasitaires.



Fig. 40: Causes typiques de dégâts non parasitaires : Colza avec symptômes de carence en éléments nutritifs



Fig. 41: Causes typiques de dégâts non parasitaires : Dégâts d'herbicides sur l'orge d'hiver



Fig. 42: Causes typiques de dégâts non parasitaires : Carence en magnésium sur la vigne

Instruments de monitoring

La surveillance des plantes et le diagnostic éventuel des dégâts constatés constituent des éléments centraux de la protection des végétaux. Cette section présente des approches, sources d'information et instruments envisageables.

Repérage : observer et contrôler

Le principe de base pour les observations et contrôles peut s'énoncer comme suit :

Observer – réfléchir – agir

💡 Par moment, on pourrait presque avoir mauvaise conscience de se promener tranquillement dans les jardins et les serres pour repérer les ravageurs ou d'autres signes particuliers, alors que tout le monde travail. Il faut toutefois garder à l'esprit que ce monitoring constitue un élément indispensable de la protection des végétaux.

Pourquoi les observations et les contrôles sont-ils importants ?

- ▶ Ils fournissent les bases décisionnelles pour appliquer le seuil d'intervention.
- ▶ Il convient de vérifier l'ampleur de l'infestation afin d'éviter des traitements qui ne se justifient pas : les applications inutiles sont aberrantes tant sur le plan économique que sur le plan environnemental. L'efficacité d'un traitement doit être contrôlée (suivi)

Que faut-il contrôler ?

- ▶ État général et stade de développement des plantes.
- ▶ État de santé des plantes et état du sol.
- ▶ Présence d'organismes nuisibles et d'auxiliaires.
- ▶ Contrôle de l'efficacité du traitement.
- ▶ Approvisionnement en nutriments.

Déroulement d'une observation

1. On se fait tout d'abord une idée d'ensemble, à distance, de l'état général des végétaux. Les plantes présentent-elles une croissance uniforme, conforme à leur stade de développement normal, ou peut-on déceler des anomalies, par exemple des zones claires ? Si des anomalies sont constatées, il faut les examiner plus précisément en essayant d'en déterminer la cause.
2. Tournée d'orientation : on observe les adventices, les maladies, les ravageurs, les auxiliaires, les phytotoxicités (dégâts aux plantes dus aux PPh), les symptômes de carence, etc. On intègre de manière ciblée les surfaces présentant des facteurs de production ou des conditions locales moins propices, par exemple les petites dépressions humides. En plusieurs endroits, on détermine en outre le stade de développement des plantes. Le contrôle des pièges installés (pièges jaunes, pièges à limaces, pièges à phéromones, etc.) fait également partie de la tournée.
3. Tournée de contrôle : si nécessaire, on prélève des ravageurs ou des échantillons de plantes pour analyse. La méthode retenue varie selon la culture, le stade de développement et l'organisme nuisible.
4. On documente l'état des plantes, des lieux et des conditions de croissance, ainsi que le type de dégâts.

Seuils d'intervention

Le seuil d'intervention s'avère pertinent tant que l'on peut encore entreprendre quelque chose contre l'organisme nuisible. Il correspond à une prévision indiquant la probabilité de dépassement du seuil de dommages économiques et désigne donc la densité d'organismes nuisibles à partir de laquelle des mesures de luttes sont judicieuses. Les SI sont parfois exprimés sous la forme de fourchettes.

Sources d'information, aides à la décision et systèmes de prévision

Pour obtenir des informations importantes sur les questions phytosanitaires et prendre des décisions adaptées, il est important de disposer de sources solides et fiables. Les outils d'aide à la décision sont précieux pour déterminer la nécessité d'un traitement, utiliser le produit adéquat et choisir le moment idéal de son application. Les paragraphes qui suivent présentent brièvement quelques sources d'information, outils d'aide à la décision et systèmes de prévision importants.

Services d'alerte

Pendant la saison phytosanitaire, les services de conseil officiels proposent régulièrement des informations sur la situation actuelle des infestations, que ce soit dans la presse spécialisée, sur Internet ou par messages électroniques. Une enquête à grande échelle a montré qu'un grand nombre des personnes interrogées utilisent ces services d'alerte (Ramseier et al. 2016). Nombre d'entre elles consultent plusieurs services d'alerte pour se tenir informées. Dans les commentaires, il a été mentionné à plusieurs reprises que la presse spécialisée et les services de conseil officiels sont appréciés parce qu'ils proposent un bon soutien technique, de manière neutre, et fournissent ainsi de bonnes aides à la décision.

Agrometeo

Agrometeo est une plateforme qui propose des informations et des outils utiles pour une gestion optimale des problèmes phytosanitaires dans l'agriculture et l'horticulture. Elle se fonde sur un réseau de plus de 180 stations météorologiques qui fournissent des données microclimatiques et météorologiques utilisées pour modéliser les risques de maladies et l'exposition aux ravageurs. Cette plateforme est un projet qu'Agroscope mène avec divers partenaires.

Agrometeo constitue un outil important pour optimiser la protection des cultures, afin que les interventions puissent être très ciblées. La plateforme est divisée en plusieurs modules thématiques :

- www.agrometeo.ch
- AgroMaps : ce module permet de consulter des cartes actuelles présentant des données météorologiques (température, précipitations, humidité relative, rayonnement solaire).
- Météorologie : ce module permet d'obtenir les données actuelles ou passées de plus de 180 stations météorologiques.
- Viticulture / arboriculture grandes cultures : dans ces modules, il est possible de consulter des informations sur les PPh et leur application, des modèles concernant les maladies et les ravageurs, ou encore un monitoring de certains insectes.

Systèmes d'information et de prévision

Plateformes Internet

« Maladies et ravageurs des plantes »

Sur diverses plateformes Internet, un outil de recherche permet d'obtenir des informations détaillées pour un grand choix d'organismes nuisibles. Le contenu est structuré selon divers critères : symptômes, description de l'organisme (avec photographies et parfois vue microscopique des spores), présence et importance, cycle de vie, épidémiologie, hôtes possibles, mesures préventives et mesures de lutte.

- Maladies et ravageurs des plantes : www.pflanzenkrankheiten.ch
- ARBOFUX – Base de données de diagnostic et d'information pour les végétaux ligneux : www.arbofux.de/
- RenoWiki – Recueil de connaissances concernant la protection des plantes et l'entretien du gazon : renovita.ch > renowiki
- Andermatt Biocontrol Suisse : www.biocontrol.ch > ravageurs
- Maag Profiratgeber: <https://www.maag-profi.ch/fr/guide>
- Site de l'OFAG : www.psm.admin.ch

Cette liste n'est pas exhaustive.

Brochures d'information

Différentes brochures d'information disponibles sur Internet sont régulièrement complétées ou actualisées selon les besoins. On en trouve notamment sur les sites des institutions suivantes : Institut fédéral de recherche sur la forêt, la neige et le paysage (WSL), FiBL, services phytosanitaires cantonaux, associations professionnelles, etc.

Agripedia

Agripedia est produit par AGRIDEA. Ce site Internet aborde notamment des thèmes importants du domaine de la protection phytosanitaire, tels que les technologies numériques, la gestion intra-parcellaire spécifique ou les systèmes de sarclage basés sur des capteurs.

- Agripedia : themes.agripedia.ch/fr/ > Thèmes > Protection des cultures

6

Organismes nuisibles et auxiliaires

6. Organismes nuisibles et auxiliaires

Les chapitres qui suivent présentent plus en détail les trois groupes d'organismes nuisibles (ravageurs ; maladies ; adventices). L'annexe « Organismes nuisibles » mentionne encore d'autres organismes nuisibles et auxiliaires importants. Ces organismes devraient pouvoir être reconnus au jardin ou au champ sans matériel de référence. L'examen porte aussi sur le contenu de l'annexe « Organismes nuisibles ». Le présent support didactique peut être utilisé durant l'examen, mais sans l'annexe « Organismes nuisibles ».

- Vous trouverez plus d'informations au sujet des possibilités de combattre les organismes nuisibles (mesures préventives, biologiques, biotechniques et chimiques) au chapitre «3. Produits phytosanitaires, écotoxicologie et toxicologie humaine» à la page 32.

Classification des organismes nuisibles

Les organismes nuisibles exercent une influence négative sur les plantes cultivées, entraînant un rendement plus faible et/ou une qualité moindre. On peut les classer en trois catégories : animaux ravageurs, maladies et adventices. Parfois, les organismes d'un groupe (vecteurs) ouvrent la voie à ceux d'un autre groupe (les pucerons, p. ex., transmettent des virus).

- Les animaux ravageurs (principalement des insectes, des acariens et des gastéropodes) causent des dégâts en mangeant ou en suçant les fruits, les feuilles ou les racines des plantes. Il s'ensuit des traces de morsure, des décolorations et des troubles de la croissance.
- Les champignons, les bactéries, les phytoplasmes et les virus provoquent également des décolorations (chloroses), des nécroses ou des troubles de la croissance. Ils peuvent en outre causer la pourriture de certaines parties de la plante.
- Les adventices, parce qu'elles entrent en concurrence avec les plantes pour la lumière, l'eau et les nutriments, nuisent à la croissance de celles-ci.

- Vous trouverez plus d'informations à ce sujet au chapitre «5. Monitoring» à la page 56.

L'apparition d'organismes nuisibles est influencée par les caractéristiques du site, par la variété choisie, par les soins octroyés, par le mode de gestion de la culture et par les conditions météorologiques. Pour pouvoir réagir à temps et prendre les mesures requises, il faut observer les plantes attentivement et régulièrement : il est crucial de reconnaître les symptômes au moment approprié. En l'absence de mesures, les organismes nuisibles peuvent entraîner des dégâts ou des pertes considérables, ou porter clairement atteinte à la qualité. L'infestation par le genre *Pythium* peut notamment provoquer des pertes importantes chez les plantes ornementales fraîchement levées.

Le choix des mesures de lutte dépend du type d'organisme. Les mesures indirectes – choix approprié du site et de la variété, utilisation systématique d'auxiliaires, par exemple – doivent être appliquées en premier lieu et peuvent parfois suffire. Si tel n'est pas le cas, des mesures de lutte directe doivent être mises en œuvre. Les PPh biologiques et les PPh de synthèse ne sont utilisés qu'en dernier recours. Pour évaluer la nécessité de combattre une infestation, il est important de reconnaître l'organisme nuisible et d'estimer son potentiel de nuisance pour les plantes. Plusieurs facteurs jouent un rôle dans ce contexte, notamment la phase de développement dans laquelle se trouve la plante, la pression exercée par l'organisme nuisible, les conditions d'infection ou les conditions météorologiques.

Les sources suivantes fournissent davantage d'informations sur les organismes nuisibles :

- www.pflanzenkrankheiten.ch
- www.arbofux.de ;
- livre « Pflanzenschutz im Gartenbau » de Renovita Wilen GmbH ;
- atlas illustré « Pflanzenschutz an Zier- und Nutzpflanzen », Philipp Gut et Moritz Bürki ;
- jardinsuisse.ch > Environnement > Protection phytosanitaire ;
- fiches techniques (OSAV, OFAG, WSL) : www.wsl.ch, www.blv.admin.ch, www.blw.admin.ch ;
- recommandations phytosanitaires de fournisseurs.

Insectes nuisibles pour les plantes

Les insectes constituent de loin la classe d'animaux la plus riche en espèces. On estime le nombre de celles-ci à plus d'un million. La Suisse compte pour sa part quelque 50 000 espèces, mais seule une fraction d'entre elles sont considérées comme des ravageurs importants.

Les insectes sont capables de se multiplier rapidement. Ils peuvent donc être présents de manière soudaine en très grand nombre, en fonction des conditions météorologiques, de la nourriture disponible et des prédateurs naturels qu'ils rencontrent. Lorsque l'équilibre écologique est perturbé (période de sécheresse, hiver doux, élimination des auxiliaires, p. ex.), des invasions massives et incontrôlables d'insectes nuisibles peuvent survenir.

Anatomie des insectes

Les insectes sont dotés d'un exosquelette dur et peu extensible constitué de sclérotine et de chitine. Ils doivent donc régulièrement muer pour grandir. Le corps des insectes adultes (appelé « imago ») est toujours segmenté en trois parties : la tête, le thorax et l'abdomen.

La tête porte généralement deux grands yeux composés (ou yeux à facettes) et possède souvent des pièces buccales bien développées, parfois très spécialisées, que l'insecte utilise pour se nourrir. Chez l'insecte adulte, le

segment thoracique est doté de trois paires de pattes et généralement d'une ou de deux paires d'ailes. L'abdomen est le plus souvent segmenté de manière visible et peut se mouvoir sur lui-même, car les divers segments sont reliés entre eux par de fines membranes. On distingue trois groupes principaux d'appareils buccaux. Les larves et les insectes adultes d'une même espèce disposent souvent de pièces buccales différentes (p. ex. pièces broyeuses pour les chenilles et suceuses-lécheuses pour les papillons).

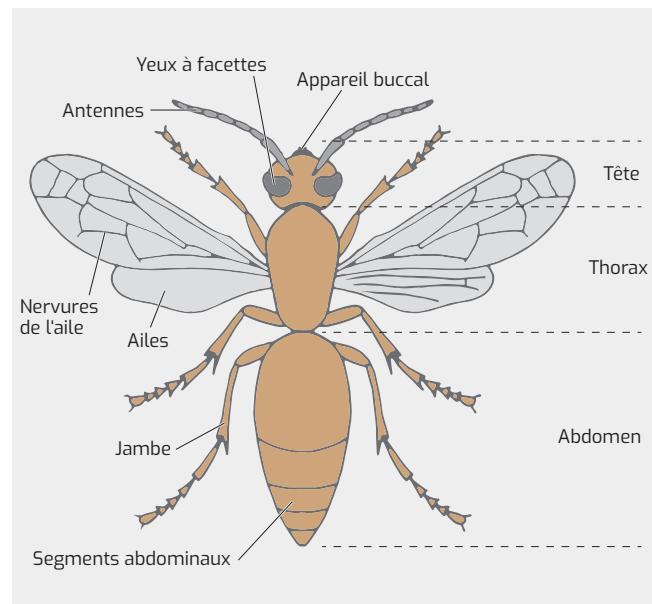


Fig. 43: Anatomie typique d'un insecte.

Tab. 9: Les trois principales catégories de pièces buccales des insectes

Pièce buccale de type broyeur	Pièce buccale de type piqueur-suceur	Pièce buccale de type suceur-lécheur
Les grandes mandibules se déplacent latéralement et broient les tissus végétaux (dégâts par morsure).	Avec leur trompe, les insectes piquent les tissus végétaux et en sucent la sève. Il en résulte des dégâts par succion (p. ex. feuilles enroulées) sur les parties attaquées de la plante. Des virus peuvent être transmis.	Les insectes adultes ne prélèvent avec leur trompe que de la nourriture liquide (p. ex. du nectar). Ils sont incapables de piquer les tissus végétaux avec leur trompe. Ce sont principalement les larves qui provoquent des dégâts par morsure.
Guêpe	Punaise	Papillon
Puceron	Mouche	Abeille

Des champions de « l'odorat »

En matière d'odorat, le mâle de la hachette (un papillon de nuit) fait figure de champion. Grâce à ses antennes, il peut détecter une femelle de son espèce à plus d'un kilomètre de distance. Et c'est précisément sur l'odorat que misent les diffuseurs de phéromones (substances émises par les femelles pour attirer les mâles) pour les papillons dont les larves endommagent les plantes. Lorsque l'air présente une forte concentration de phéromones spécifiques à l'espèce, les mâles ne trouvent plus les femelles et les accouplements n'ont plus lieu (technique de confusion sexuelle).

Développement des insectes

Chez presque tous les insectes, l'œuf constitue le premier stade de développement. Les larves sortent d'œufs de couleurs et de formes très variables. Elles doivent muer à plusieurs reprises, car leur exosquelette rigide ne peut s'agrandir que de manière très limitée. Après la mue, leur nouvelle enveloppe corporelle est molle et vulnérable, si bien que de nombreuses espèces se cachent jusqu'à ce qu'elle ait durci. Le nombre de mues varie très fortement d'une espèce à l'autre : certains insectes muent jusqu'à quarante fois avant d'atteindre la taille adulte et la maturité sexuelle, alors que les chenilles de papillons ne muent généralement que cinq fois. L'étonnante transformation que subissent les insectes en grandissant s'appelle « métamorphose ». Il y a deux types de métamorphose par lesquels les larves d'insectes deviennent des adultes.

Métamorphose incomplète : Les stades juvéniles ressemblent aux insectes adultes, vivent souvent au même endroit et se nourrissent de manière similaire. La ressemblance s'accroît à chaque mue, un changement progressif faisant apparaître l'insecte adulte. L'insecte n'atteint sa maturité sexuelle qu'au stade final et ses ailes sont entièrement développées.

Le nombre de stades de développement des larves (L1 à L5) peut varier selon l'insecte. Les thrips, les pucerons, les punaises ou les sauterelles sont des exemples d'insectes dont la métamorphose est incomplète.

Métamorphose complète : Chez les papillons, les coléoptères, les mouches et quelques autres groupes d'insectes, les larves ne ressemblent pas du tout aux adultes. Les différents stades larvaires ne possèdent pas d'ailes, ni de pièces buccales similaires à celles des adultes. Souvent, les modes de vie et d'alimentation sont totalement différents. Chaque mue donne naissance à des larves plus grandes. Lorsque l'insecte a atteint sa taille adulte et a emmagasiné suffisamment de graisse, il se transforme en nymphe. Une métamorphose complète du corps de la larve va avoir lieu, alors même que tout semble calme vu de l'extérieur. Les organes désormais superflus sont éliminés ; avec les réserves accumulées, ils vont servir à la construction d'un insecte à l'apparence totalement nouvelle. En fonction de l'espèce, le stade de la nymphe peut durer quelques jours ou plusieurs mois. Finalement, un insecte adulte (imago) va s'en extraire. Ce n'est que lorsque l'insecte est adulte qu'il atteint sa maturité sexuelle et qu'il peut avoir des ailes. Chez les insectes qui connaissent une métamorphose complète, les larves sont aussi appelées « chenilles » (papillons, généralement) ou « asticots » (mouches, p. ex.).

Cycle de développement : La durée d'un cycle de développement (génération), de l'œuf à l'imago, varie d'une espèce à l'autre. Il peut s'étendre sur quelques jours, sur plusieurs mois, voire sur plusieurs années. La plupart des insectes passent l'hiver à l'état d'œuf (cheimatobie brumeuse, p. ex.), mais certaines espèces à l'état de larve (carpocapse des pommes et hyponomeute, pyrale du buis, otiorhynque, p. ex.), de nymphe (ver de la grappe, p. ex.) ou d'adulte (coccinelle, chrysope, doryphore, criocère du lis, etc.). Bon nombre d'espèces développent plusieurs générations pendant la saison chaude ou dans les cultures sous abri. Les conditions météorologiques et l'offre en nourriture jouent un rôle primordial à cet égard.

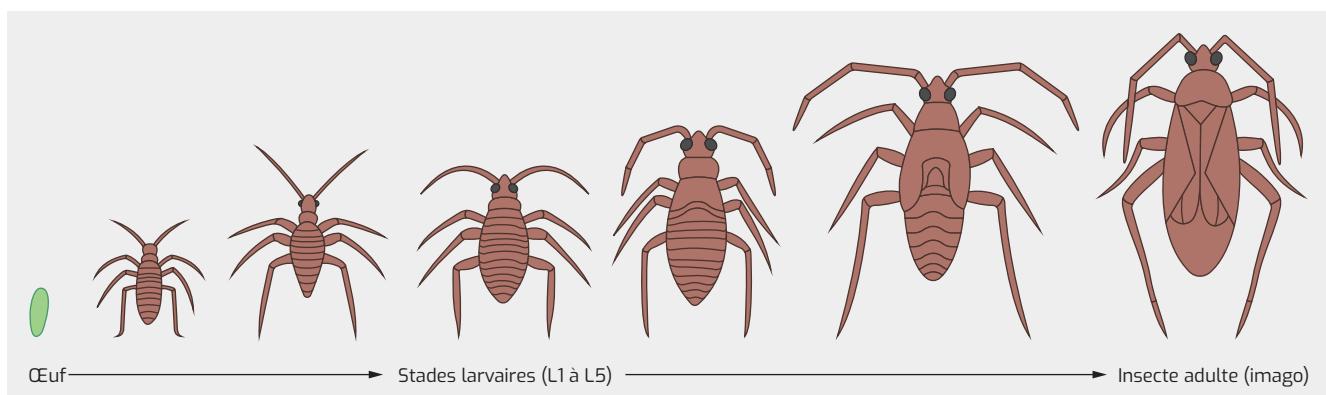


Fig. 44: Métamorphose incomplète d'une punaise

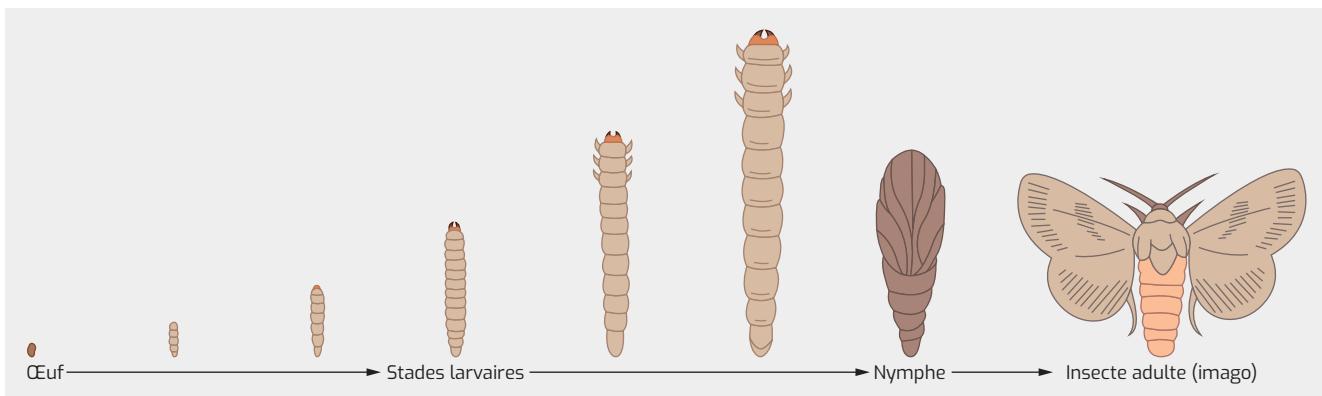


Fig. 45: Métamorphose complète d'un papillon

Exemple de classification d'insectes

Les dégâts et les insectes qui les causent doivent être déterminés correctement afin de pouvoir choisir les mesures permettant de les réguler sans nuire aux auxiliaires. Les tableaux ci-dessous proposent une vue d'ensemble aidant

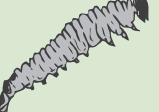
à attribuer les insectes à l'ordre auquel ils appartiennent. Le nombre d'ailes et la forme de celles-ci sont utilisés comme critères de détermination, tout comme le mode d'alimentation. Un certain nombre d'insectes sont ensuite décrits en détail.

Tab. 10: Classification des principaux insectes : métamorphose incomplète

Ordre ► Famille* (ex.)	Adultes	Caractéristiques	Larves	Caractéristiques	Remarques
Orthoptères ► sauterelles ► courtilières		<ul style="list-style-type: none"> taille : 10–70 mm souvent fortes pattes permettant de sauter pièces buccales broyeuses 		semblables aux adultes, ailes non visibles ou pas complètement développées	dégâts par morsure causés par les adultes et les larves
Orthoptères ► pucerons		<ul style="list-style-type: none"> taille : 1–30 mm 4 ailes ou aucune aile pièces buccales piqueuses-suceuses 		semblables aux adultes, ailes non visibles ou pas complètement développées	dégâts par succion causés par les adultes et les larves
Thrips		<ul style="list-style-type: none"> taille: 1–2 mm 4 ailes avec franges pièces buccales piqueuses-suceuses 		blanchâtres à jaunâtres, sans ailes	dégâts par succion causés par les adultes et les larves

* Pour simplifier, les niveaux de classification allant du sous-ordre à la famille ont été représentés sous le terme « famille ». Les auxiliaires sont signalés en vert.

Tab. 11: Classification des principaux insectes : métamorphose complète

Ordre ► Famille* (ex.)	Exemple d'adulte	Caractéristiques	Exemple de larve	Caractéristiques	Remarques concernant les ravageurs
Hyménoptères ► symphytes ► cynips ► ichneumons ► abeilles ► fourmis		► taille: 1–40 mm ► 4 ailes transparentes ► pièces buccales broyeuses		symphyte : semblable à une chenille, au moins 5 paires de pattes abdominales	dégâts par morsure causés par les larves des symphytes et cynips
Coléoptères ► chrysomèles (doryphores) ► curculionidés (anthonome du pommier) ► carabes ► coccinelles ► staphylinidés		► taille: 4–80 mm ► 4 ailes (dont 2 élytres) ► pièces buccales broyeuses		3 paires de pattes thoraciques (vers blancs, vers fils de fer)	dégâts par morsure causés par les adultes et les larves
				pas de pattes (charançons, scolytes)	
Diptères ► mouches des fruits (mouches de la cerise) ► anthomyiidés (mouches du chou, mouches de la betterave) ► tipules (tipules des prairies) ► sciarides ► syrphes		► taille: 3–40 mm ► 2 ailes, 2 haltères ► pièces buccales piqueuses-suceuses ou lécheuses-suceuses		sans tête ni pattes apparentes (asticots)	dégâts par succion et par morsure causés uniquement par les asticots
Lépidoptères ► noctuidés (noctuelles) ► géométridés (phalènes) ► tordeuses (carpocapses des pommes) ► pyrales (pyrales du maïs) ► mineuses		► taille: 4–80 mm ► 4 ailes recouvertes d'écaillles, ► pièces buccales piqueuses-suceuses (trompe)	 Piéride	3 paires de pattes thoraciques, au max. 4 paires de pattes abdominales (chenille)	dégâts par morsure causés uniquement par les chenilles
				Phalène	

* Pour simplifier, les niveaux de classification allant du sous-ordre à la famille ont été représentés sous le terme « famille ». Les auxiliaires sont signalés en vert.

Approfondissement sur certains ravageurs

Pucerons (généralités)

Au cours de l'année, différentes espèces de pucerons font leur apparition notamment sur les cultures. Certaines d'entre elles servent d'alimentation aux auxiliaires ou d'hôtes aux ichneumons (guêpes parasitoïdes), si bien qu'il n'est généralement pas nécessaire de les réguler (puceron vert du pommier, p. ex.). D'autres espèces (puceron des galles rouges du pommier ou puceron du sureau, p. ex.) ne peuvent causer des dégâts qu'en cas de forte infestation. Pour quelques espèces, toutefois, le seuil d'intervention est très bas (puceron cendré du pommier, puceron vert du pêcher, puceron tacheté de la pomme de terre, notamment). Quelques individus suffisent en effet à provoquer de gros dégâts ou à porter atteinte à la qualité visuelle de la production. En règle générale, les pucerons apparaissent surtout au printemps et lors d'une deuxième vague d'infestation en août-septembre (un temps chaud et sec peut toutefois interférer dans le cycle normal). Durant ces phases, ils peuvent se développer de manière exponentielle. Les pucerons font partie des principaux vecteurs de maladies virales chez les plantes. On peut notamment citer la transmission du virus de la mosaïque en horticulture ornementale.

Les caractéristiques distinctives des espèces de pucerons les plus courantes sont généralement peu marquées : on ne peut les voir qu'avec une bonne loupe. Elles concernent en particulier les antennes et les « siphons » (parties arrière) des pucerons.



Fig. 46: Infestation par le puceron vert du pêcher et formation de fumagine sur la feuille d'un jeune rameau d'aubergine

Description :

- ▶ 1 à 4 mm de long.
- ▶ En fonction de l'espèce, vert, brun rougeâtre ou brun noirâtre.
- ▶ Jusqu'à 12 générations dans l'année (voire plus en culture sous abri).

- ▶ La majorité des espèces de pucerons sont spécialisées à une espèce végétale sur laquelle elles vivent, se reproduisent et passent l'hiver. Environ 10 % des espèces de pucerons changent d'hôte en hiver (p. ex. le puceron vert du pêcher).

Cycle de vie :

- ▶ Printemps : les pucerons éclosent, recherchent des plantes hôtes et donnent naissance à leurs petits sans accouplement (reproduction asexuée).
- ▶ Été (voire au printemps pour certaines espèces) : l'augmentation de la densité de population sur les plantes provoque la naissance de pucerons ailés, qui s'envolent vers d'autres plantes et d'autres champs.
- ▶ Automne : des pucerons mâles et des pucerons femelles capables de pondre des œufs voient le jour. Des accouplements ont lieu. Les femelles déposent leurs œufs fécondés sur leur hôte d'été ou d'hiver (ovipare).
- ▶ Hiver : les pucerons passent souvent l'hiver au stade d'œuf sur des hôtes d'été ou d'hiver. Sous serre, la reproduction se poursuit souvent de manière ininterrompue, sans œufs d'hiver.



Fig. 47: Naissance vivante du puceron vert du pêcher

Écologie :

- ▶ Des conditions sèches et chaudes favorisent l'apparition des pucerons (prolifération possible en été).
- ▶ Les engrains azotés favorisent leur multiplication, car la sève des plantes hôtes contient alors de grandes quantités d'acides aminés.

Symptômes :

- ▶ Infestation par les pucerons.
- ▶ Dégâts causés par le prélèvement de sève sur les feuilles, les fleurs et les fruits.
- ▶ Feuilles atrophiées, enroulées ou frisées.
- ▶ Feuilles et fruits souillés (excrétions de miellat sur lesquels se forme la fumagine).



© Cornelia Sauer, Agroscope

Fig. 48: Aspect des dégâts causés par le puceron

Lutte :

- ▶ À titre préventif :
 - ▷ Favoriser un développement précoce et rapide des plantes.
 - ▷ Préserver et favoriser les auxiliaires.
 - ▷ Mettre en place et entretenir des surfaces de promotion de la biodiversité.
 - ▷ Équilibrer l'épandage d'engrais azotés.
 - ▷ Privilégier des variétés résistantes aux virus.
- ▶ Lutte biologique :
 - ▷ Cultures maraîchères sous serre :
 - ▶ Auxiliaires (p. ex. préparation de spores du champignon *Verticillium lecanii*, larves de coccinelles du genre *Adalia*, ichneumons, réduves, acariens prédateurs, champignons parasites des insectes).
 - ▶ Parfois en combinaison avec des insecticides ménageant les auxiliaires.
 - ▶ Élevage ouvert d'auxiliaires.
- ▶ Lutte biotechnique :
 - ▷ En culture maraîchère, recouvrir les cultures précoces de non-tissés.
- ▶ Lutte chimique :
 - ▷ Des PPh biologiques et de synthèse sont disponibles.
 - ▷ Grandes cultures : généralement nécessaire uniquement en cas de forte infestation. Tenir compte du seuil d'intervention.
 - ▷ Cultures maraîchères : dès le début de l'infestation par les pucerons sans ailes.
 - ▷ Arboriculture et culture de baies : pulvérisations d'hiver ou de débourrement pour détruire les œufs d'hiver.

💡 Les surfaces de promotion de la biodiversité (SPB) favorisent un déploiement précoce des auxiliaires.

À côté des espèces de pucerons nuisibles, il en existe de nombreuses autres qui ne causent aucun dégât aux cultures et vivent essentiellement sur des plantes sauvages (ourlets, jachères, etc.). Elles favorisent le développement rapide d'une population d'auxiliaires tels que les coccinelles, les chrysopes et les ichneumons. Cet aspect est particulièrement important, car les auxiliaires ont généralement un temps de retard sur l'évolution des ravageurs.

Mouche blanche (aleurode)

Les mouches blanches (aleurodes) font partie des ravageurs les plus fréquents dans les serres (poinsettias, lantanas, fuchsias, tomates). En plein champ, elles peuvent provoquer des dégâts considérables dans les cultures de brassicacées. Elles transmettent en outre des viroses (p. ex. virus de la jaunisse des cucurbitacées sur les concombres). Une prolifération massive est possible durant les mois chauds de l'été. Des températures douces en hiver permettent au ravageur de rester actif sur les résidus de récolte et dans les cultures.

Description :

- ▶ Environ 2 mm, petites ailes blanches en forme de toit.
- ▶ Les adultes se trouvent sur la face inférieure des feuilles, où ils pondent également leurs œufs.
- ▶ Mobiles uniquement au stade larvaire L1 et au stade adulte ; le reste du temps, les insectes lenticulaires restent immobiles sous un bouclier plat ou bombé.
- ▶ Les œufs sont typiquement déposés en cercle dans une couche poudreuse.
- ▶ On rencontre souvent simultanément différents stades de développement.



© René Total, Agroscope

Fig. 49: Mouches blanches en train de pondre sur la face inférieure d'une feuille de chou de Bruxelles



Fig. 50: Œufs pondus en cercle

Symptômes :

- ▶ Les larves et les adultes sucent la sève de la plante sur la face inférieure des feuilles.
- ▶ Excrétions de miellat : les feuilles et les fruits sont souillés, la fumagine est favorisée.
- ▶ En cas de forte infestation, les feuilles jaunissent et les plantes flétrissent.



Fig. 51: Différents stades larvaires de la mouche blanche

Lutte :

- ▶ À titre préventif :
 - ▷ Cultures maraîchères sous serre :
 - ▶ Optimisation du climat de la serre.
 - ▶ Éviter les transferts de la serre infectée vers la serre non infectée.
 - ▷ Cultures maraîchères de plein champ :
 - ▶ Enfouissement des résidus de récolte dans le sol.
 - ▶ Pas de nouvelles plantations de végétaux hôtes à côté de surfaces déjà infestées !
- ▶ Lutte biologique (culture de plantes ornementales sous serre) :
 - ▷ Dissémination d'auxiliaires : guêpes parasitoïdes des genres *Encarsia* et *Eretmocerus*, punaises prédatrices du genre *Macrolophus*, mycélium de champignons pathogènes.

▶ Lutte biotechnique :

- ▷ Protéger les plus petites surfaces contre l'infestation en les couvrant d'un filet ; ne fonctionne que si aucune autre culture de choux ne se trouve à proximité immédiate (sans quoi de nouveaux insectes volent vers la culture lorsque le filet est ouvert).

▶ Lutte chimique :

- ▷ Des PPh biologiques et de synthèse sont disponibles.
- ▷ Pulvériser de l'insecticide contre la mouche blanche sur la face inférieure des feuilles à des intervalles courts (8 à 10 jours).

✿ Encarsia formosa contre la mouche blanche

La guêpe parasitoïde *Encarsia formosa* (qui mesure 0,5mm) est utilisée depuis des années pour combattre la mouche blanche dans les cultures maraîchères sous serre. Elle pond ses œufs dans les larves de la mouche blanche, ce qui provoque la mort de celles-ci. Après quelques semaines, les adultes de la guêpe éclosent, s'accouplent et parasitent de nouvelles larves. En cas d'utilisation correcte, le recours à cet auxiliaire est aussi efficace que l'emploi de PPh de synthèse.

Cochenilles (généralités)

La plupart des cochenilles pondent entre 300 et 2000 œufs, selon l'espèce. Chez certaines espèces, le mâle possède des ailes. Ces ravageurs se distinguent selon le type de bouclier qu'ils portent. Il existe deux familles principales de cochenilles : les diaspididés, qui comprennent cinq espèces importantes, et les coccidés, qui comprennent trois autres espèces. Chez les diaspididés, le corps de l'insecte n'est pas relié au bouclier. Les cinq espèces se rencontrent surtout sur les plantes ornementales d'intérieur ou sur les plantes placées en hivernage. Elles sont souvent introduites directement avec des plantes importées (citrus, lauriers-roses, fougères, palmiers, dracénas, etc.). En règle générale, elles ne produisent pas de miellat. La cochenille virgule du pommier (*Lepidosaphes ulmi*) est un diaspididé redoutable, qui s'est établi dans les jardins et ailleurs en plein air. Elle survit facilement à l'hiver sous nos latitudes et apparaît en grand nombre sur différents arbustes, de même que sur les arbres fruitiers. Chez les trois espèces de coccidés, le bouclier est relié au corps. Ces espèces sécrètent généralement beaucoup de miellat (fumagine).

Description :

- ▶ Corps de 0,8 à 6 mm de long.
- ▶ Pièces buccales piqueuses-suceuses.
- ▶ Les adultes sont bruns à blancs selon l'espèce ; les femelles présentent souvent des sécrétions cireuses.
- ▶ Tous les stades de développement de l'insecte se tiennent sur la plante. Seuls les jeunes et les spécimens mâles sont mobiles. Les adultes adaptent leur couleur à leur environnement pour passer inaperçus.

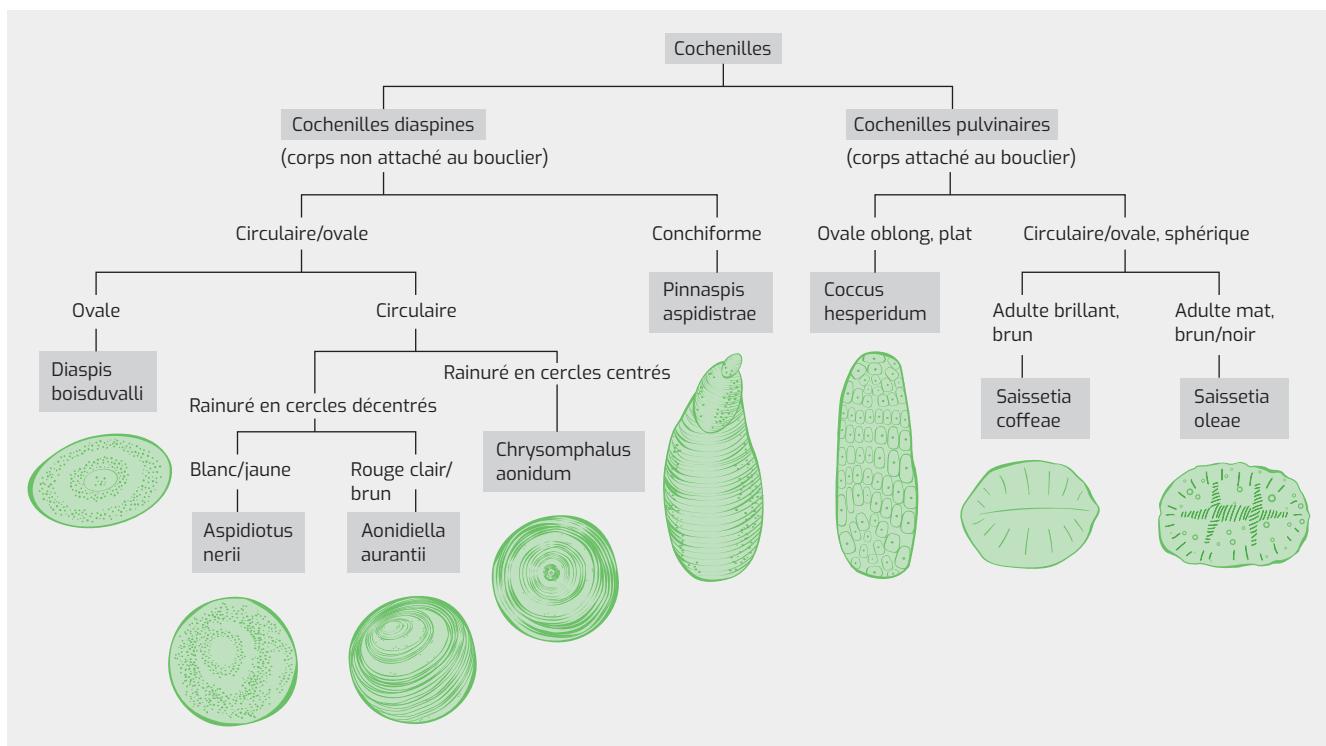


Fig. 52: Tableau de détermination des diverses cochenilles

Cycle de vie :

- ▶ Printemps : les cochenilles adultes sucent certaines parties de végétaux et pondent des œufs sous leur bouclier. Les femelles adultes ne sont plus capables de se mouvoir à partir du deuxième stade larvaire.
- ▶ Les mâles restent toujours mobiles, mais ils ne vivent que quelques jours.
- ▶ Juillet : les jeunes éclosent sous le bouclier et se déplacent ensuite sur les feuilles et les jeunes pousses. Durant l'été, l'absorption de sève entraîne la formation de miellat.
- ▶ Il peut y avoir plusieurs générations par an, en fonction de l'espèce et des conditions météorologiques.

Écologie :

- ▶ La durée de développement est influencée par la température et l'humidité de l'air.
- ▶ La chaleur et la sécheresse entraînent de fortes infestations et augmentent les dégâts.

Symptômes :

- ▶ Sur les feuilles, on trouve de petites cochenilles brunes ou blanches.
- ▶ Dégâts aux feuilles provoqués par succion.
- ▶ Miellat et formation de fumagine.



Fig. 53: Cochenille à bouclier sur if

© Renovita Wilen GmbH, Patrice Arnet



Fig. 54: Cochenille farineuse sur cerisier

© Renovita Wilen GmbH, Patrice Arnet

Lutte :

- ▶ À titre préventif :
 - ▷ Contrôler le matériel végétal.
 - ▷ Éviter que les plantes manquent de lumière en hiver.
 - ▷ Éviter l'air chaud et sec.
- ▶ Lutte biologique (culture de plantes ornementales sous serre) :
 - ▷ Recourir suffisamment tôt à des auxiliaires tels que les ichneumons (*Metaphycus helvolus*).
- ▶ Lutte biotechnique :
 - ▷ Prélever les cochenilles lorsque l'infestation en est encore à ses débuts.
 - ▷ Enlever de manière mécanique et/ou tailler généreusement, ce qui s'avère aussi important pour la réussite des traitements chimiques.
- ▶ Lutte chimique :
 - ▷ Le traitement est optimal le matin, par temps chaud.
 - ▷ Des PPh autorisés peuvent être utilisés, en veillant à ce qu'ils préservent les auxiliaires.
 - ▷ Comme la plupart des PPh sont des produits de contact, il faut les appliquer plusieurs fois.

Cochenilles laineuses (généralités)

Au stade juvénile, les cochenilles laineuses (ou farineuses) sont très mobiles. Elles ne perdent leur mobilité qu'une fois qu'elles ont trouvé un emplacement fixe (à partir du deuxième stade larvaire). Les cochenilles laineuses doivent leur nom au fait qu'elles produisent des filaments de laine ou de cire blanche pour se protéger une fois qu'elles cessent de se déplacer. Dans le nord des Alpes, on ne trouve que rarement en plein air des cochenilles qui développent des filaments de cire. Toutes les espèces de cochenilles laineuses produisent beaucoup de miellat (fumagine). Si la température est suffisante (env. 20 à 25 °C), elles peuvent produire 300 à 400 descendants durant leurs quelques semaines de vie.

Description :

- ▶ Corps de 1 à 12 mm de long.
- ▶ Pièces buccales suceuses.
- ▶ Les adultes sont brun clair à blancs selon l'espèce ; les femelles sont enveloppées dans des filaments de cire.
- ▶ Tous les stades de développement de l'insecte se tiennent sur la plante. Seuls les jeunes et les spécimens mâles sont mobiles.

Cycle de vie :

- ▶ Printemps : les cochenilles laineuses adultes sucent certaines parties de végétaux et y déposent leurs œufs. Les femelles adultes ne sont plus capables de se mouvoir.
- ▶ Les mâles restent mobiles, mais sont difficiles à observer. Ils éclosent sous la forme d'adultes ailés.

- ▶ Les femelles vivent 5 à 10 jours et pondent jusqu'à 500 œufs durant cette période.
- ▶ La durée du cycle de vie qui mène de l'œuf au spécimen adulte dépend de la température : elle se monte à 90 jours à 18 degrés, mais à 30 jours à 30 degrés.

Écologie :

- ▶ La durée de développement est influencée par la température et l'humidité de l'air.
- ▶ La chaleur et la sécheresse entraînent de fortes infestations et augmentent les dégâts.



© Renovita Wilen GmbH, Patrice Arnet

Fig. 55: Cochenille laineuse, sur BougainvilleaSymptômes :

- ▶ De petites cochenilles laineuses blanches sont visibles sur les feuilles.
- ▶ Couche duveteuse blanche.
- ▶ Miellat et formation de fumagine.

Lutte :

- ▶ À titre préventif :
 - ▷ Contrôler le matériel végétal.
 - ▷ Éviter que les plantes manquent de lumière en hiver.
 - ▷ Éviter l'air chaud et sec.
- ▶ Lutte biologique (culture de plantes ornementales sous serre) :
 - ▷ Recourir suffisamment tôt à des auxiliaires tels que les ichneumons, les larves de chrysopes et les coccinelles.
- ▶ Lutte biotechnique :
 - ▷ Prélever les cochenilles lorsque l'infestation en est encore à ses débuts.
- ▶ Lutte chimique :
 - ▷ Le traitement est optimal le matin, par temps chaud.
 - ▷ Des PPh autorisés peuvent être utilisés, en veillant à ce qu'ils préservent les auxiliaires.
 - ▷ Comme la plupart des PPh sont des produits de contact, il faut les appliquer plusieurs fois.

Thrips (généralités)

Pourvus d'un corps de 1 à 2mm de long, les thrips (thysanoptères) font partie des plus petits insectes nuisibles pour les plantes. Ils sont à peine visibles à l'œil nu, si bien que ce sont surtout les dégâts qu'ils causent qui trahissent leur présence. Certaines espèces se nourrissent d'autres thrips (thrips prédateurs), d'autres de champignons, d'autres encore de diverses sèves. C'est surtout dans les cultures de plantes ornementales que les thrips se manifestent comme ravageurs. Dans les jardins, ils jouent un rôle secondaire et servent de nourriture aux auxiliaires. Distinguer les espèces de thrips est extrêmement difficile : on n'y parvient généralement qu'avec un grossissement de 50 à 100 fois. Certaines espèces peuvent transmettre des virus.

Description :

- ▶ Corps de 1 à 2 mm de long.
- ▶ Appareil buccal de type piqueur-suceur.
- ▶ Les adultes sont brunâtres à noirs, les larves blanchâtres à jaunâtres.
- ▶ Tous les stades se tiennent principalement sur la face inférieure des feuilles ou dans les petites fentes (fleurs, aisselles des feuilles, parfois aussi sur le sol ou dans celui-ci).



Fig. 56: Thrips : adulte



Fig. 57: Thrips : larve

Cycle de vie :

- ▶ Printemps : dès que le temps est chaud et sec, les thrips adultes apparaissent et causent de premiers dégâts par succion sur les extrémités des pousses des jeunes plantes.
- ▶ Juin : selon les espèces, les œufs sont déposés sur les tissus végétaux ou à l'intérieur de ceux-ci. Les larves éclosent au bout de huit jours. Jusqu'à quatre générations sont possibles en plein air, contre douze sous serre.
- ▶ Août : repli vers les quartiers d'hiver. Selon l'espèce, hivernage dans le sol ou sur la plante hôte.

Écologie :

- ▶ La durée de développement est influencée par la température et l'humidité de l'air.
- ▶ La chaleur et la sécheresse entraînent de fortes infestations et augmentent les dégâts.
- ▶ La période estivale est critique, parce que les thrips arrivent en grand nombre par les airs depuis les cultures voisines (roses).

Symptômes :

- ▶ De petits traits, taches et points blanc argenté sont visibles sur les feuilles.
- ▶ Des dégâts par succion apparaissent sur les faces inférieures et supérieures des feuilles, ainsi que sur les fleurs.
- ▶ Des blocages de la croissance, des déformations et des galles sont possibles.



Fig. 58: Dégâts de thrips sur poireaux

Lutte :

- ▶ À titre préventif :
 - ▷ Variétés tolérantes ou moins sensibles.
 - ▷ Distance suffisante par rapport aux cultures infestées (au moins 500 m).

- ▶ Lutte biologique :
 - ▷ Culture de plantes ornementales sous serre :
 - ▶ Recours précoce à des auxiliaires tels que les acariens prédateurs (*Amblyseius cucumeris*, *Hypoaspis miles*) ou les punaises prédatrices (*Orius*).
 - ▶ Bref arrosage de la culture une à cinq fois par jour en fonction de la durée du jour et de la température. Entre chaque arrosage, la culture doit sécher complètement afin de prévenir les attaques fongiques.
 - ▷ Culture de plantes ornementales sous serre et cultures de plein champ :
 - ▶ Arrosage des cultures (env. 15 minutes à midi), mais ni le matin ni le soir pour éviter le risque de mildiou.
- ▶ Lutte biotechnique :
 - ▷ Maintenir le sol et la culture humides au début de l'infestation (p. ex. avec des sous-semis de fenugrec ou de ray-grass), parce que les thrips n'aiment pas l'humidité.

- ▷ L'emploi de filets de protection à surface brillante empêche la ponte.
- ▷ Pièges collants.

- ▶ Lutte chimique :
 - ▷ Les conditions chaudes et lumineuses sont optimales pour le traitement, car les thrips sont alors très actifs.
 - ▷ Des PPh autorisés peuvent être utilisés, en veillant à ce qu'ils préservent les auxiliaires.

Coléoptères (généralités)

Les coléoptères constituent le plus grand ordre d'insectes de tout le règne animal. Un bon tiers des quelque 360 000 espèces connues dans le monde se nourrissent d'éléments végétaux au stade adulte de même qu'au stade larvaire. Tant les adultes que les larves endommagent les plantes à l'aide de leur appareil buccal de type broyeur. En blessant les tissus végétaux, ils ouvrent aussi la voie à d'autres maladies.

Tab. 12: Caractéristiques des principaux coléoptères importants pour l'horticulture et de leurs larves

Espèce	Coléoptère adulte	Larve / ver blanc
Hanneton commun (<i>Melolontha melolontha</i>)	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Taille : 20 à 30 mm ▶ Caractéristiques : Taches blanches triangulaires sur les côtés, élytres bruns. ▶ Période de vol : Crénusculaire, d'avril à juin. ▶ Dégâts : Dévore les feuilles des arbres feuillus, rarement des pommiers. ▶ Mesures de lutte : Lors d'invasions massives (années de vol bernoises, grisonnes, uranaises), on organisait autrefois la collecte des hannetons. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Taille : 25 à 35 mm ▶ Caractéristique : Se déplace en crabe. ▶ Cycle : 3 à 4 ans. ▶ Dégâts : Importants, morsures sur racines, tubercules et rhizomes (plantes cultivées, gazons et prairies); devenu rare sur le Plateau suisse, présent encore dans les vallées alpines. ▶ Mesures de lutte : Un travail régulier du sol empêche l'infestation massive. Expériences réussies avec l'enfouissement, sous les prairies infestées de vers blancs, de semences d'orge auxquelles on a inoculé le champignon Beauveria.
Hanneton de la St-Jean (<i>Amphimallon solstitiale</i>)	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Taille : 14 à 18 mm ▶ Caractéristiques : Ressemble au hanneton commun; protonotum brun clair, densément velu de même que les élytres. ▶ Période de vol : Soirées chaudes en juin et juillet. ▶ Dégâts : Dévore les feuilles des arbres. ▶ Mesures de lutte : Dès juin, éviter de tondre les gazons trop ras. En cas d'invasion massive, étendre le soir des filets à petites mailles (filets de protection des cultures Filbio) sur les surfaces menacées (afin d'empêcher les pontes). 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Taille : 20 à 30 mm ▶ Caractéristique : Se déplace sur ses six pattes. ▶ Cycle : 2 à 3 ans. ▶ Dégâts : Dévore les racines des gazons et des plantes de prairies, avec une préférence pour les surfaces gazonnées courtes; sur le Plateau suisse. ▶ Mesures de lutte : Passer le vorticulateur au printemps sur les surfaces gazonnées. Favoriser les hêrissons dans les jardins familiaux (en période de végétation, ils dévorent de grandes quantités de vers blancs). On obtient une bonne protection du gazon avec les champignons <i>Metarhizium</i>, qui tuent les vers blancs.

Tab. 12: Caractéristiques des principaux coléoptères Importants pour l'horticulture et de leurs larves (suite)

Espèce	Coléoptère adulte	Larve / ver blanc
Cétoine dorée (<i>Cetonia aurata</i>)	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Taille : 15 à 20 mm ▶ Caractéristiques : Vert métallique à reflets vert doré métallisé. ▶ Période de vol : Crémone, début mai à août. ▶ Dégâts : Se nourrit de fleurs blanches comme celles des sureaux, rosiers et lilas (dégâts en général insignifiants). ▶ Mesures de lutte : Voir hennetons. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Taille : 25 à 35 mm ▶ Caractéristiques: Se déplace sur le dos. ▶ Cycle : 2 à 3 ans. ▶ Dégâts : Négligeables en général (se développe habituellement dans les composts ou la terre comportant des déchets non décomposés) (utile). ▶ Mesures de lutte : Devrait plutôt être protégé, car dégrade les déchets putrescibles, dans la terre et les composts, en bonne terre ou terreau.
Henneton horticole ou des jardins (<i>Phyllopertha horticola</i>)	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Taille : 8 à 11 mm ▶ Caractéristiques : Elytres bruns, protonotum vert à reflets métalliques. ▶ Période de vol : Vol massif les matins ensoleillés. ▶ Dégâts : Se nourrit du feuillage de vivaces et d'arbustes bas, et d'herbes indigènes sur les prairies alpines. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Taille : 15 mm ▶ Caractéristiques : Se déplace sur ses six pattes, «Smiley» sur l'abdomen. ▶ Cycle : 1 an. ▶ Dégâts : Se nourrit des racines des gazon et plantes de prairies dans les Préalpes, de 1000 à 1500 mètres d'altitude (terrains de golf). ▶ Mesures de lutte : Nématodes, champignons Beauveria, champignons Metarhizium
Otiorrhynque de la vigne (<i>Otiorhynchus sulcatus</i> et autres espèces)	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Taille : Environ 10 mm ▶ Caractéristiques : Couleur sombre, de moeurs plutôt nocturnes. ▶ Période de vol : Incapable de voler. ▶ Dégâts : Marques de morsures concaves typiques sur les feuilles dures. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Taille : 12 mm ▶ Caractéristiques : Mode de déplacement sans importance, dépourvu de pattes. ▶ Cycle : 1 an ▶ Dégâts : Se nourrit des racines de plantes ornementales, mais ne se trouve pas sous les gazon. ▶ Mesures de lutte : Nématodes, champignons Beauveria, champignons Metarhizium
Taupin des moissons (ver fil de fer) (<i>Agriotes lineatus/obscurus</i>)	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Taille : 7 à 10 mm ▶ Caractéristiques : Se catapulte dans l'air par projection de la tête vers l'arrière, ce qui provoque un bruit de cliquet. ▶ Période de vol : - ▶ Dégâts : Se nourrit de fleurs et de feuilles. Dégâts sans importance. ▶ Mesures de lutte : Déconseillées, car il est aussi prédateur d'oeufs de limaces, de petits insectes et de larves. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Taille : 25 mm ▶ Caractéristiques : Jaune, cylindrique, tête sombre, petites pattes. ▶ Cycle : 4 à 5 ans. ▶ Dégâts : Ronge les racines et peut entraîner la mort de la plante ; les fraisiers et les plants de houblon sont particulièrement touchés, surtout lorsqu'ils sont plantés dans d'anciennes prairies fraîchement retournées. ▶ Mesures de lutte : Les sols calcaires sont répulsifs pour les vers fil de fer (larves des taupins).

Taupins (vers fils de fer)

On connaît quelque 150 espèces de taupins en Europe centrale. Seules quelques espèces sont responsables des dommages causés aux cultures agricoles en Suisse, par exemple le taupin des moissons, le taupin obscur ou le taupin des salades. Plusieurs espèces peuvent être présentes sur un même site. Bien qu'elles causent toutes des dégâts similaires aux cultures, leur biologie peut varier sensiblement.

Les dommages sont principalement causés par les larves des taupins (vers fils de fer). Au jardin, ce sont surtout les cultures de maïs, de laitues et de pommes de terre qui sont affectées.



Fig. 59: Taupin des moissons (ver fil de fer) : Adulte



Fig. 60: Taupin des moissons (ver fil de fer) : Larve

Description :

- ▶ Insecte adulte : 0,7 à 1,0 cm de long, corps allongé avec carapace aplatie, élytres rayés bruns ou noirs.
- ▶ Larve : jaune-orange, jusqu'à 3 cm de long.

Cycle de vie :

- ▶ En mai-juin, le taupin pond jusqu'à 200 œufs à environ 6 cm de profondeur (de préférence dans la végétation existante ou dans des céréales).

- ▶ Les larves éclosent au bout de quelques semaines. Les petites larves se nourrissent d'abord de substances humiques, puis de résidus végétaux souterrains et de racines de plantes.
- ▶ Jusqu'à la nymphose, elles passent par 9 à 15 stades larvaires. Plus elles avancent en âge, plus elles nuisent aux cultures. Les taupins ont besoin de trois à cinq ans pour passer de l'œuf à l'âge adulte.
- ▶ Les larves comme les adultes passent l'hiver dans le sol, à une profondeur allant de 25 à 50 cm.

Écologie :

- ▶ Le tapin préfère les sols humides, riches en humus (plus de 5 %) et plutôt acides avec une végétation haute (prairies et céréales d'automne).
- ▶ Principales phases d'activité au printemps et à la fin de l'été par temps chaud et humide.
- ▶ Lorsque les conditions sont défavorables, le coléoptère se replie dans des couches plus profondes du sol (peut rester jusqu'à un an sans se nourrir).

Symptômes :

- ▶ En fonction de la culture, galeries (de 2 à 3 mm de diamètre) rongées dans les racines ou le collet, qui causent le flétrissement et le dépérissement des plantes.
- ▶ Galeries rongées dans les tubercules de pommes de terre, qui rendent le produit invendable.
- ▶ Risque de confusion avec les dégâts causés par les limaces ou le rhizoctone brun (voir Tab. 17)

Lutte :

- ▶ À titre préventif :
 - ▷ Contrôler l'infestation des jeunes plants.
 - ▷ Favoriser la croissance des jeunes pousses (lit de semence optimal et fertilisation) ou si possible planter au lieu de semer.
 - ▷ Cultiver des variétés précoces et récolter à temps (avant que les vers fils de fer ne redeviennent actifs après la pause estivale), récolter les pommes de terre dès que leur peau est ferme.
 - ▷ Tolérer un enherbement résiduel, ce qui détourne l'attention des ravageurs.
- ▶ Lutte biologique :
 - ▷ *Metarhizium brunneum* (champignon pathogène du sol).
- ▶ Lutte biotechnique :
 - ▷ Travail du sol lorsque les vers fils de fer sont à la surface (mars-avril et juillet-août).
 - ▷ Un déchaumage superficiel (5 à 10 cm) par temps chaud en juillet-août tue les œufs frais et les jeunes larves.
- ▶ Lutte chimique : Pas de mesure.

Tab. 13: Risques de confusion concernant les dégâts causés par le taupin des moissons dans les pommes de terre

Ver fil de fer	Rhizoctone brun	Limace
 © Regina Biedermann, HAFU	 © pflanzenkrankheitensch	 © Regina Biedermann, HAFU
Trous ronds, généralement bien délimités, d'un diamètre de 2 à 3 mm, qui peuvent s'enfoncer profondément dans le tubercule.	Trous de 1 à 4 mm de diamètre, avec un bord effiloché. La cavité remplie de tissus secs est recouverte par une pellicule rigide. La plupart du temps, des amas noirs de rhizoctones apparaissent.	Trous de 2 à 8 mm de diamètre, souvent nettement plus larges à l'intérieur du tubercule. Les dégâts peuvent apparaître dès le mois de juin.

Otiorhynque

Lotiorhynque est un genre de charançon. C'est certainement l'un des coléoptères que l'on rencontre le plus fréquemment en horticulture et dans la production de plantes ornementales. La liste des plantes qui peuvent l'accueillir est très longue, mais les spécimens adultes préfèrent les ifs, les rhododendrons et les lauriers-cerises. Les larves privilégièrent plutôt les plantes vivaces et se rencontrent souvent dans les heuchères.

Description :

- ▶ Le corps mesure entre 3 et 12 mm.
- ▶ Les pièces buccales sont de type broyeur.
- ▶ Les adultes sont bruns à gris, selon l'espèce.
- ▶ La journée, les adultes se cachent sous des feuilles ou des planches ; ils sont surtout actifs la nuit. Ils grignotent le bord des feuilles.
- ▶ Au stade de larves, les jeunes se nourrissent de racines.



Fig. 61: Otiorhynque, adulte

Cycle de vie :

- ▶ Les otiorhynques adultes se nourrissent des parties aériennes des plantes entre avril et octobre.
- ▶ Les œufs sont généralement pondus en août à l'endroit où les larves écloront et passeront l'hiver. Les larves dévorent les racines.
- ▶ La femelle pond jusqu'à 1000 œufs.

Écologie :

- ▶ La température influence la durée de développement.

Symptômes :

- ▶ Les feuilles sont rongées en dentelles.
- ▶ Les racines des plantes vivaces sont attaquées.
- ▶ Des larves (vers blancs) sont présentes dans les sols légers.

Lutte :

- ▶ À titre préventif :
 - ▷ Contrôler le matériel végétal.
 - ▷ Éviter le substrat léger.
- ▶ Lutte biologique (Culture de plantes ornementales sous serre et paysagisme) :
 - ▷ Nématodes
- ▶ Lutte biotechnique :
 - ▷ Prélever les coléoptères et leurs larves lorsque l'infestation est encore à ses débuts.
- ▶ Lutte chimique :
 - ▷ Le traitement est optimal le soir, par temps chaud.
 - ▷ Des PPh autorisés peuvent être utilisés, en veillant à ce qu'ils préservent les auxiliaires.

Diptères (généralités)

Les moustiques et les mouches appartiennent à l'ordre des diptères. Ils ne possèdent qu'une seule véritable paire d'ailes : leurs ailes postérieures sont réduites à l'état d'halteres (balanciers). Quelque 30% des espèces dans le monde sont considérées comme nuisibles pour les plantes. Les diptères pondent leurs œufs à proximité des plantes hôtes dans le sol, sur les tissus végétaux ou encore à l'intérieur de ceux-ci. Les larves (asticots) sont dépourvues de pattes. Pour l'essentiel, les dégâts subis par les plantes ne sont causés que par les larves. Celles-ci vivent sur les légumes, les fruits et les plantes ornementales. Comme les lépidoptères, les diptères adultes visitent les fleurs à la recherche de nourriture.

Certains d'entre eux peuvent également causer des dommages aux racines. Les asticots des diptères suivants nuisent notamment aux végétaux :

- ▶ sur les plantes ornementales : sciarides, mouches mineuses ;
- ▶ sur le gazon : tipules.

Drosophile du cerisier ou *Drosophila suzukii* (Ds)

Drosophila suzukii, originaire d'Asie du Sud-Est, a atteint la Suisse en 2011. Plus de 100 végétaux lui servent d'hôtes, mais l'espèce privilégie les cerises et les petits fruits. Elle compte parmi les principaux organismes nuisibles exotiques sur les fruits à chair tendre (baies, cerises, pruneaux, abricots, raisins).

Description :

- ▶ Insecte adulte : long de 2 à 4 mm, brun clair avec des yeux rouges, semblable à la drosophile indigène (on peut distinguer les mâles à la pointe foncée de leurs ailes).
- ▶ Larve : blanche (souvent plusieurs par fruit).
- ▶ 300 à 400 œufs par femelle.

Cycle de vie :

- ▶ La ponte a lieu après le changement de couleur des fruits, juste avant qu'ils ne soient mûrs (ce qui pose problème pour l'application de PPh).
- ▶ Les larves se nourrissent de fruits et y font leur nymphose.
- ▶ Les mouches adultes se nourrissent de miellat, de bactéries et de levures.
- ▶ Dans des conditions favorables (20 à 25 °C), on compte entre huit et quatorze jours de développement pour passer de l'œuf à la mouche adulte.
- ▶ Plusieurs générations par année.
- ▶ Les femelles fécondées passent l'hiver dans des haies et des lisières de forêts.
- ▶ Les premières très fortes reproductions coïncident avec la récolte des cerises en juin.



© pflanzenkrankheiten.ch

Fig. 62: Drosophile du cerisier (Ds): adulte (mâle)



© pflanzenkrankheiten.ch

Fig. 63: Drosophile du cerisier (Ds): larve dans la cerise (environ 5 mm de long)

Écologie :

- ▶ Préférence pour les fruits foncés, mous et à peau fine.
- ▶ Les hivers rudes affectent les populations.
- ▶ Si le mois de juin est chaud et sec, aucune grande population ne peut se constituer.

Symptômes :

- ▶ Dégâts causés exclusivement par les asticots qui mangent la pulpe des fruits.
- ▶ Les fruits ramollissent, leur peau s'affaisse ; ils ne peuvent plus être mangés en raison de leur goût de vinaigre et pourrissent.
- ▶ La Ds peut détruire jusqu'à 99 % de la récolte de cerises.



© pflanzenkrankheiten.ch

Fig. 64: Drosophile du cerisier (Ds): symptôme de dégâts sur cerisier

Lutte :

- ▶ À titre préventif :
 - ▷ Soins culturaux : maintenir l'enherbement bas, broyer la végétation des voies de roulement, réduire autant que possible les sources d'humidité (flaques) pour ne pas offrir de possibilités de repli les journées très chaudes.
 - ▷ Retirer les fruits trop mûrs ou abîmés de la parcellle.
 - ▷ Effectuer plusieurs passages de récolte (tous les jours ou tous les deux jours en août-septembre).
 - ▷ Éliminer les fruits infestés.
- ▶ Lutte biologique :
 - ▷ Kaolin (p. ex. les fruits à distiller).
- ▶ Lutte biotechnique :
 - ▷ Mise sous filet des cultures (maillage max. : 1,4 x 1,4 mm).
- ▶ Lutte chimique :
 - ▷ Des PPh biologiques et de synthèse sont disponibles. Comme ces produits n'agissent que sur les drosophiles adultes, leur efficacité est plus grande si'ils sont appliqués le matin ou le soir avec un volume d'eau plus important, lorsque les insectes sont actifs. Durée d'action très courte. Respecter le délai d'attente !

Lépidoptères (généralités)

On estime qu'il existe 180 000 espèces de lépidoptères (papillons) dans le monde. Environ 3700 espèces vivent en Suisse, mais seule une petite partie d'entre elles sont considérées comme des ravageurs importants pour les cultures. Les lépidoptères ne sont nuisibles qu'à l'état de larves (chenilles), car ce n'est qu'alors qu'ils se nourrissent de plantes cultivées. La plupart des papillons ne vivent que brièvement (tout au plus six semaines) à l'état adulte. Certains vivent alors de leurs réserves de graisse accumulées au stade larvaire, d'autres se nourrissent de nectar qu'ils aspirent avec leur longue trompe suceuse.

Pour simplifier, les genres et les espèces de lépidoptères sont répartis en groupes principaux (dénominations françaises usuelles). Une brève description des groupes de lépidoptères les plus importants pour l'horticulture est donnée ci-après.

- ▶ **Papillons** : De nombreux papillons vivent sur des plantes de prairies, ne causant que des dégâts insignifiants. On peut notamment citer les machaons, les piérides ou les nymphalidés. La piéride du chou est l'un des rares ravageurs appartenant à ce groupe.

- ▶ **Noctuelles** : Dans la littérature scientifique, les noctuelles sont aussi parfois classées parmi les papillons. Comptant environ 25 000 espèces, c'est le groupe le plus important de la famille des lépidoptères. La plupart des noctuelles sont nocturnes et peuvent hiverner dans le sol comme chenilles ou plus tard comme chrysalides.
- ▶ **Sphingidés** : Les sphingidés forment le groupe de lépidoptères ayant la plus grande envergure et les plus grosses chenilles. On peut citer par exemple le sphinx du liseron, le sphinx de la vigne, le sphinx du troène, le sphinx de l'euphorbe et le sphinx du tilleul.
- ▶ **Géométridés** : Les géométridés constituent un groupe dont les chenilles ont un mode de déplacement spectaculaire. Pour se mouvoir, elles n'utilisent que leurs pattes thoraciques et anales, et leur corps se tend alors comme un arc (chenilles arpenteuses).
- ▶ **Chenilles nidifiantes** : En général, les chenilles nidifiantes sont velues et portent sur tout le corps des poils glandulaires qui peuvent être très toxiques et provoquer de violentes réactions allergiques ou eczémateuses. C'est leur mode de vie durant la phase de développement qui leur a valu leur nom. Pour la ponte, les papillons tissent en effet un nid fait de fibres très fines, qui deviendra un cocon plus ou moins grand. On peut citer les chenilles processionnaires de l'ortie, du chêne et du pin, les culs bruns et bien d'autres encore.

Les groupes suivants sont également appelés « petits papillons », car ils se distinguent de ceux mentionnés plus haut par leur petite taille :

- ▶ **Tordeuses** : Les tordeuses font partie des petits papillons qui causent des dégâts importants dans la production végétale. Exemples : carpocapse des pommes, vers de la grappe, tordeuse verte du chêne, tordeuse des pousses du pin et tordeuse du rosier.
- ▶ **Teignes, mites et mineuses** : Les teignes, mites et mineuses sont un petit groupe dont les chenilles attirent l'attention parce qu'elles apparaissent en masse. À titre d'exemples, on peut citer les chenilles tisseuses sur de nombreux ligneux, sur les pommes et dans les pâturages, les teignes ravageant les poireaux, les oignons, les échalotes et les choux, ainsi que les mineuses du châtaignier, du thuya et d'autres plantes.
- ▶ **Sésies** : Les sésies sont un groupe restreint de lépidoptères dont les chenilles relativement petites vivent en partie dans les fruits. Exemples : sésies du framboisier et du groseillier.

Tab. 14: Exemples de lépidoptères ravageurs importants en paysagisme

Cultures/plantes	Exemples d'insecte nuisible
Buis	▶ Pyrale du buis
De manière générale Chêne/pin	▶ Noctuelles (vers gris) ▶ Processionnaires
Fruits à pépins Prunes	▶ Carpocapse des pommes ▶ Carpocapse de la prune
Viola	▶ Phalènes

Les familles de lépidoptères les plus importantes dans l'horticulture ornementale sont les tordeuses, les géométridés, les noctuelles, les pyrales et les bombyx. L'apparence et le cycle de vie des lépidoptères varient selon la famille et l'espèce concernées. Pour pouvoir combattre ces ravageurs, il faut pouvoir les différencier. Dans les exploitations horticoles, par exemple, les cheimatobies brumeuses sont parfois considérées comme des ravageurs problématiques. En revanche, les piérides et les noctuelles ne présentent généralement pas de danger.

Carpocapse des pommes

Le carpocapse des pommes est considéré comme le principal insecte ravageur des cultures fruitières dans le monde. Il s'attaque en particulier aux pommes, mais plus rarement aussi aux poires, aux coings, aux abricots, aux pêches, aux prunes, aux cerises et aux noix.

Description :

- ▶ Insecte adulte : environ 1,0 cm de long, papillon gris discret, avec des taches de couleur bronze à l'extrémité des ailes ; risque de confusion avec le carpocapse des prunes et la tordeuse orientale du pêcher, dont les ailes ne présentent toutefois pas de taches.
- ▶ Chenille : jusqu'à 2,0 cm de long, jeunes chenilles rose-blanchâtres, chenilles plus âgées de couleur rose, avec des verrues sombres et des plaques brunes sur la tête et la nuque.

Tab. 15: Différences entre les chenilles des tordeuses, des géométridés et des noctuelles

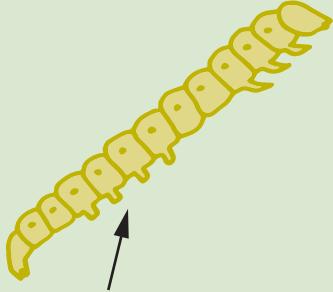
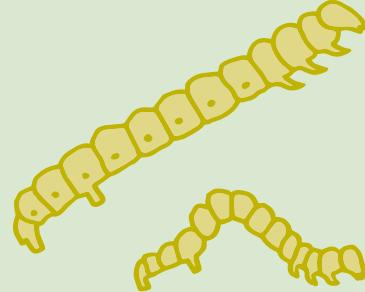
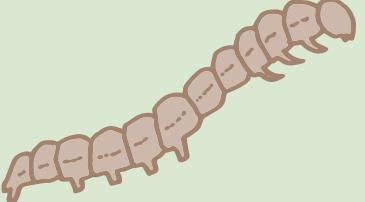
	Tordeuses	Géométridés	Noctuelles
Tête	Sombre, aplatie, dirigée vers l'avant	Dirigée vers l'avant	Ronde, perpendiculaire à l'axe du corps
Pattes abdominales	Quatre paires	Une paire	Quatre paires
Déplacement	Très mobile, peut ramper en arrière	Bosse typique en Ω lorsqu'elle se déplace vers l'avant	Peu vive, s'enroule au toucher
Principaux représentants	Carpocapse des pommes, petite tordeuse des fruits, carpocapse des prunes	Cheimatobie	Orthosie variable
			
	Quatre paires de pattes abdominales	Bosse typique lors du déplacement, une seule paire de pattes abdominales	Tête perpendiculaire à l'axe du corps, plusieurs pattes abdominales



Fig. 65: Carpocapse : adulte



Fig. 66: Carpocapse : larve

Cycle de vie :

- ▶ Le carpocapse des pommes passe l'hiver à l'état de chenille dans les fentes de l'écorce des arbres ou dans la couche de litière au sol (stade de la chenille).
- ▶ Entre avril et juin, les chenilles se nymphosent (stade de la chrysalide).
- ▶ De mai à août, les papillons éclosent (imago), s'accouplent et pondent environ 100 œufs à proximité des fruits.
- ▶ Une à trois semaines après la ponte, les chenilles éclosent et se nourrissent de la chair et des pépins des pommes.
- ▶ Après 3 à 4 semaines, les chenilles cherchent un endroit protégé (écorce, couche de litière sur le sol).
- ▶ Une partie d'entre elles se nymphosent et se transforment en papillons la même année (deuxième génération). Les autres passent l'hiver à l'abri sous la forme de chenilles jusqu'au printemps suivant.

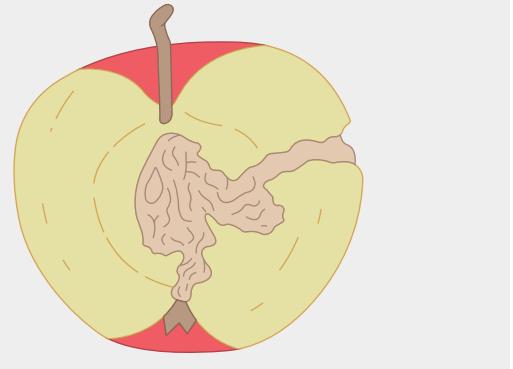


Fig. 67: Carpocapse : galeries dans les pommes

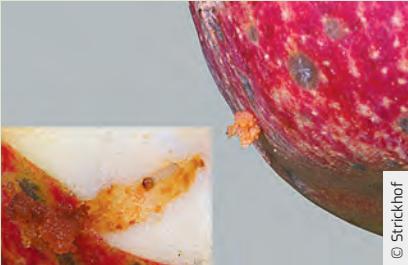
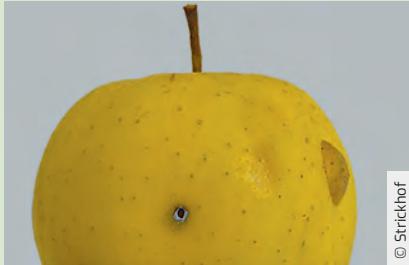
Symptômes :

- ▶ Risque de confusion avec les dégâts causés par l'hoplocampe du pommier ; celui-ci apparaît cependant plus tôt et possède six paires de pattes abdominales.
- ▶ Seuil d'intervention : 1 à 2 % de fruits infestés en été.

Lutte :

- ▶ À titre préventif :
 - ▷ Supprimer autant que possible les endroits où les chenilles peuvent passer l'hiver.
 - ▷ Remplacer les poteaux en bois tendre fissurés.
 - ▷ Enlever les momies de fruits restés dans la couronne.
 - ▷ Ne pas stocker du vieux bois de défrichage à proximité des vergers.
 - ▷ Capturer les larves hivernantes grâce à des baguettes de bambou ou des bandes pièges.
 - ▷ Cueillir les pommes atteintes, par exemple lors de l'éclaircissement, afin de réduire l'infestation par la génération suivante.
 - ▷ Favoriser les oiseaux et les insectes utiles (perce-oreilles, punaises, ichneumons).
- ▶ Lutte biologique :
 - ▷ Diffuseurs de trichogrammes (réduction de l'éclosion des larves atteignant jusqu'à 50 %).
 - ▷ Recours à des nématodes parasites des insectes.
 - ▷ Dès le début de l'éclosion, appliquer des virus de la granulose tous les 10 à 14 jours.
- ▶ Lutte biotechnique :
 - ▷ Technique de confusion sexuelle : les hormones sexuelles femelles diffusées (phéromones) empêchent les mâles de trouver des partenaires femelles et de s'accoupler.
- ▶ Lutte chimique :
 - ▷ PPh de synthèse et biologiques autorisés.

Tab. 16: Dégâts causés par le carpocapse des pommes

Infestation récente	Infestation plus ancienne	Infestation interrompue
 © Strickhof	 © Strickhof	 © Strickhof
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Traces de morsure autour de l'orifice d'entrée. ▶ Halo rouge autour de la zone endommagée. ▶ Galerie en spirale sous la peau du fruit. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Orifice d'entrée avec bords desséchés. ▶ Galeries remplies de déjections. ▶ Dégâts par morsure dans la chair des fruits et le trognon. ▶ Chute prématurée de fruits non mûrs. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Pas d'excréments visibles. ▶ Couche bouchée sous l'orifice d'entrée. ▶ Pas de galerie vers l'intérieur.

Guêpes (hyménoptères)

Les hyménoptères sont également un vaste groupe d'insectes comptant plus de 100 000 espèces ; ses représentants les plus connus sont les guêpes. La taille des adultes de ce groupe très diversifié varie de 1mm (guêpes des chaumes) à 5cm (frelons). À la différence des diptères (mouches), qui peuvent leur ressembler, les hyménoptères adultes ont deux paires d'ailes souvent translucides. Les larves ont d'ordinaire trois paires de pattes thoraciques et une à six paires de pattes abdominales. Elles ressemblent aux chenilles des papillons.

Attention : l'élimination des nids de guêpes relève de la lutte contre les ravageurs et nécessite une formation/autorisation distincte.

Description :

- ▶ Le corps mesure entre 1 et 50 mm.
- ▶ Pièces buccales tranchantes.
- ▶ Les adultes se nourrissent souvent d'insectes.

Cycle de vie :

- ▶ Les larves causent des dégâts aux feuilles et aux aiguilles.
- ▶ Les adultes ne coupent généralement la masse foliaire que pour construire leur nid.

Écologie :

- ▶ La plupart des espèces ne posent pas de problème.



© Renovita Wilen GmbH, Patrice Arnet

Fig. 68: Symptômes de dégâts de la tenthredine du rosier

Symptômes :

- ▶ On observe des dégâts de morsure sur les feuilles.
- ▶ Les feuilles de rosier sont enroulées vers le bas le long de la nervure centrale.



© Renovita Wilen GmbH, Patrice Arnet

Fig. 69: Frelon asiatique

Lutte :

- ▶ À titre préventif :
 - ▷ Contrôler le matériel végétal.
- ▶ Lutte biologique (Culture de plantes ornementales sous serre) :
 - ▷ Recourir suffisamment tôt à des auxiliaires tels que les ichneumons, les chrysopes et les coccinelles.
- ▶ Lutte biotechnique :
 - ▷ Prélever les Chenilles lorsque l'infestation en est encore à ses débuts.
- ▶ Lutte chimique :
 - ▷ Le traitement est optimal le matin, par temps chaud.
 - ▷ Des PPh autorisés peuvent être utilisés, en veillant à ce qu'ils préservent les auxiliaires.
 - ▷ Comme la plupart des PPh sont des produits de contact, il est nécessaire de les appliquer plusieurs fois.

Punaises

Aux espèces de punaises indigènes viennent s'ajouter depuis peu un nombre croissant d'espèces arrivées spontanément ou introduites par les activités humaines. Les punaises sont diurnes et thermophiles. Elles ont un rostre composé de plusieurs segments qui ne leur permet d'ingérer que de la nourriture liquide, que celle-ci provienne de plantes hôtes ou – pour les espèces prédatrices – d'autres insectes qui leur servent de proies. Certaines espèces sont ainsi également appréciées en tant qu'auxiliaires. Contrairement à celles des cicadelles, leurs ailes antérieures sont durcies et recouvrent les ailes postérieures plus molles. Les punaises causent des dégâts aux végétaux en les piquant, ce qui déforme les fruits ou trouve et effiloche les feuilles. Avec certaines espèces de ces insectes, on remarque sur les feuilles des cellules végétales aspirées par succion, comme avec les thrips ou les acariens tétranyques.

Description :

- ▶ Le corps mesure jusqu'à 15 mm.
- ▶ Pièces buccales suceuses.
- ▶ Les adultes sont gris-brun à verts, selon les espèces.
- ▶ Tous les stades de développement de l'insecte se tiennent sur la plante.



© Renovita Wilen GmbH, Patrice Arnet

Fig. 70: Punaises.Cycle de vie :

- ▶ Les punaises adultes sucent certaines parties de végétaux et y déposent leurs œufs.
- ▶ Les femelles pondent jusqu'à 200 œufs.
- ▶ Après quelques jours, les jeunes éclosent, puis se développent en cinq stades larvaires, jusqu'à devenir adultes.

Écologie :

- ▶ Le développement dure deux mois.

Symptômes :

- ▶ Les fruits présentent des déformations.
- ▶ Les tissus de la pulpe dépérissent et se subérifient (transformation en liège).

Lutte :

- ▶ À titre préventif :
 - ▷ Contrôler le matériel végétal.
 - ▷ Tendre des filets au-dessus des cultures.
- ▶ Lutte biologique (Culture de plantes ornementales sous serre) :
 - ▷ Recourir suffisamment tôt à des guêpes samouraïs.
- ▶ Lutte biotechnique :
 - ▷ Prélever les punaises lorsque l'infestation en est encore à ses débuts.
 - ▷ Pièges.
- ▶ Lutte chimique :
 - ▷ Le traitement est optimal le matin, par temps chaud, avec des insecticides homologués.
 - ▷ Des PPh autorisés peuvent être utilisés, en veillant à ce qu'ils préservent les auxiliaires.
 - ▷ Travailler avec des substances actives systémiques. Il est toutefois nécessaire de répéter l'application.

Cicadelles / cicadelle du rhododendron

Comme pour les punaises, des espèces de cicadelles étrangères arrivées spontanément ou introduites par les activités humaines sont venues s'ajouter aux espèces indigènes ces dernières années. En raison de leurs capacités de saut spectaculaires, les cicadelles sont souvent confondues avec les sauterelles, dont elles ne sont pourtant pas parentes. Les cicadelles ont de courtes antennes sétacées. Leurs ailes antérieures, lorsqu'elles existent, sont uniformément coriaces ou membraneuses. En position de repos, elles sont disposées sur le corps tel un toit à deux pans. Comme les punaises, les cicadelles peuvent généralement voler : elles constituent d'importants vecteurs de maladies virales, bactériennes et fongiques. Les dégâts qu'elles causent ressemblent aussi beaucoup à ceux des punaises.

Description :

- ▶ Corps de 10 mm de long.
- ▶ Pièces buccales suceuses.
- ▶ Les spécimens adultes sont verts avec une bande longitudinale rouge. Les jeunes sont jaunâtres.
- ▶ Tous les stades de développement de l'insecte se tiennent sur la plante, mais seuls les adultes sont mobiles.



© Renovita Wilen GmbH, Patrice Arnet

Fig. 71: Cicadelle, spécimen adulte.

Cycle de vie :

- ▶ Au printemps, les jeunes sortent des bourgeons dans lesquels ils ont passé l'hiver.
- ▶ Jusqu'en juin, ils ne sont pas dotés d'ailes. Ils muent ensuite pour devenir adultes.
- ▶ En automne, les femelles piquent les bourgeons pour y pondre leurs œufs. C'est ce qui provoque le dépérissement des bourgeons des rhododendrons.

Écologie :

- ▶ La chaleur et la sécheresse accroissent les dégâts et entraînent des infestations importantes.

Symptômes :

- ▶ Apparition de petites taches sur les feuilles.
- ▶ La chlorophylle est aspirée hors de la feuille.
- ▶ ourgeons brun-velouté chez les rhododendrons

Lutte :

- ▶ À titre préventif :
 - ▷ Contrôler le matériel végétal.
 - ▷ Éviter l'air chaud et sec.
- ▶ Lutte biologique : aucune mesure.
- ▶ Lutte biotechnique :
 - ▷ Prélèvement des bourgeons brunis en automne.
 - ▷ Culture de plantes ornementales sous serre :
 - ▷ Pièges collants rouges contre les cicadelles.
- ▶ Lutte chimique :
 - ▷ Le mois de mai constitue le meilleur moment pour le traitement, car les insectes sont alors encore incapables de voler.
 - ▷ Des PPh autorisés peuvent être utilisés, en veillant à ce qu'ils préservent les auxiliaires.
 - ▷ Utiliser des produits systémiques.

Acariens tétranyques

Avec leurs quatre paires de pattes, les acariens font partie des arachnides. Dans l'agriculture suisse, l'acarien jaune et l'acarien rouge font partie des ravageurs les plus importants. L'acarien jaune s'attaque fortement à de nombreuses plantes cultivées, tant sous serre qu'en plein air. L'acarien rouge cause des dégâts aux arbres fruitiers, à la vigne et aux arbustes indigènes. Avec leurs mandibules en forme de poignard, ils piquent les feuilles et se nourrissent du contenu des cellules.

Acarien rouge (tétranyque rouge, araignée rouge)

Description :

- ▶ Les acariens rouges mesurent 0,5 mm. Les femelles sont rouges, les mâles et les larves de couleur jaunâtre à rougeâtre.
- ▶ Les larves sont dotées de trois paires de pattes et les adultes de quatre paires.

Cycle de vie :

- ▶ Dès la mi-mai, on trouve les adultes et les larves principalement sur la face inférieure des feuilles.
- ▶ Les acariens rouges passent l'hiver sous la forme d'œufs de couleur rouge brique (œufs en grand nombre à proximité des bourgeons, sur les branches à fruits, dans les fourches des branches et sur la face inférieure des rameaux).
- ▶ Les larves éclosent peu avant la floraison (fruits) ou l'éclosion des bourgeons (vigne). Elles commencent alors à sucer la face inférieure des feuilles.
- ▶ On compte entre 7 et 35 jours de développement pour passer de l'œuf à l'acarien adulte (en fonction des températures).
- ▶ À partir de la mi-mai, les femelles pondent des œufs d'été.
- ▶ En fonction de la plante hôte et des températures, entre cinq et huit générations par an sont possibles.

Écologie :

- ▶ Divers facteurs favorisent le développement de ce ravageur, principalement la chaleur, les variétés vulnérables, un approvisionnement excessif des feuilles en azote et une mauvaise aération des cultures (filets de protection contre la grêle).

Symptômes :

- ▶ En cas de forte infestation, des branches entières deviennent rougeâtres.

Arboriculture :

- ▶ Feuilles tachetées de blanc (au début de l'infestation), plus tard feuilles jaune-bronze (dégâts de succion).
- ▶ Les feuilles tombent prématurément.
- ▶ La nouaison et la croissance des fruits sont inhibées.
- ▶ Ne présente des risques qu'en cas d'infestation massive.

Viticulture :

- ▶ Pendant le débourrement, les premières feuilles restent petites et prennent un aspect feutré et velu, tandis que les extrémités de leur pointe sont sombres.
- ▶ À contre-jour, on peut voir de petites taches argentées sur les feuilles (dégâts par succion).
- ▶ La photosynthèse réduite et la chute prématurée des feuilles diminuent la maturité du raisin et du bois.



Fig. 72: Acarien des arbres fruitiers (araignée rouge) : Adulte



Fig. 73: Acarien des arbres fruitiers (araignée rouge) : forte infestation par des adultes



Fig. 74: Acarien des arbres fruitiers (araignée rouge) : Dégâts sur les feuilles

Lutte :

- ▶ À titre préventif :
 - ▶ Favoriser les ennemis naturels (acariens prédateurs, coccinelles, chrysopes, punaises prédatrices). Les principaux prédateurs sont les acariens (typhlodromes). Un seul acarien prédateur par feuille peut déjà contenir toute une colonie d'acariens rouges. Si la population d'acariens prédateurs est suffisamment développée, on peut renoncer à prendre des mesures de lutte chimique.

- ▷ Favoriser la présence d'acariens prédateurs :
 - ▶ En privilégiant les PPh qui les préservent (N = neutres pour les typhlodromes, réduire le soufre).
 - ▶ En implantant des acariens prédateurs (transferts depuis des cultures où ils sont présents en grand nombre, au moyen de bandes de feutre, de longues pousses ou de rameaux de vigne).
- ▶ Lutte biologique :
 - ▷ Implantation d'acariens prédateurs.
- ▶ Lutte biotechnique :
 - ▷ Pas de mesures.
- ▶ Lutte chimique :
 - ▷ Le recours à des PPh est possible.
 - ▷ Utiliser des produits ménageant les acariens prédateurs.
 - ▷ Sur les œufs : traitement de débourrement (de l'élosion du bourgeon jusqu'à ce que la première feuille se soit déployée et écartée de la pousse), basé surdes substances actives huile de paraffine ou huile de colza
 - ▷ Les produits à base de paraffine ou d'huile de colza ne sont vraiment efficaces que par temps doux et sec.
 - ▷ Seuil d'intervention : en fonction du rapport entre le nombre d'acariens rouges et celui d'acariens prédateurs, il faut utiliser un acaricide.
- ▷ Acaricide :
 - ▶ Au maximum un traitement par saison avec des produits du même groupe de résistance.
 - ▶ On tiendra compte du moment d'utilisation, de la répartition des divers stades de développement et du mode d'action !

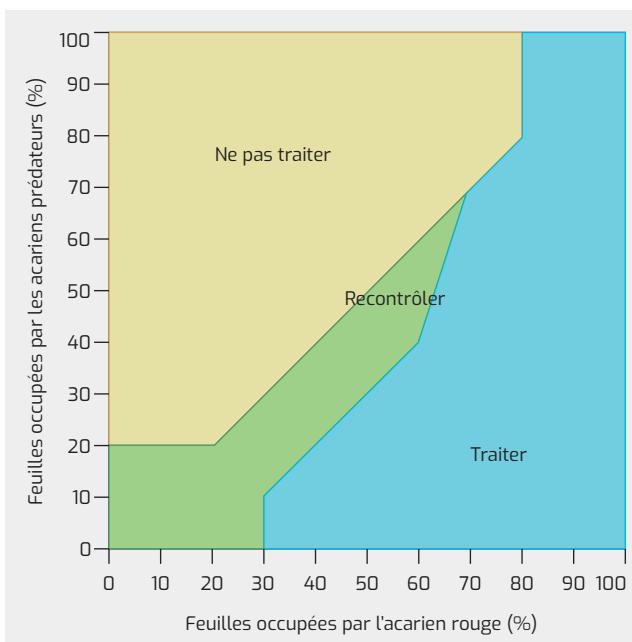


Fig. 75: Aide graphique pour décider d'un éventuel recours à un acaricide en fonction des populations d'acariens rouges et d'acariens prédateurs

Limaces

Les limaces sont omnivores, ce qui fait d'elles des ravageurs importants dans les grandes cultures et les cultures maraîchères. La limace agreste réticulée (ou loche laiteuse), la loche blanche, la limace des jardins et la limace ibérique font partie des principales espèces concernées. Dans les cultures maraîchères sous serre, d'autres espèces peuvent apparaître en raison du climat chaud et humide et de l'absence de gel, mais le problème s'y pose de manière bien moins aiguë qu'en plein air. Les concombres, les aubergines et les poivrons sont très vulnérables, alors que les tomates ne sont pas affectées. Dans les grandes cultures, les plantes sont surtout menacées lorsqu'elles sont encore jeunes (p. ex. colza, betteraves à sucre). Dans les champs de pommes de terre, les limaces peuvent également causer des dégâts importants aux tubercules.



© Joseph Berger: Bugwood.org

Fig. 76: Limace réticulée



© animaibia.org

Fig. 77: Grande Loche

Symptômes :

- ▶ Jeunes plantes souvent entièrement dévorées.
- ▶ Feuilles mordues sur les côtés ou percées de manière irrégulière (p. ex. bégonia).
- ▶ Trous grignotés dans les fraises.
- ▶ Traces de mucus et excréments.



© Renovita Wilen GmbH, Patrice Arnet

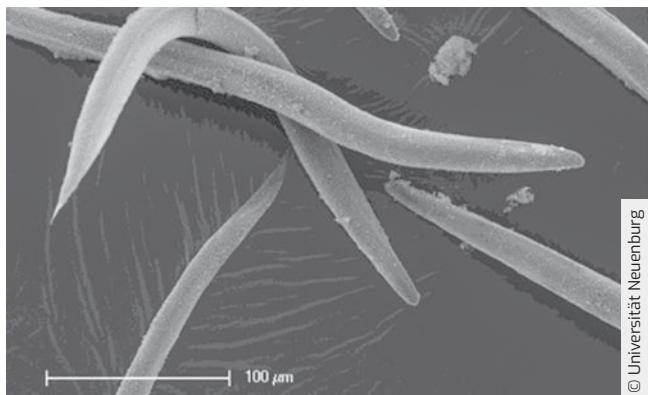
Fig. 78: Dégâts de morsure causés par les limaces

Lutte :

- ▶ À titre préventif :
 - ▷ Travail intensif du sol et lit de semences fin.
 - ▷ Briser les grosses mottes dans le sol de manière à supprimer les cavités dans lesquelles peuvent se cacher les limaces.
 - ▷ Après le semis, rouler le sol (sol fermé sans cavités).
 - ▷ Sarclage fréquent.
 - ▷ Broyer régulièrement la végétation dans la surface de culture afin de réduire autant que possible les cachettes humides pour les gastéropodes.
 - ▷ Ne pas placer les cultures sensibles en bordure de la surface cultivée.
 - ▷ Barrières et colliers anti-limaces.
- ▶ Lutte biologique :
 - ▷ Utilisation de nématodes contre les limaces.
- ▶ Lutte biotechnique :
 - ▷ Prélèvement des ravageurs.
- ▶ Lutte chimique :
 - ▷ Granulés anti-limaces (il suffit souvent de traiter les bords ou les rangs de la culture).

Nématodes

Les nématodes – également appelés « vers ronds » ou « anguilles » – font partie des animaux les plus courants du sol. Ils ne sont guère visibles à l’œil nu, car ils ne mesurent que 0,5 à 1,5 mm de long. À côté des nématodes utiles notamment parce qu’ils parasitent les insectes ou produisent de l’humus, certaines espèces se comportent dans les cultures comme des ravageurs ou des vecteurs de maladie. Elles sucent les racines des plantes cultivées ou vivent en parasites à l’intérieur des végétaux. Dans la production de plantes ornementales, ce sont principalement les plantes vivaces (nématodes présents sur les feuilles) et les hortensias (nématodes cécidogènes des racines) qui sont concernés. Dans la production végétale, les principales espèces de nématodes sont les nématodes à galles des racines, les nématodes nomades des racines et les nématodes des tiges.



© Universität Neuenburg

Fig. 79: Nématodes du collet de la betterave

Symptômes :

- ▶ Plantes rabougries présentes par foyers.
- ▶ Déformations des racines (le pivot est doté d’un chevelu exagéré : galles) ou des parties aériennes de la plante.



© Renovita Wilen GmbH, Patrice Arnet

Fig. 80: Nématodes à galles des racines

Lutte :

- ▶ À titre préventif :
 - ▷ Choisir des variétés robustes ou tolérantes.
 - ▷ Détruire les plantes infectées.
 - ▷ Utiliser des porte-greffes qui ne sont pas vulnérables aux nématodes.
- ▶ Lutte biologique :
 - ▷ Semer des espèces qui attirent les nématodes loin des plantes cultivées, par exemple de l'avoine rude, du radis fourrager, de la moutarde.
 - ▷ Biofumigation : de la moutarde semée comme engrais vert est broyée et incorporée dans le sol. Les gaz qui se forment alors dans la terre (glucosinolates) tuent une partie des nématodes.
 - ▷ Attention : certains engrais verts contenant des légumineuses peuvent également favoriser diverses espèces de nématodes ; on renoncera le cas échéant à les inclure dans les mélanges.
 - ▷ Planter des tagètes dans les surfaces concernées.
- ▶ Lutte biotechnique :
 - ▷ Sous serre : Les substrats et les sols peuvent être stérilisés à la vapeur, ce qui élimine toute la flore et la faune du sol.
 - ▷ Cultures de plein air : Stérilisation à la vapeur (très énergivore et coûteuse).
- ▶ Lutte chimique : Aucune mesure.

Campagnols et taupes

Régulièrement, à quelques années d'intervalle, les populations de campagnols terrestres et de campagnols des champs sont beaucoup plus importantes. À l'échelle locale, toutefois, ce sont surtout les campagnols terrestres qui provoquent souvent de gros dégâts dans les prairies naturelles, les jardins et les cultures de plein champ. La lutte contre les rongeurs est un travail de longue haleine et les surfaces exemptes de campagnols sont sans cesse recolonisées depuis l'extérieur. Il vaut donc la peine que plusieurs exploitations collaborent à ce combat. Contrairement aux campagnols (rongeurs), la taupe et la musaraigne des champs font partie de la famille des insectivores : elles ne s'attaquent à aucune partie de plante. Comme elles éliminent les ravageurs du sol tels que les vers blancs, les larves de tipules ou les limaces, elles sont aussi considérées comme des auxiliaires. Les dégâts que cause la taupe ne sont donc qu'indirects : ses monticules sont inesthétiques et les systèmes de galeries qu'elle creuse sont souvent habités par les campagnols. Les taupes sont par ailleurs protégées en Suisse.

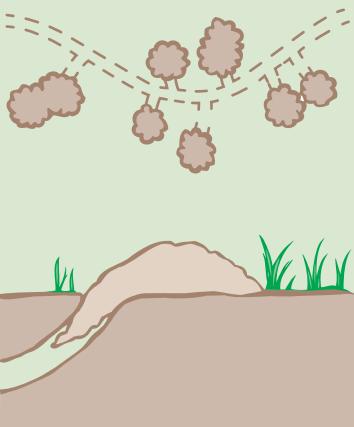
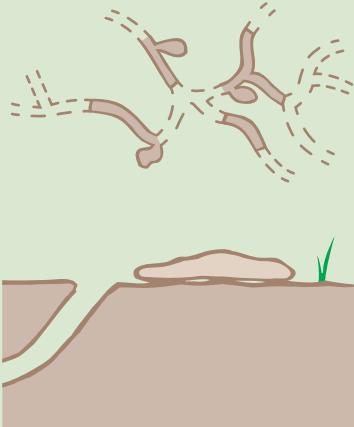
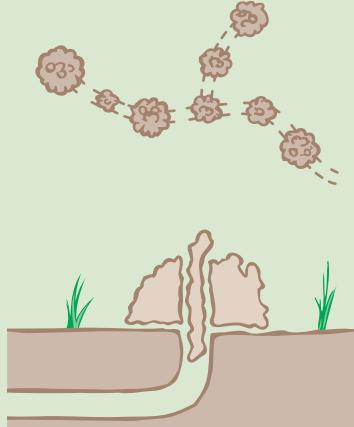
✿ Musaraignes

Le groupe des musaraignes réunit de nombreuses espèces qui n'appartiennent pas à l'ordre des rongeurs, mais font partie des insectivores. Outre la musaraigne bicolore, on rencontre aussi la musaraigne carrelet, la musaraigne des jardins, la musaraigne musette et de nombreuses autres espèces. Elles se nourrissent de toutes sortes d'insectes

Lutte :

- ▶ À titre préventif :
 - ▷ Faucher régulièrement (10 cm), ne pas laisser de vieille herbe en hiver.
 - ▷ Ne pas cultiver de plantes vulnérables à proximité d'éléments écologiques, afin d'éviter les possibilités de refuge.
 - ▷ Détruire les galeries vides.
 - ▷ Créer des structures pour les ennemis naturels, p. ex. les chouettes, les rapaces, les hérons cendrés, les belettes et les hermines (haies, perchoirs, tas de pierres).
 - ▷ Arboriculture :
 - ▶ Poser un panier en treillis métallique autour des racines lors de la plantation de jeunes arbres.
- ▶ Lutte biologique :
 - ▷ Pas de mesures.
- ▶ Lutte biotechnique :
 - ▷ Pièges à campagnols (en cas de forte infestation, 50 pièces par hectare).
- ▶ Lutte chimique :
 - ▷ Pas de mesures.

Tab. 17: Différences entre les campagnols et les taupes

	Campagnol terrestre	Campagnol des champs	Taupes
Aspect			
	 © Agroscope	 © Agroscope	 © Agroscope
	12 à 16 cm de long, brun, ventre blanc/gris	9 à 11 cm de long, gris/brun	12 à 13 cm de long, noir/gris
Alimentation	Racines de diverses plantes cultivées comme les oignons, les carottes, les poireaux et les laitues d'hiver.	Graines, feuilles ; se nourrit de céréales, de betteraves à sucre, de pommes de terre, de colza, d'écorce d'arbres fruitiers et d'autres plantes cultivées.	Larves d'insectes (p. ex. vers fils de fer, vers blancs), limaces et vers de terre.
Terrier			
	Tas aplatis moyens à petits ;sortie en biais en bordure du tas.	Nombreuses galeries, à la surface du sol ou plus en profondeur ;pas de tas de terre ou tas très petits.	Grands tas arrondis ;trou central sous le tas.
Dégâts visibles	Dégâts aux couches herbeuses, aux arbres fruitiers et aux jardins potagers. ► Pertes de rendement importantes.	Dégâts aux couches herbeuses, tiges de céréales « abattues », dégâts aux arbres fruitiers et aux jardins potagers. ► Dégâts moyens.	Fourrage souillé, usure des machines, creusement de galeries utilisées ensuite par les campagnols terrestres. ► Dégâts locaux.

Oiseaux

Certaines espèces d'oiseaux peuvent causer des dégâts importants. Dans les champs, ce sont surtout la corneille noire, la corneille mantelée et le corbeau freux (corvidés) – mais également les pigeons – qui causent des dégâts aux cultures récemment semées ou aux toutes jeunes plantes en train de lever.

Comme la pression d'infestation et les dégâts sont plutôt faibles, ce point ne sera pas approfondi davantage.



Fig. 81: Corneille noire

D'autres animaux sauvages

D'autres animaux sauvages peuvent également causer des dommages, par exemple les chevreuils, les cerfs, les sangliers, les blaireaux et les castors.

Agents pathogènes fongiques

Généralités concernant les champignons

Les champignons sont souvent attribués au règne végétal. Il leur manque toutefois la chlorophylle, indispensable aux plantes pour réaliser la photosynthèse. C'est la raison pour laquelle les champignons, dans la systématique, sont classés dans deux règnes qui leur sont propres : vrais champignons (eumycètes) et champignons primitifs (myxomycètes). Ils doivent prélever dans de la matière organique vivante ou morte les substances riches en énergie dont ils ont besoin pour construire et faire fonctionner leur corps. Ils peuvent le faire en s'associant à d'autres organismes vivants (symbiose) ou en jouant les « pique-assiettes » (parasitisme).

On peut regrouper les champignons en quatre catégories principales :

- ▶ champignons qui nuisent aux plantes cultivées ;
- ▶ champignons utiles du sol (mycorhizes, p. ex.) ;
- ▶ champignons qui parasitent des insectes, des nématoïdes ou d'autres champignons ;
- ▶ champignons forestiers comestibles ou toxiques (certains sont des symbiotes très importants) et champignons de culture comestibles.

Structure et reproduction des champignons nuisibles

Les champignons ont une structure très simple. Leur corps végétatif est constitué de filaments fongiques unicellulaires ou pluricellulaires qu'on appelle « hyphes ». L'ensemble des hyphes à l'exception du corps fructifère est appelé « mycélium » ou, dans le langage courant, « blanc de champignon ».

Les hyphes croissent à travers le substrat nutritif ou les tissus des plantes hôtes : ils y prélèvent les nutriments nécessaires à la constitution et à la croissance du champignon. Certains champignons sécrètent en même temps des substances qui détruisent les cellules des plantes hôtes, afin d'obtenir les substances dont ils ont besoin, si bien que les tissus végétaux atteints dépérissent. Les morceaux de tissus morts forment des dégâts visibles à l'œil nu. Les symptômes des maladies fongiques varient fortement en fonction de l'espèce de champignon et de la plante cultivée concernées : les parties de plantes atteintes peuvent changer de teinte ou prendre une coloration plus claire ou un aspect chlorotique ou nécrosé (détruit) brun-noir. Au lieu des graines qui servent à la reproduction chez les plantes supérieures, les champignons produisent des spores. Ces cellules reproductrices sont transportées et disséminées par le vent, l'eau, les personnes ou les animaux. En fonction de leur genèse, de la tâche qu'elles assument et de l'espèce de champignon concernée, les spores sont désignées par différents termes. Les conidies (spores d'été), par exemple, se forment par garrotage d'hyphes ou d'appareils fructifères et servent à la reproduction asexuée. Certaines espèces de champignons peuvent aussi former des spores persistantes qui leur permettent de survivre à des conditions environnementales défavorables telles que la sécheresse ou le froid.

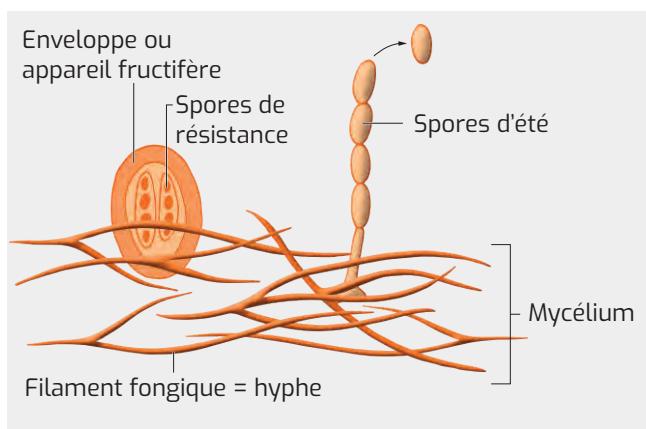


Fig. 82: Structure et reproduction des champignons

Apparence des maladies causées par des champignons

- ▶ Chloroses : taches vert clair à jaunes sur les tissus végétaux infestés ; les tissus atteints ne sont pas morts.
- ▶ Nécroses : tissus végétaux morts, taches brunes ou noires de différentes tailles.
- ▶ Pustules : se forment par déchirure de l'épiderme ; ressemblent à des verrues d'où s'échappe de la poudre constituée de spores.
- ▶ Tapis de spores.

✿ Survivre à des conditions défavorables

Pour survivre à des conditions difficiles telles que celles qui se présentent après la récolte des céréales, les champignons peuvent former des spores persistantes, mais ils disposent aussi d'autres possibilités :

- ▶ Se fixer sur des parties de plantes restées vertes (repousses de céréales, graminées, p. ex.) ; se fixer sur un hôte intermédiaire (le champignon a alors besoin d'une espèce de plante supplémentaire pour achever son cycle de vie) ;
- ▶ Demeurer dans le sol ;
- ▶ Se fixer sur des semences ou graines infestées.

Si un champignon est parvenu à bien survivre à des conditions défavorables, il peut se développer rapidement et causer des dégâts lorsque les conditions de croissance lui sont à nouveau favorables.

Modes de propagation des champignons nuisibles

Les **parasites tissulaires** entrent dans des parties de plantes depuis l'extérieur. Souvent, ils ne font pénétrer à l'intérieur des cellules que leurs organes suceurs (haustoria). Ceux-ci approvisionnent le champignon en matières nutritives. Les parasites tissulaires peuvent être atteints directement et influencés de l'extérieur par certains PPh.

Exemples : oïdium, mildiou, tavelure du pommier, rouille brune.

Les **parasites vasculaires** pénètrent dans la plante. Les hyphes des champignons entrent dans les vaisseaux conducteurs – le plus souvent par les racines – et les obstruent. Le flux de sève s'en voit perturbé ou interrompu, ce qui entraîne souvent le flétrissement puis la mort de toute la plante. Les PPh ne permettent pas de bien combattre de l'extérieur les infections par les parasites vasculaires : les mesures préventives jouent donc un rôle crucial.

Exemples : hernie du chou, maladies du pied, flétrissures, fusarioSES, sclerotinia du colza.

Évolution d'une maladie fongique (voir Fig. 83)

1. Contagion ou contamination

La spore se fixe à la surface d'un organe végétal (racine, tubercule, tige, feuille, fruit).

2. Germination de la spore

Si la température est suffisamment élevée et que de l'eau est disponible sous forme de gouttelettes, ou si de la rosée apparaît lorsque la température redescend, la spore peut germer et produire un tube germinatif.

3/4. Infection

Si la germination de la spore se produit sur une plante hôte vulnérable, un organe d'adhérence se forme à l'extrémité du tube germinatif. Ce dernier traverse alors l'épiderme du tissu végétal ou pénètre à l'intérieur de celui-ci par des stomates ou des blessures.

5/6. Incubation/colonisation

Le tube germinatif se développe pour constituer un hyphe, qui se ramifie de nombreuses fois et forme un mycélium. Le temps qui s'écoule entre l'infection et l'apparition des symptômes de la maladie est appelé « période d'incubation ». En fonction de l'espèce de champignon, de la plante hôte et des conditions externes, elle peut durer quelques jours, quelques semaines ou plusieurs mois. Le temps qui s'écoule entre l'infection et la formation de nouvelles spores est appelé période de latence. Celle-ci est souvent pratiquement aussi longue que la période d'incubation.

7/8. Formation de spores (fructification)

Des sporophores (appareils fructifères) se forment à l'extérieur des tissus végétaux. Des chaînes de spores d'été asexuées (conidies) sont constituées et permettent une nouvelle propagation.

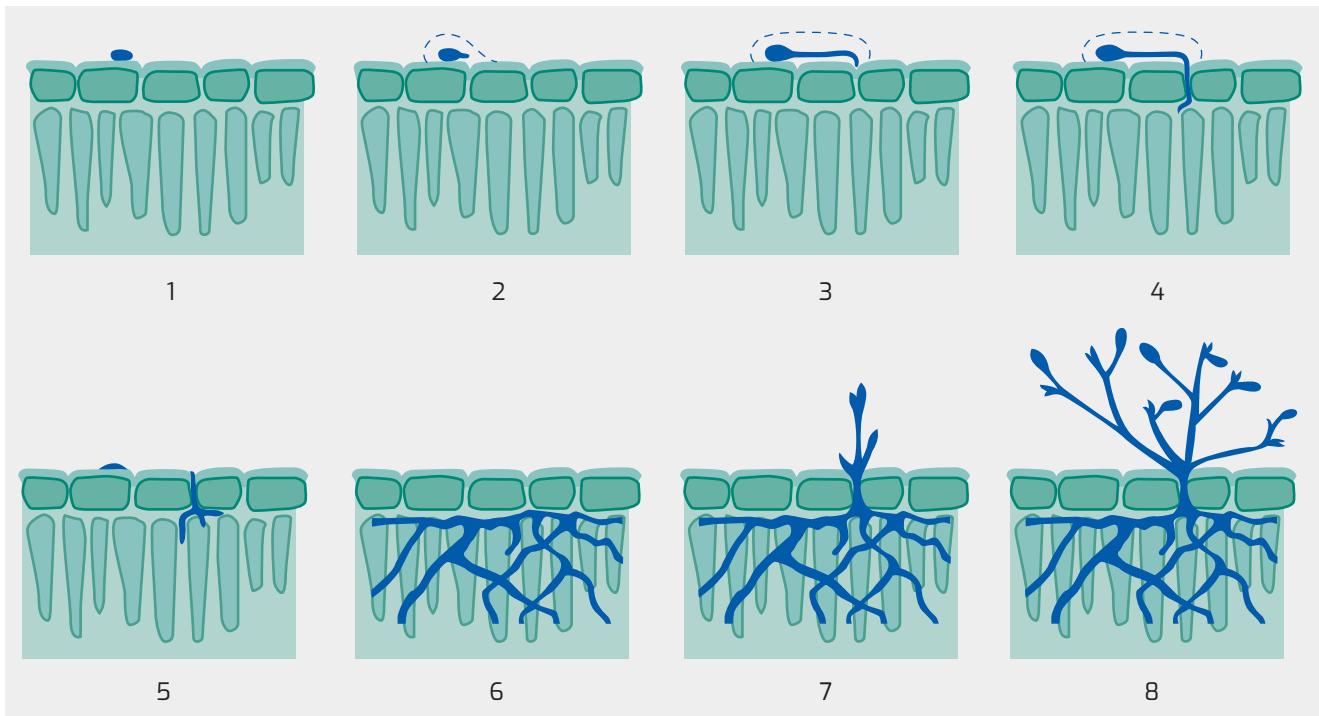


Fig. 83: Attaque d'une plante hôte par une maladie fongique

Champignons du sol

Les champignons du sol s'attaquent aux racines et à la base des tiges des plantes. Ils survivent dans le sol sous la forme de spores persistantes ou se nourrissent de matière organique morte (saprophyte) sur les résidus de plantes hôtes. Diverses maladies sont provoquées par des champignons du sol. Lorsque des plantes hôtes sont souvent cultivées sur une même parcelle, le champignon concerné y devient de plus en plus fréquent dans le sol. Ces champignons ne forment pas de spores qui s'envolent sur de longues distances, mais ils peuvent survivre plusieurs années dans le sol, sur des chaumes ou sur des plantes hôtes, ou en tant que sclérotes (forme endurcie et persistante du champignon). De là, ils peuvent infester les cultures vulnérables ou des spécimens de la même famille végétale. Pour une maladie donnée, plus le champignon se dégrade vite dans le sol ou sur les résidus de plantes ou la paille, plus les végétaux sensibles peuvent être remis en culture rapidement.

Il convient d'en tenir compte pour les pépinières de plein champ lorsque l'on recourt à des engrains verts sur des surfaces qui ont accueilli précédemment de grandes cultures de pois ou de colza, par exemple.

Ainsi, après les pois ou les haricots, on ne choisira pas comme engrain vert des légumineuses telles que le trèfle ou la luzerne. Après le colza, on évitera les brassicacées comme le tournesol ou la moutarde.

Tab. 18: Exemples de champignons du sol importants

Cultures	Exemples de maladies	Importance
Rhododendron, azalée, viorne	Phytophtora	Très important
Plantes vivaces, p. ex. pervenches	Phoma, fusarium	Important
Érable, catalpa	Flétrissement dû au Verticillium	Très important
Bégonias	Botrytis	Important
Semis de fleurs d'été, etc.	Pourritures des racines dues à des champignons des genres Pythium, Botrytis, Fusarium, Phytophtora, Rizoctonia.	Très important

L'exemple du genre **Phoma** sur les pervenches

Symptômes :

- ▶ Des pousses noires avec de la pourriture à leur base apparaissent sur les rameaux principaux et latéraux des pervenches.
- ▶ Les jeunes plantes croissent mal et restent petites.
- ▶ Les plantes se flétrissent malgré un approvisionnement en eau suffisant.
- ▶ Les feuilles des plantes plus âgées prennent une coloration jaune à noire.
- ▶ Les symptômes apparaissent souvent par foyers, surtout dans les secteurs humides des pépinières et des plates-bandes.



Fig. 84: Champignon du genre **Phoma** sur un plant de pervenche.

Cycle de vie :

- ▶ Le champignon du sol passe l'hiver sur des parties de plantes infectées.
- ▶ Les plantes hôtes sont principalement des plantes vivaces, des herbes et des plantes médicinales telles que la pervenche, la valériane, le basilic.

Écologie :

- ▶ L'infestation par les spores ne peut avoir lieu que dans des sols humides. Les températures comprises entre 15 et 20 °C lui sont très favorables.

Lutte :

- ▶ Indirecte :
 - ▷ Éviter autant que possible d'arroser par aspersion ou le soir.
 - ▷ Respecter les règles générales d'hygiène.
 - ▷ Désinfecter les outils de coupe et les plaques de culture.
 - ▷ Utiliser des pieds-mères sains.
- ▶ Directe :
 - ▷ Traiter avec des fongicides.
 - ▷ Stériliser le terreau de plantation.

L'exemple du flétrissement causé par des champignons du genre **Verticillium** sur les érables

Symptômes :

- ▶ Dépérissement et flétrissement des plantes cultivées malgré un apport d'eau suffisant.
- ▶ Les feuilles se recroquevillent, se flétrissent, jaunissent et meurent.
- ▶ Brunissement en anneau de la section transversale de la pousse.



© Renovita Wilen GmbH, Patrice Arnet

Fig. 85: Rameau d'érable infesté par des champignons du genre **Verticillium**.

Cycle de vie :

- ▶ Les champignons survivent à long terme dans le sol.
- ▶ Les plantes sont infestées par les racines, ainsi que par les outils non désinfectés.
- ▶ Le champignon entre par les vaisseaux conducteurs et provoque le dépérissement des pousses concernées.
- ▶ Les plantes stressées sont très sensibles à ce flétrissement.

Écologie :

- ▶ Lorsque les conditions sont modérément chaudes et humides, les spores s'accumulent dans le sol.

Lutte :

- ▶ Indirecte :
 - ▷ Acheter des plantes saines.
 - ▷ Désinfecter les outils.
 - ▷ Lors de la multiplication de boutures, veiller à ce que les pieds-mères soient sains.
- ▶ Directe :
 - ▷ Renforcer les plantes afin de réduire autant que possible le stress auquel elles sont soumises.

Rouilles

On compte plusieurs milliers d'espèces de champignons qui provoquent des rouilles. Parmi ces espèces, on peut faire une distinction entre celles qui changent d'hôte et celles qui n'en changent pas. Au cours de leur cycle de développement, les champignons à rouille qui changent d'hôte nécessitent deux individus d'espèces végétales différentes : un hôte d'été et un hôte d'hiver. Les espèces qui ne changent pas d'hôte, en revanche, demeurent sur la même plante durant tout leur cycle de vie. Les champignons à rouille ont un impact important dans les cultures, car ils se propagent rapidement sur de grandes surfaces lorsque les conditions leur sont favorables. L'infestation de la surface des feuilles réduit la photosynthèse, mais elle renforce aussi la respiration et l'évaporation, ce qui peut entraîner de fortes baisses de rendement en cas d'attaque de grande ampleur.

Tab. 19: Exemples de rouilles ayant un impact important

Cultures	Exemples de maladies	Importance
Géraniums	Rouille du pélargonium	Important
Rosiers	Rouille du rosier	Important
Saules	Rouille du saule	sans importance
Plantes du genre <i>Bellis</i>	Rouille sur plantes du genre <i>Bellis</i>	Important
Chrysanthèmes	Rouille blanche du chrysanthème	Important
Gazons	Champignons du genre <i>Puccinia</i>	Important
Poiriers / genévrier	Rouille grillagée du poirier	Important

L'exemple de la rouille du saule

Symptômes :

- ▶ Taches jaune-orange sur la face supérieure des feuilles.
- ▶ Pustules jaune clair, d'environ 1 mm, réparties uniformément sur la face inférieure des feuilles.
- ▶ Apparition à partir de fin mai ou début juin.

Cycle de vie :

- ▶ La rouille du saule est un champignon qui change d'hôte durant son cycle de développement. L'hôte principal est le saule, mais il existe divers hôtes intermédiaires. Dans les climats tempérés, l'hôte intermédiaire ne joue pas un rôle important dans la propagation de la maladie.
- ▶ La rouille du saule passe l'hiver sous forme de mycélium ou de spores sur des pousses de saule.
- ▶ Lorsqu'il fait chaud, de nouvelles spores se forment continuellement, se déplacent avec le vent sur plusieurs kilomètres et infectent de nouvelles plantes.



© Renovita Wien GmbH, Patrice Arnet

Fig. 86: Rouille du saule sur un saule

Écologie :

- ▶ Les conditions favorables à la rouille du saule combinent des journées ensoleillées atteignant 20 à 25 °C avec des nuits fraîches à moins de 15 °C et de la rosée. C'est dans ces conditions que ce champignon peut proliférer le mieux.

Lutte :

- ▶ Indirecte :
 - ▷ Détruire les feuilles infectées.
 - ▷ Éviter les apports excessifs d'azote.
- ▶ Directe :
 - ▷ Utilisation de fongicide (contrôle à partir de DC 37).

L'exemple de la rouille grillagée du poirier

Symptômes :

- ▶ Sur le genévrier se forment de petites verrues brun foncé qui, sous l'effet de l'humidité, prennent un aspect gélatineux (voir ci-dessous) et constituent des structures en forme de languettes de 1 à 2 cm de long.
- ▶ Au début de l'été, des taches rouge orangé dotées de petits points noirs apparaissent sur la face supérieure des feuilles du poirier, puis des excroissances de tissu brun se forment sur la face inférieure des feuilles.
- ▶ Un poirier fortement infesté perd ses feuilles dès l'été.



Fig. 87: Rouille grillagée sur du genévrier.



Fig. 88: Rouille grillagée sur du poirier

Cycle de vie :

- ▶ Champignon de la rouille qui change d'hôte durant son cycle de développement : l'hôte principal est le genévrier, l'hôte intermédiaire le poirier.
- ▶ La rouille grillagée du poirier passe l'hiver sous forme de mycélium dans le genévrier. Au printemps, des spores reproductive (basidiospores) se forment et vont être transportées par le vent vers le poirier en avril-mai.
- ▶ La fécondation a lieu sur le poirier. En juillet-août, c'est à nouveau le vent qui se charge de transporter les spores issues des écidies (réserves de spores en forme de cupules) vers les genévriers.

Écologie :

- ▶ Un genévrier infecté reste porteur du champignon jusqu'à sa mort.
- ▶ Un temps frais et humide en avril et mai favorise le développement des champignons. La distance entre les hôtes, ainsi que la force et la direction du vent, sont déterminantes pour la propagation des spores du genévrier au poirier.
- ▶ Les poiriers attaqués par la rouille grillagée ne présentent pas de danger pour les poiriers sains, car le champignon ne survit pas en hiver sur ces arbres fruitiers.

Lutte :

- ▶ Indirecte :
 - ▷ Évacuer et détruire les genévriers (infestés) dans un rayon allant jusqu'à 500 m autour des vergers de poiriers.
- ▶ Directe :
 - ▷ Utiliser des fongicides.
 - ▷ Prélever les feuilles de poirier fortement infestées, les rassembler en automne et les brûler.

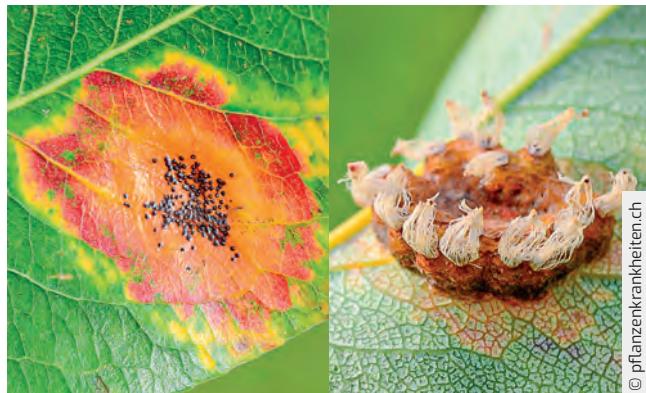


Fig. 89: La rouille provoque sur la face supérieure des feuilles du poirier des taches rouge vif (à gauche) et sur la face inférieure des feuilles des proliférations de tissus bruns avec des écidies (dépôt de spores en forme de cupule) (à droite).

Oïdium et mildiou

Le mildiou et l'oïdium sont deux maladies fongiques aux symptômes différents.

Tab. 20: Différences entre le mildiou et l'oïdium

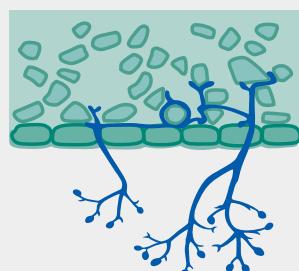
	Mildiou	Oïdium
Taxonomie	Champignon primitif.	Vrai champignon.
Préférences météorologiques	Préfère les environnements chauds et humides, ainsi que les feuilles mouillées	Préfère les conditions chaudes et sèches
Détermination rapide	Les feuilles ne peuvent pas (ou que difficilement) être nettoyées de leur couche fongique ; le champignon colonise principalement la face inférieure des feuilles	La couche fongique blanche farineuse est facile à supprimer ; le champignon colonise surtout la face supérieure des feuilles (mais également la tige chez les carottes, p. ex.)
Période hivernale	Survit sur les plants en stock (pomme de terre, p. ex.) et dans le sol sous la forme de spores persistantes sur des feuilles mortes (vigne, p. ex.) ou d'autres résidus végétaux	Survit sous la forme de mycélium sur des tissus hôtes vivants (cette question n'est toutefois pas définitivement clarifiée pour toutes les espèces) ou sous la forme de spores de résistance (vigne)
Parasitisme	Pénètre souvent dans les tissus végétaux par la face inférieure des feuilles, provoque des chloroses puis des nécroses/flétrissures, un dépérissement et peut parfois conduire à la mort de la plante	Se développe à la surface de la plante et y constitue un mycélium
Hôtes possibles	Une même espèce de mildiou peut infester un large éventail de plantes	Chaque espèce d'oïdium est spécifique à une culture

Mildiou

Pénètre dans la plante.

Ne peut donc pas être détaché par frottement.

Le champignon a pénétré à l'intérieur des tissus.

**Oïdium**

Ne pénètre pas dans la plante.

Peut donc être détaché de la feuille par frottement.

L'oïdium n'est fixé que sur les cellules superficielles.

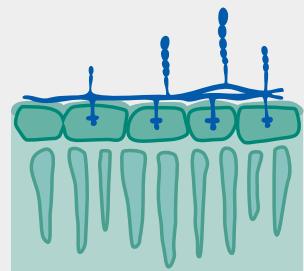


Fig. 90: Différences entre le mildiou et l'oïdium.

Tab. 21: Exemples d'oïdiums et de mildious importants

Cultures	Exemple de maladies	Importance
Charme, érable	Oïdium	Important
Vigne	Mildiou	Très important
Phlox	Oïdium	Très important
Gaillets, ibéris	Mildiou	Sans importance
Menthe, sauge	Oïdium	Important
Tournesol	Mildiou	Très important

Mildiou

Le mildiou pénètre dans les tissus de la plante par les stades et développe souvent une pellicule composée de spores gris-blanchâtre sur la face inférieure des feuilles. Il a un impact considérable en viticulture et dans la production de pommes de terre. On le rencontre dans de nombreuses cultures maraîchères. Lorsque les conditions sont favorables, le champignon peut se propager très rapidement et entraîner d'importantes pertes de rendement.

L'exemple du mildiou de la vigneSymptômes :

- ▶ Taches huileuses vert clair sur la face supérieure des feuilles, tapis de champignons blancs sur leur face inférieure.
- ▶ Par la suite, des parties de feuilles déperissent, deviennent brun-rougeâtre et ne sont plus capables d'effectuer la photosynthèse ; les feuilles de la vigne peuvent même tomber en cas de forte infestation.
- ▶ Couche de champignons blancs sur les jeunes raisins.
- ▶ Après la véraison, les raisins sont moins sensibles à l'infection directe, mais peuvent être infectés par le péduncule. Le champignon se diffuse dans le fruit (baies desséchées ou flétries).

Cycle de vie :

- ▶ Les spores qui ont persisté dans le sol sur du matériel végétal et qui ont finalement germé arrivent sur les feuilles de vigne avec les gouttes de pluie (de mai à juillet).
- ▶ Le champignon s'installe à l'intérieur de la feuille, s'étend et produit de grandes quantités de spores qui se propagent avec l'eau et le vent.

Écologie :

- ▶ Les premières infections se font à partir de spores persistantes dans le sol ou du feuillage de l'année précédente dès le début de la croissance de la vigne.
- ▶ Conditions météorologiques chaudes et humides avec des températures supérieures à 10 °C et de la pluie ou de la rosée.

Lutte :

- ▶ Indirecte :
 - ▶ Choisir des variétés tolérantes au mildiou.
 - ▶ Entretenir une haie foliaire bien aérée pour que la vigne sèche rapidement après la pluie.
 - ▶ Ne pas donner trop d'azote afin d'éviter un développement excessif du feuillage et la croissance de raisins vulnérables à la pourriture.
 - ▶ Éliminer les grandes adventices, car elles créent un microclimat humide favorable au développement des champignons.
 - ▶ En automne, évacuer et éliminer le matériel végétal infesté.
- ▶ Directe :
 - ▶ Utiliser des fongicides.
 - ▶ Employer des stimulateurs de défenses naturelles pour plantes.

Oïdium

L'oïdium est également appelé « pourriture blanche » en raison des symptômes qu'il entraîne : les plantes infestées semblent avoir été saupoudrées de farine. Contrairement au mildiou, l'oïdium peut facilement être enlevé en frottant les feuilles, car il ne pénètre que peu profondément dans les cellules.

L'exemple de l'oïdium sur le pommier (*Malus*)Symptômes :

- ▶ En hiver, les bourgeons atteints apparaissent pointus et écartés.
- ▶ Les pousses et les feuilles sont recouvertes d'une couche blanche de champignons.
- ▶ Le bourgeonnement est lent, les fleurs poussent sous une forme rabougrie puis se colorent de brun, les feuilles se recroquevillent et tombent prématurément.
- ▶ Une roussissure réticulaire apparaît sur l'épiderme des fruits.

Cycle de vie :

- ▶ Le mycélium passe l'hiver dans les bourgeons de l'année précédente.
- ▶ Les jeunes feuilles sont infectées (mai/juin).
- ▶ Les parties de plante infestées libèrent continuellement de nouvelles spores et infectent sans cesse des parties de plante saines.



Fig. 91: Oïdium sur pousse de pommier, feuilles poudrées de blanc, mal développées



Fig. 92: A gauche avec oïdium : les écailles des bourgeons ne sont pas fermées, la pousse est poudrée de blanc. A droite : pousse saine

Écologie :

- ▶ Les conditions optimales pour ce champignon sont des températures chaudes (19 à 25 °C) avec une forte humidité de l'air, mais sans précipitations (champignon de beau temps).

Lutte :

- ▶ Indirecte :
 - ▷ Choisir des variétés tolérantes.
- ▶ Directe :
 - ▷ Éliminer systématiquement les rameaux infectés, lors de la taille hivernale, et les pousses colonisées, au printemps.
 - ▷ Utiliser des fongicides.
 - ▷ Culture biologique : appliquer du bicarbonate de potassium, du soufre mouillable.
 - ▷ Appliquer le soufre par temps chaud (mais pas caniculaire), combiner les fongicides agissant contre l'oïdium avec le traitement contre la tavelure.

L'exemple de l'oïdium sur le rosier

Symptômes :

- ▶ Des taches blanches farineuses, faciles à enlever, apparaissent sur les feuilles, les tiges et les fruits durant la seconde moitié de la période de culture, en particulier par temps chaud et sec. En fonction des conditions météorologiques du printemps, la maladie peut se manifester plus tôt.
- ▶ Les feuilles malades se flétrissent et meurent lentement.



Fig. 93: Oïdium sur amélanchier

Cycle de vie :

- ▶ Les spores se déposent sur les feuilles, ce qui donne naissance à une couche feutrée de champignons blanchâtres.
- ▶ Ce mycélium produit de nouvelles spores asexuées (conidies).
- ▶ Ces conidies, regroupées en chaînes, se détachent de ces dernières sous l'influence des conditions alternativement humides et sèches.
- ▶ Grâce au vent (ou aux travaux dans les cultures), les spores peuvent se déposer sur de nouvelles plantes, si bien que l'infection s'étend.
- ▶ On ne sait pas de manière absolument certaine comment le champignon passe l'hiver. On imagine que c'est sous la forme d'appareils fructifères, sur des adventices, ou que des spores restent collées à la serre.

Écologie :

- ▶ Un climat chaud et sec est idéal pour le développement du champignon.

Lutte :

- ▶ Indirecte :
 - ▷ Choisir des variétés tolérantes.
 - ▷ Sous serre : éviter les températures supérieures à 21°C, de même que les basses températures nocturnes en raison de la rosée.

- ▷ Assurer une bonne circulation de l'air grâce à la ventilation.
- ▷ Humidifier brièvement les cultures vulnérables dans la serre à midi pour augmenter l'humidité de l'air ; faire toutefois attention à ne pas brûler les feuilles et à ne pas favoriser les maladies qui préfèrent les conditions chaudes et humides.
- ▶ Directe :
 - ▷ Utilisation de fongicides dans la serre.
 - ▷ En plein champ, un traitement fongicide ne se justifie que si l'attaque débute suffisamment tôt (avant le dernier tiers de la culture).
 - ▷ En cas de forte infestation, une taille importante s'impose.

Botrytis cinerea

Ce champignon peut infecter une vaste gamme d'hôtes, dont les bégonias, la lavande et les géraniums, entre autres, ainsi que des conifères. La lavande, les bégonias et les géraniums sont fortement concernés. La maladie causée par *Botrytis cinerea* est également appelée « pourriture grise ». Le champignon peut survivre plusieurs années dans le sol sur des matériaux morts. Il privilégie un parasitisme de faiblesse et s'attaque donc aux plantes dont les conditions de vie sont défavorables.

Symptômes :

- ▶ La pourriture grise (Botrytis) attaque les tiges, les feuilles, les boutons floraux et les capitules.
- ▶ Sur les jeunes plantes, des décolorations sombres apparaissent d'abord sur les tiges, plus tard, les tissus végétaux pourrissent et la tige peut se casser.
- ▶ Les zones de pourriture sont recouvertes d'un feufrage fongique gris et poudreux (composé de conidio-phores et de conidies).

Cycle de vie :

- ▶ L'infection se fait par trois canaux différents.
 - ▷ L'infection conidienne a lieu sous des températures comprises entre 3 et 39 °C, avec des spores d'été. L'infection mycélienne se transmet d'une partie de plante à une autre.
 - ▷ L'infection par les sclérotes repose sur des spores persistantes mesurant 1 à 4 mm. Ces dernières peuvent survivre jusqu'à deux ans.
 - ▷ Le champignon détruit les cellules végétales et les fait périr.
- ▶ Les sclérotes survivent jusqu'à deux ans dans le sol.



© Renovita Wilken GmbH, Patrice Arnet

Fig. 94: Botrytis sur roses

Écologie :

- ▶ Le risque d'infection est plus élevé si la distance entre les plantes est réduite ou si l'hygiène sous serre est mauvaise.
- ▶ Si l'air circule trop peu, que son humidité est trop élevée ou que de la rosée se forme, l'infestation est plus rapide.

Lutte :

- ▶ Indirecte :
 - ▷ Améliorer la circulation de l'air et augmenter la distance entre les plantes.
 - ▷ Éviter les excès d'azote et les carences en potassium et en calcium.
 - ▷ Aérer plus souvent la serre.
- ▶ Directe :
 - ▷ Traitement fongicide possible lorsque le risque d'infestation est élevé.

Tavelures

Les champignons qui provoquent des tavelures font partie des principaux agents pathogènes des cultures de fruits à pépins. Sans mesures destinées à lutter contre ces organismes dans les arbres fruitiers, les pertes de récoltes des principales variétés cultivées de nos jours atteindraient jusqu'à 100 %. L'infestation de champignons sur les feuilles réduit la photosynthèse. Une forte infestation des feuilles ou des fruits à un stade précoce peut les faire tomber de manière prématurée. Les infections plus tardives abîment les fruits, ce qui peut entraîner un déclassement. Les fruits infestés sont par ailleurs plus difficiles à stocker.

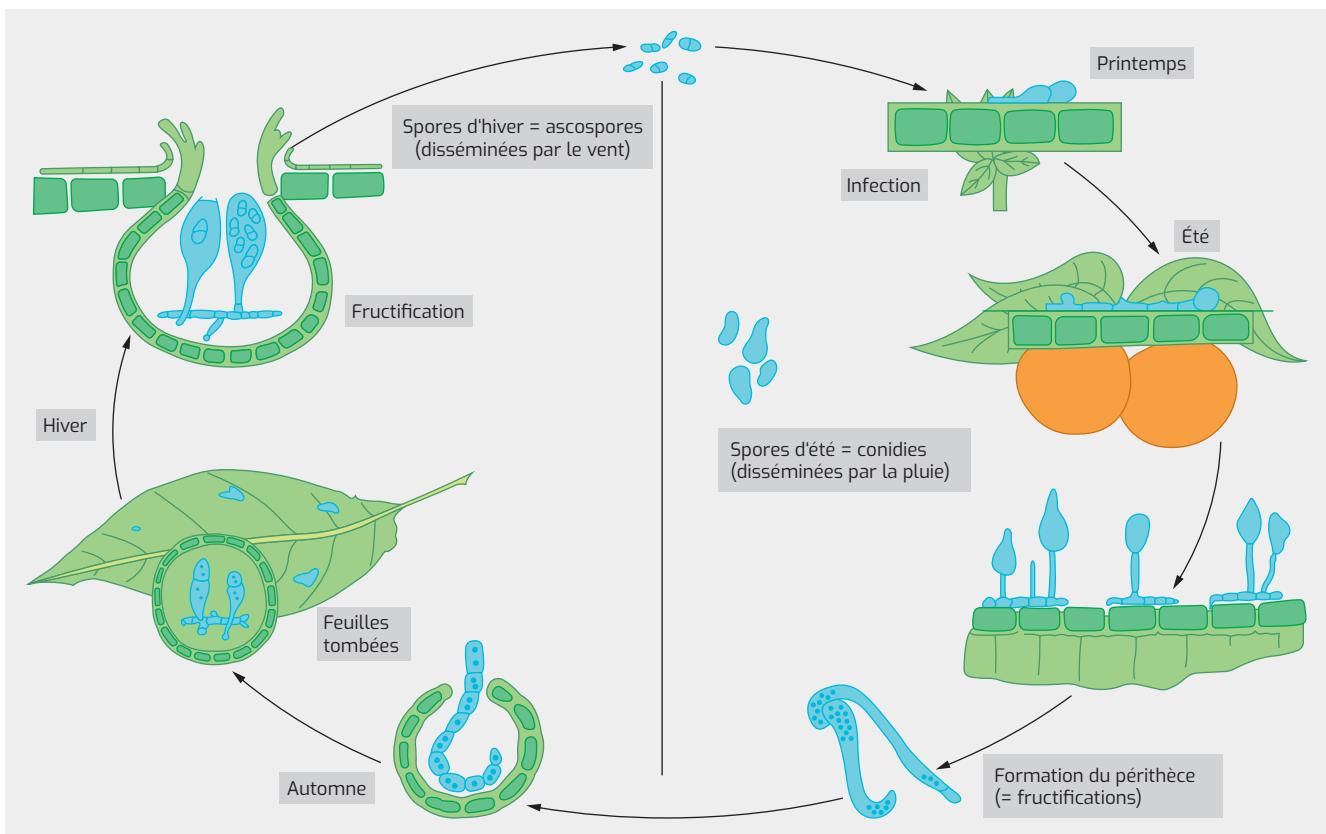


Fig. 95: Cycle de vie de la tavelure

L'exemple de la tavelure du pommier

Symptômes :

- ▶ Taches brun-rouge sur les feuilles, taches brun foncé sur les fruits.
- ▶ En cas de forte infestation, les feuilles et les fruits peuvent tomber prématurément.



Fig. 96: Feuille avec des taches de tavelure



Fig. 97: Pomme avec une forte attaque de tavelure

Cycle de vie :

- ▶ Le champignon passe l'hiver au sol, sur les feuilles mortes.
- ▶ Par l'intermédiaire du vent ou de gouttes de pluie, les spores infectent les jeunes pousses et les fruits. Elles y adhèrent fermement et se multiplient à leur surface. Comme toutes les spores ne mûrissent pas en même temps, la pluie provoque en permanence de nouvelles infections d'avril à juin.
- ▶ Après la période d'incubation, une couche de champignons se développe. Lorsqu'il pleut, les spores d'été qui s'y forment sont lessivées vers les couches inférieures de la couronne.

Écologie :

- ▶ Pour la germination des spores, les longues périodes de pluie sont optimales. Si l'humidité fait défaut, le mycélium ne peut se développer et les spores dépérissent.
- ▶ Plus les températures sont basses, plus l'infection progresse lentement.

Lutte :

- ▶ Indirecte :
 - ▷ Choisir des variétés tolérantes à la tavelure.
 - ▷ Privilégier des sites où les feuilles séchent le plus rapidement possible.
 - ▷ Ramasser les feuilles tombées en automne.
- ▶ Directe :
 - ▷ Contrôler régulièrement les arbres fruitiers pour détecter la présence de la tavelure.
 - ▷ Traiter avec des fongicides (pour les applications curatives, tenir compte aussi des modèles de prévision pour la tavelure).
 - ▷ Culture biologique : traitement au cuivre, argile acide, poudres de roche.

Maladies des taches foliaires

Très répandues dans l'horticulture et dans la production, les maladies des taches foliaires affectent par exemple les plantes ligneuses, les plantes vivaces ou les parterres fleuris. Les champignons peuvent être introduits avec des semences, ce qui entraîne une levée atrophie. Un air très humide favorise le champignon. La propagation de ce dernier à la surface des feuilles diminue l'efficacité de la photosynthèse.

L'exemple de l'alternariose sur les lauriers-roses

Les deux agents pathogènes *Alternaria solani* et *A. alternata* causent la maladie des tâches foliaires sur les lauriers-roses, sur *Solanum rantonetti* et sur d'autres solanacées.

Symptômes :

- ▶ De petites taches gris-brun présentant des cercles concentriques se développent sur les feuilles. Fin mai ou début juin, des taches semblables à des gouttes (jusqu'à 0,5 cm) apparaissent sur les feuilles encore vertes (*Alternaria alternata*).
- ▶ Des taches rondes brunes bien délimitées avec des cercles concentriques sont visibles sur les feuilles plus âgées (*Alternaria solani*).



© Renovita Wilen GmbH, Patrice Arnet

Fig. 98: Alternaria sur laurier-rose.Cycle de vie :

- ▶ Les spores passent l'hiver sur les tubercules, sur les résidus de plantes ou dans le sol.
- ▶ Les spores sont disséminées par le vent et les éclaboussures dues à la pluie. Elles attaquent d'abord les feuilles âgées et affaiblies, sur lesquelles de nouvelles spores apparaissent.
- ▶ Les jeunes plantes sont principalement contaminées lors de la multiplication, par contact avec des pieds-mères malades.

Écologie :

- ▶ La formation des spores nécessite une température et un taux d'humidité élevés : le plus souvent, la maladie n'apparaît donc qu'à partir de juillet, après des périodes chaudes et humides.

Lutte :

- ▶ Indirecte :
 - ▷ Choisir des variétés tolérantes.
 - ▷ Choisir des semences saines.
 - ▷ Utiliser des pieds-mères sains.
 - ▷ Créer de bonnes conditions pour la croissance des plantes.
 - ▷ Gérer de manière optimale les conditions climatiques pour les cultures de solanacées sous serre.
 - ▷ Maintenir une certaine distance par rapport aux surfaces de solanacées dans les environs, car les spores peuvent aussi être amenées par le vent (hivernage).

- ▶ Directe :
 - ▷ Certains fongicides efficaces contre le mildiou ou contre d'autres champignons parasites sont aussi efficaces contre l'alternariose.
 - ▷ Traitement des semences (*Solanum*) à l'eau chaude.

L'exemple de la septoriose sur *Cornus*

Souvent, des champignons du genre *Septoria* s'attaquent aux cornouillers (*Cornus*) : il s'agit le plus souvent de la septoriose foliaire (*Septoria cornicola*). Les infections par cette septoriose ont fortement augmenté au cours des dernières décennies. Or elles réduisent le rendement de la photosynthèse. La septoriose joue notamment un rôle déterminant lorsque le printemps est particulièrement pluvieux. Elle entraîne d'importants dégâts esthétiques et entrave la photosynthèse.

Symptômes :

- ▶ Les plantules infestées lèvent mal.
- ▶ De petites taches apparaissent sur les feuilles. Elles se rejoignent ensuite pour former des taches brunes.
- ▶ L'infestation se propage, les parties affectées brunissent encore et les tissus végétaux dépérissent.
- ▶ De petits points bruns à noirs deviennent visibles dans les tissus morts : ces récipients sphériques contenant des spores sont appelés « spermogonies » ou « pycnides ».



© Renovita Witten GmbH, Patrice Arnet

Fig. 99: Septoria sur *Cornus*.

Cycle de vie :

- ▶ Le champignon peut demeurer aussi bien dans le sol que sur les semences (sur ces dernières, il nuit à la levée).
- ▶ Le champignon survit dans le sol sous la forme de spores persistantes ou de spores d'été, ainsi que dans les appareils fructifères et sur le matériel végétal.
- ▶ Les spores persistantes sont éjectées par la pluie : les éclaboussures les font passer du sol aux feuilles les plus basses ou le vent les emporte au loin.

- ▶ Lorsqu'il pleut, les éclaboussures leur permettent de se propager dans les cultures ou d'atteindre des étages de feuilles plus élevés.

Écologie :

- ▶ Un temps humide favorise l'apparition de la maladie (5 à 10 mm de pluie et des feuilles mouillées pendant 1 à 2 jours, avec une température d'au moins 4 °C).
- ▶ Fort développement après des périodes prolongées de temps changeant et des températures optimales comprises entre 10 et 20 °C.
- ▶ La période d'incubation et de latence (délai entre l'infection et l'apparition des symptômes) dure de deux à quatre semaines.
- ▶ On observe les premières infestations dans les endroits qui séchent mal.

Lutte :

- ▶ Indirecte :
 - ▷ Semences certifiées et choix de variétés tolérantes.
 - ▷ Pas de semis trop dense.
 - ▷ Pas d'apports d'azote trop importants.
 - ▷ Enfouissement soigneux ou évacuation des feuilles infestées.
- ▶ Directe :
 - ▷ Contrôle régulier des plantes.
 - ▷ Utilisation de fongicides.

💡 En Nouvelle-Zélande, il est courant que l'on survole les vignobles en hélicoptère à basse altitude après les pluies. Cette pratique est connue sous le nom de « séchage par hélicoptère ». Elle permet de faire tomber l'eau des feuilles et d'empêcher ainsi la propagation de champignons nuisibles tels que la pourriture grise. Cette méthode est considérée comme efficace pour lutter contre les maladies fongiques, mais elle coûte cher et nécessite des pilotes d'hélicoptère très expérimentés.

L'exemple de la maladie criblée sur le cerisier

La maladie criblée affecte souvent les cerisiers. Les infections ont fortement augmenté au cours des dernières décennies. Or elles réduisent le rendement de la photosynthèse. La maladie criblée joue notamment un rôle important pour toutes les espèces de *Prunus* lorsque le printemps est particulièrement pluvieux ou brumeux. Elle entraîne d'importants dégâts esthétiques et entrave la photosynthèse.

Symptômes :

- ▶ De petites taches sur les feuilles finissent par se rejoindre : après dix à quatorze jours, leur partie centrale éclate. On pourrait croire qu'un projectile a transpercé la feuille.
- ▶ L'infection se propage, les taches foliaires croissent, les tissus végétaux atteints meurent et tombent.



© Renovita Wilen GmbH, Patrice Arnet

Fig. 100: Maladie criblée sur un cerisier.

Cycle de vie :

- ▶ Le champignon survit dans le sol sous la forme de spores persistantes ou de spores d'été, ainsi que dans les appareils fructifères et sur le matériel végétal.
- ▶ Les spores persistantes sont éjectées par la pluie : les éclaboussures les font passer du sol aux feuilles les plus basses ou le vent les emporte au loin.
- ▶ Lorsqu'il pleut, les éclaboussures leur permettent de se propager dans les cultures ou d'atteindre des étages de feuilles plus élevés.

Écologie :

- ▶ Tout comme la brume, un temps humide favorise l'apparition de la maladie.
- ▶ Fort développement après des périodes prolongées de temps changeant et des températures optimales comprises entre 10 et 20 °C.
- ▶ On observe les premières infestations dans les endroits qui séchent mal.

Lutte :

- ▶ Indirecte :
 - ▷ Choisir des variétés tolérantes.
 - ▷ Ne pas planter trop serré.
 - ▷ Pas d'apports d'azote trop importants.
 - ▷ Enlever les feuilles atteintes et les fruits tombés.
- ▶ Directe :
 - ▷ Contrôle régulier des plantes.
 - ▷ Utilisation de fongicides.

Maladies fongiques dans les gazon

Les surfaces de gazon et les prairies peuvent être touchées par une grande variété de champignons. Toutefois, l'intérêt d'une lutte dépend de l'usage de la surface et des exigences des propriétaires. Des mesures préventives contribuent fortement à empêcher que les maladies fongiques ne prennent le dessus.

Maladie du fil rouge

La maladie du fil rouge affecte souvent les gazon. Les infestations ont fortement augmenté au cours des dernières décennies. Or elles réduisent le rendement de la photosynthèse. Le champignon se développe en particulier par temps chaud et humide.

Cette maladie constitue un symptôme de faiblesse qui apparaît plus particulièrement dans les sols compactés ou lorsque les nutriments disponibles sont mal équilibrés.

En cas de forte infestation, on observe de petites pelotes ouatées de couleur rose.

Symptômes :

- ▶ Des taches irrégulières qui se fondent les unes dans les autres.
- ▶ Des structures rouges en forme de bois de cerf qui émergent des feuilles.



© Renovita Wilen GmbH, Patrice Arnet

Fig. 101: Maladie du fil rouge.

Cycle de vie :

- ▶ La maladie du fil rouge peut se manifester pendant toute la période de végétation, mais on la rencontre surtout en été et en automne.
- ▶ Des taches irrégulières brunes apparaissent au début. Si l'on observe plus attentivement, on aperçoit des bois de cerf roses.
- ▶ Si l'humidité de l'air est élevée, des pelotes ouatées roses se forment.

Écologie :

- ▶ Le champignon est favorisé lorsque l'humidité se prolonge et que la couche de gazon sèche mal.
- ▶ Développement marqué par temps chaud et humide. Les températures comprises entre 15 et 23 °C favorisent le champignon.
- ▶ On observe les premières infestations dans les endroits qui sèchent mal.

Lutte :

- ▶ Indirecte :
 - ▷ Choix de variétés de graminées tolérantes.
 - ▷ Réduction du feutrage du gazon.
 - ▷ Apport régulier et équilibré en nutriments.
 - ▷ Affûtage ou remplacement réguliers des lames de la tondeuse à gazon.
- ▶ Directe :
 - ▷ Contrôle régulier du gazon.
 - ▷ Utilisation de fongicides.

Sclérotiniose estivale (« dollar spot »)

La sclérotiniose estivale se manifeste essentiellement en été. Au début, la maladie est souvent confondue avec des dégâts dus à la sécheresse. Elle se diffuse ensuite avec l'arrosage. Le champignon se développe en particulier par temps chaud et humide. Dans la rosée du matin, on peut apercevoir du mycélium similaire à de la toile d'araignée, qui disparaît dès que la rosée s'évapore.



© Renovita Wilen GmbH, Patrice Arnet

Fig. 102: Sclérotiniose estivale.Cycle de vie :

- ▶ La sclérotiniose estivale se manifeste principalement pendant les mois d'été, lorsque les températures dépassent 25 °C. Ces dernières années, ces conditions ont toutefois parfois prévalu de mai à septembre.
- ▶ Les taches brunes circulaires peuvent atteindre 4 cm. Elles sont clairement délimitées par rapport aux surfaces d'herbe saine.
- ▶ Lorsque l'humidité de l'air est élevée, on observe du mycélium similaire à de la toile d'araignée.

Écologie :

- ▶ Le champignon est favorisé lorsque l'humidité se prolonge et que la couche de gazon sèche mal.
- ▶ Développement marqué par temps chaud et humide, avec une température proche de 25 °C et une humidité de l'air élevée durant la nuit.
- ▶ On observe les premières infestations dans les endroits qui sèchent mal.

Lutte :

- ▶ Indirecte :
 - ▷ Choix de variétés de graminées tolérantes.
 - ▷ Réduction du feutrage du gazon.
 - ▷ Apport régulier et équilibré en nutriments.
 - ▷ Pas d'arrosage du gazon le soir.
- ▶ Directe :
 - ▷ Contrôle régulier du gazon.
 - ▷ Utilisation de fongicides.

Rond de sorcière

Des taches apparaissent en forme de cercle dans le gazon. Elles sont de couleur vert foncé à brun ou délimitent une zone dans laquelle l'herbe dépérît.

Ces ronds de sorcières peuvent être causés par une soixantaine d'agents pathogènes différents.

Dans le cercle, ces agents pathogènes repoussent généralement l'eau et dégagent une odeur de champignon. Chez certaines espèces, des sporophores (chapeau) de champignon apparaissent aussi sur le cercle.



© Renovita Wilen GmbH, Patrice Arnet

Fig. 103: Rond de sorcière.Cycle de vie :

- ▶ On ne peut décrire précisément le cycle de vie d'un rond de sorcière, puisque différents agents pathogènes peuvent en être la cause.
- ▶ Grandes taches circulaires. Leurs bords sont clairement délimités.

Lutte :

► Indirecte :

- ▷ Choix de variétés de graminées tolérantes.
- ▷ Réduction du feutrage du gazon.
- ▷ Apport régulier et équilibré en nutriments.
- ▷ Désinfection de la tondeuse à gazon.

► Directe :

- ▷ Contrôle régulier du gazon.
- ▷ Utilisation de fongicides.

Moisissure des neiges

Cette maladie apparaît surtout en automne et en hiver. Elle se reconnaît à un dépôt blanc qui s'étale sur la pelouse. Le champignon se développe en particulier par temps froid et humide.



Fig. 104: Moisissure des neiges.

Cycle de vie :

- La moisissure des neiges est une maladie du gazon qui est favorisée par de longues périodes de brouillard ou par la présence de feuilles mortes ou de neige sur la pelouse.
- Ce champignon n'est pas visible pendant les mois d'été, mais cela ne signifie pas qu'il n'est pas présent. Les dégâts ne sont simplement pas visibles, parce que les conditions de sporulation ne sont pas réunies.

Écologie :

- Le champignon est favorisé lorsque l'humidité se prolonge et que la couche de gazon sèche mal ou qu'elle est couverte.
- Développement marqué par temps froid et humide, avec une température comprise entre 0 et 10 °C.

Lutte :

► Indirecte :

- ▷ Choix de variétés de graminées tolérantes.
- ▷ Évacuation des feuilles mortes tombées sur le gazon.

- ▷ Fumure d'automne contenant beaucoup de potassium.
- ▷ Tonte rase du gazon avant l'hiver.

► Directe :

- ▷ Contrôle régulier du gazon.
- ▷ Utilisation de fongicides.

Adventices, flore accompagnatrice, « mauvaises herbes »

Généralités, définition des termes

On appelle « adventices » les plantes qui croissent spontanément sur une surface cultivée ou dans une prairie. Ces plantes sont indésirables, car elles peuvent provoquer des pertes économiques en disputant aux plantes cultivées l'espace, la lumière, les nutriments et l'eau dont celles-ci ont besoin. Le terme « adventices » inclut les plantes indésirables (« mauvaises herbes » à proprement parler) comme les graminées, mais il englobe aussi d'autres plantes comme les fougères ou les mousses. Par le passé, on a longtemps utilisé uniquement le terme « mauvaise herbe ». Avec le temps, on s'est pourtant rendu compte que ces végétaux ont aussi leur utilité, raison pour laquelle on utilise plutôt pour les désigner les termes « adventices » ou « flore accompagnatrice ». Dans le chapitre qui suit, à des fins de simplification, c'est le terme d'adventices qui sera surtout utilisé. Koch et Hurle (1978) en ont donné une définition simple : les adventices sont des plantes qui sont plus nuisibles qu'utiles. Cette définition indique clairement que les adventices peuvent aussi avoir leur utilité ; on parlera de flore accompagnatrice quand l'utilité dépasse la nuisibilité. De nos jours, il ne s'agit plus de détruire toutes les adventices, mais de les réguler pour éviter les dégâts aux cultures, à l'aide de méthodes acceptables sur le plan économique et écologique. Or il faut davantage de connaissances pour réguler (ou gérer) les adventices que pour les détruire.

Les informations suivantes doivent être connues :

- type et ampleur des dégâts potentiellement causés par les adventices, ainsi qu'utilité éventuelle de celles-ci ;
- caractéristiques et comportement des adventices (biologie et écologie) ;
- propriétés des plantes cultivées, du point de vue de la compétition des adventices et des possibilités de les combattre ;
- mesures de lutte ou de gestion applicables aux populations d'adventices.

Effets néfastes des adventices

Pour ce qui est des dégâts, on distingue les effets dommageables à court terme durant l'année d'exploitation dans la culture elle-même et les effets dommageables à long terme, les années suivantes, dans les cultures ultérieures.

Effets néfastes à court terme

- ▶ Effets d'éviction (compétition pour l'espace).
- ▶ Effets d'ombre (compétition pour la lumière).
- ▶ Prélèvement de matières nutritives (compétition pour les nutriments).
- ▶ Absorption d'eau (compétition pour l'eau).

Effets néfastes à long terme

- ▶ Présence de corps étrangers (graines d'adventices, plantes problématiques) sur la motte ou dans le pot.
- ▶ Surcroît de travail lors du défrichement, parce que les adventices doivent être enlevées de manière mécanique ou manuelle.
- ▶ Entretien mécanique nettement plus difficile tout au long de l'année.
- ▶ Transmission de maladies (hôte intermédiaire, hôte), par exemple rouilles.

Utilité des adventices

Les adventices peuvent également avoir des effets positifs :

- ▶ La couverture végétale et son enracinement diminuent l'érosion du sol et la battance.
- ▶ La couverture végétale a un impact positif sur la faune du sol, car elle réduit le rayonnement UV néfaste et l'assèchement de la terre.
- ▶ Sur les jachères envahies par les adventices (comme sur les jachères cultivées), les nutriments sont temporairement protégés du lessivage.
- ▶ Certaines adventices préparent et mettent à disposition des nutriments qui sont par ailleurs difficiles à trouver sous une forme appropriée (comme les renouées le font pour le phosphore).
- ▶ Une fois mortes, les adventices servent de nourriture aux microorganismes.
- ▶ Les adventices inoffensives concurrencent celles qui sont difficiles à combattre. Une large population d'adventices très variées sans plantes problématiques crée toujours moins de difficultés qu'une population d'adventices ne comprenant que quelques espèces problématiques.
- ▶ Dans une certaine mesure, les adventices peuvent ameublir les compactages.
- ▶ Les adventices peuvent détourner les ravageurs (limes, p. ex.) des jeunes semis.
- ▶ Soutien aux auxiliaires : les auxiliaires trouvent souvent une alimentation indispensable parmi les adventices.
- ▶ Exemples : Certaines adventices comme le chénopode blanc abritent très tôt des pucerons qui attirent dans les champs des auxiliaires spécialisés tels que les coccinelles. Les pollens des véroniques sont indispensables à certains syrphes et ichneumons adultes.



Fig. 105: La flore accompagnatrice réduit l'érosion, alors que les adventices inoffensives empêchent l'apparition de plantes difficiles à combattre. Même les toutes petites adventices peuvent maintenir la terre avec leurs racines et la protéger ainsi de l'érosion (à droite).

Biologie des adventices

Il est possible de classer les adventices de manière pragmatique en tenant compte de leur mode de reproduction et de leur type de croissance. En simplifiant quelque peu, on arrive à la classification présentée ci-après, qui joue un rôle important au moment de choisir la manière de réguler les adventices.

Plantes annuelles, bisannuelles et vivaces

a) Plantes annuelles

Si le cycle menant de la germination à la maturité des graines est achevé en douze mois, on a affaire à une plante annuelle. Les plantes annuelles ne fleurissent qu'une fois au cours de leur vie. Leur reproduction se fait par l'intermédiaire de graines, raison pour laquelle on les appelle aussi « adventices à graines ». Il s'agit par exemple de la moutarde des champs, des galéopides, des diverses espèces de renouées, des chénopodes, des galinsoges ou des millets.

b) Plantes bisannuelles

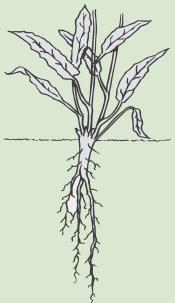
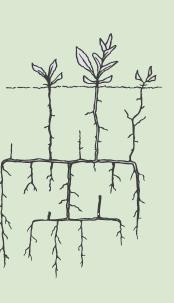
Ces plantes germent entre le printemps et l'été. Au cours de la première année, elles forment uneousse végétative (p. ex. une rosette de feuilles). La floraison et la fructification ont lieu la deuxième année. À titre d'exemple, on peut citer la carotte sauvage.

c) Plantes vivaces

Contrairement aux plantes annuelles, les plantes vivaces fleurissent plusieurs fois et possèdent un organe de réserve (p. ex. racine, stolons, tubercules). Pendant la période de végétation, cet organe se remplit de substances de réserve telles que le glucose ou l'amidon. Au printemps, les réserves accumulées sont mobilisées : ce sont elles

qui fournissent l'énergie nécessaire au débourrement. Les adventices vivaces peuvent donc fleurir et produire des graines plusieurs années de suite. Parallèlement à cette reproduction sexuée (générative), la reproduction végétative joue également un rôle important. Elle peut être assurée soit par la modification d'organes de la tige (stolons souterrains), soit par la modification d'organes de la racine. On peut citer à titre d'exemples le rumex, le chardon des champs, la renouée amphibia ou le chiendent.

Tab. 22: Mauvaises herbes vivaces importantes et leurs organes de réserve

Rumex	Chardon des champs	Chiendent
		
Racine pivotante	Rhizome	Rhizome

Groupes d'adventices

En fonction de leur mode de reproduction et de leur durée de vie, les adventices peuvent être réparties dans les quatre groupes ci-dessous pour leur régulation concrète.

Tab. 23: Classification des mauvaises herbes pour la régulation pratique

Adventices dicotylédones (plantule à deux cotylédons)	Adventices monocotylédones (plantule à un cotylédon)
Dicotylédones à graines (espèces dicotylédones annuelles) p. ex. véronique, pensée des champs	Monocotylédones à graines (espèces monocotylédones annuelles) p. ex. agrostide, millet.
Dicotylédones vivaces à racines (espèces dicotylédones vivaces/pluriannuelles) p. ex. rumex, chardon des champs.	Monocotylédones vivaces à racines (espèces monocotylédones vivaces/pluriannuelles) p. ex. chiendent.

Production de graines et durée de vie des graines

Les adventices doivent disposer de propriétés particulières pour pouvoir se maintenir dans des conditions qui changent sans cesse, en résistant au travail du sol et à la concurrence des plantes cultivées. Dans ce contexte, la production de graines (reproduction générative) s'avère cruciale. La reproduction végétative joue généralement un rôle secondaire (sauf pour les adventices problématiques telles que le chardon des champs, le chiendent ou les nouvelles espèces comme le souchet comestible), mais elle est déterminante pour le maintien des espèces concernées. Le tableau ci-dessous fournit un aperçu de la production de graines et de la durée de vie de celles-ci pour une sélection d'adventices.

Dans des conditions idéales (plante isolée, suffisamment d'eau et de nutriments), certaines adventices peuvent produire d'énormes quantités de graines. L'amarante peut en disséminer jusqu'à un million, la vergerette du Canada 240 000 et le coquelicot jusqu'à 80 000. Toutefois, dès que ces plantes sont en compétition (entre elles ou avec les plantes cultivées), leur production de graines diminue considérablement.

Tab. 24: Production de graines et durée de vie des graines de mauvaises herbes sélectionnées

Espèce végétale	Nombre approximatif de graines par plante	Durée de vie des graines dans le sol (années)
Lamier pourpre	60–300	env. 5
Mouron des oiseaux	2000–20 000	30
Pâturin annuel	env. 450	> 65
Agrostide	1000–12 000	1–4
Vulpin des champs	80–2000	11
Moutarde des champs	50–250	> 35
Chénopode blanc	3000–6000	40
Morelle noire	env. 500	> 40
Renouée à feuilles de patience	800–850	> 30
Galinsoges	> 5000	> 10
Panic pied-de-coq	200–500	11

Tab. 24: Production de graines et durée de vie des graines de mauvaises herbes sélectionnées (suite)

Espèce végétale	Nombre approximatif de graines par plante	Durée de vie des graines dans le sol (années)
Digitaire sanguine	jusqu'à 2000	3
Chardon des champs (plante vivace)	4000-6000	25
Rumex (plante vivace)	3000-7000	50-60

Réserve de graines dans le sol

Comme la plupart des graines d'adventices conservent leur pouvoir germinatif pendant une longue période, elles s'accumulent dans le sol. Le nombre de graines varie fortement et dépend du type de sol, du travail qui y est effectué et des mesures prises pour lutter contre les adventices. Des essais ont montré que les réserves de graines dans les 25 premiers centimètres du sol varient entre 6000 et 22 000 graines capables de germer par mètre carré. Les graines dissimulées dans le sol déterminent quelle population d'adventices va s'y développer et avoir éventuellement un impact négatif sur les cultures. Seuls quelques pour-cent de cette réserve de graines germent chaque année. Les recherches d'Agroscope ont montré qu'entre 6 et 28 % du stock de graines germent, en fonction de l'espèce végétale et des conditions climatiques. Les autres graines restent en « dormance » et peuvent encore germer plus tard. Les adventices levées visibles à la surface du sol ne constituent donc que la pointe de l'iceberg.

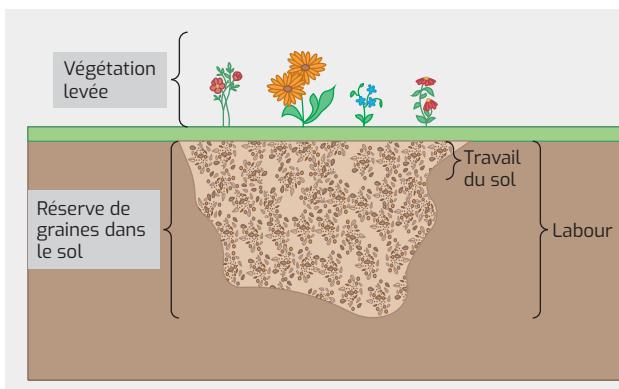


Fig. 106: Les mauvaises herbes levées observées sur le terrain ne sont que la partie émergée de l'iceberg. Le stock de graines dans le sol est beaucoup plus important.

Exigences en matière de site et évolution de la population d'adventices

L'ensemble de plantes propre à une région ne doit pas grand-chose au hasard. Une espèce ne peut se développer et se maintenir que sur un site qui lui correspond. L'association végétale qui occupe un site est influencée par différents facteurs. Si l'un ou plusieurs de ces facteurs changent, l'association végétale peut également connaître une évolution marquée.

Deux groupes de facteurs influencent les associations végétales :

- ▶ Facteurs abiotiques : facteurs présents dans l'environnement qui ne sont pas engendrés ou influencés par des organismes vivants. La possibilité d'influencer directement ces facteurs abiotiques est souvent très limitée, voire inexistante.
- ▶ Facteurs biotiques : facteurs au sein desquels des organismes vivants jouent un rôle. Dans bien des cas, ces facteurs peuvent être fortement influencés.

Facteurs abiotiques

- a) Climat (température, précipitations, vent)
- b) Exposition
- c) Altitude
- d) pH du sol
 - ▷ Indicateurs de pH acide : ravenelle, renouée poivre d'eau, vesce hérissée.
 - ▷ Indicateurs de pH basique : moutarde des champs, coquelicot, panic pied-de-coq.
- e) Approvisionnement en nutriments (N, P, K)
 - ▷ Indicateurs de bon approvisionnement en azote : mouron des oiseaux, matricaire odorante, panic pied-de-coq, morelle noire.

f) Teneur en humus

- ▷ Indicateurs d'un approvisionnement élevé en matières organiques : coquelicot, moutarde des champs, liseron des champs.

Les horticultrices et horticulteurs ne peuvent exercer aucune influence sur le climat, l'exposition et l'altitude, mais ils disposent d'une certaine marge de manœuvre pour les autres facteurs (chaulage des sols acides, p. ex.).

Facteurs biotiques

a) Influences humaines

- ▷ Techniques culturales, travail du sol : Le labour et le travail intensif du sol qui s'ensuit favorisent les adventices annuelles à graines, alors que le travail du sol sans charrue favorise les adventices vivaces.

- ▷ Moment du semis ou de la plantation : Certaines espèces germent tout au long de l'année, dès que les conditions y sont favorables. C'est notamment le cas du mouron des oiseaux, du lamier pourpre, de la camomille sauvage, de la capselle bourse-à-pasteur ou du pâturin annuel. La germination de ces plantes est possible dans toutes les cultures. À côté de ces végétaux, on rencontre des espèces qui germent uniquement après l'été et qu'on ne trouve donc que dans les cultures d'automne. C'est notamment le cas de l'agrostide et de la véronique à feuilles de lierre. Un autre groupe d'adventices germent principalement au début du printemps, par exemple la folleavoine, les galéopsides ou la moutarde des champs. Il y a ensuite le groupe des plantes qui germent vers la fin du printemps (chénopode blanc, morelle noire, amarante, galinsoges, diverses espèces de millet, etc.).
- ▷ Variétés de plantes cultivées : Les plantes dont le développement juvénile est rapide et les feuilles croissent vite font beaucoup d'ombre et contiennent donc mieux les adventices.
- ▷ Distance de plantation : Une distance de plantation réduite combat mieux les adventices qu'une distance plus importante.
- ▷ Nutrition des plantes : Une nutrition équilibrée favorise un développement serein de la plante, augmente sa couverture au sol et lui permet d'être plus compétitive. Certaines adventices comme le mouron des oiseaux savent particulièrement bien profiter d'une fertilisation excessive (surtout en azote), car elles absorbent mieux et plus rapidement cette substance que les plantes cultivées et peuvent ainsi s'étendre davantage.
- ▷ Utilisation d'herbicides : Tous les herbicides à l'exception du glyphosate sont sélectifs, ce qui signifie qu'une partie des adventices est traitée, alors que le reste de celles-ci n'est pas suffisamment ou pas du tout combattu. Il est donc important de viser les espèces problématiques principales et les adventices secondaires pertinentes (celles qui pourraient devenir problématiques) lorsqu'on recourt à des herbicides. Si l'herbicide choisi n'est pas suffisamment efficace contre toutes les adventices visées (ou si l'adventice appartient à la même famille botanique que la culture), la concurrence des autres adventices est supprimée et les adventices secondaires peuvent être favorisées et devenir un problème (augmentation de la masse végétale et des graines). La hausse de rendement espérée risque alors de ne pas avoir lieu.
- ▷ Rotation des cultures (assolement) : La rotation des cultures doit être prise en compte sur plusieurs années, afin de ne pas toujours avoir la même culture qui favorise invariablement les mêmes adventices.

b) Compétitivité des plantes

Les plantes cultivées se développent à des rythmes spécifiques et la vitesse à laquelle elles couvrent le sol varie donc également. Lorsque les plantes cultivées couvrent suffisamment le sol de manière régulière, les adventices ne peuvent plus germer par manque de lumière. Les cultures plantées présentent toujours des avantages par rapport à la concurrence des adventices.

c) Influence des animaux

À chaque fois qu'une plante cultivée est affaiblie par des animaux (limaces, insectes nuisibles, nématodes, etc.), cela réduit aussi sa compétitivité.

d) Influence des changements climatiques sur les adventices

Les adventices qui apprécient la chaleur profitent du changement climatique. C'est par exemple le cas de l'ambroisie à feuilles d'armoise. La hausse des températures va aussi favoriser les diverses espèces d'amarante et de millet, les galinsoges et les mercuriales. De plus, certaines adventices encore méconnues provenant de régions plus chaudes (lampourdes, p. ex.) devraient à l'avenir gagner en importance.

Adventices dans les surfaces de gazon

Les adventices présentes dans les gazons utilisés de manière intensive sont indésirables parce qu'elles perturbent la croissance souhaitée pour les graminées ou qu'elles portent atteinte à l'esthétique de la pelouse. Souvent, elles sont plus robustes et s'adaptent mieux que les graminées, ce qui leur permet de pénétrer dans le gazon et de l'évincer si les conditions du site ne sont pas optimales. Les adventices peuvent également attirer des maladies ou des parasites.

Parmi les adventices les plus fréquentes dans le gazon, on peut citer les végétaux suivants :

Pissenlit (*Taraxacum officinale*) : l'une des adventices les plus connues, elle se distingue par ses fleurs jaune vif et se propage grâce à de profondes racines.

Trèfle (*Trifolium*) : le trèfle blanc et l'oxalis, en particulier, se rencontrent fréquemment dans les pelouses. Le trèfle a la capacité de fixer l'azote, ce qui profite au sol, mais il peut aussi envahir le gazon.

Pâquerette (*Bellis perennis*) : ces petites fleurs blanches se rencontrent souvent dans les pelouses et peuvent se diffuser rapidement.

Grande pimprenelle (*Sanguisorba officinalis*) : cette autre adventice prospère dans les sols humides et riches en nutriments.

Cardamine (Cardamine) : cette espèce est répandue dans les zones humides du gazon.

Ortie (Urtica dioica) : ces plantes poussent souvent en bordure de pelouse et peuvent aussi se propager dans le gazon.

Potentille rampante (Potentilla reptans) : cette espèce se diffuse à plat et peut rapidement conquérir de grandes surfaces.

La présence d'adventices dans le gazon peut avoir différentes causes, par exemple des caractéristiques du sol peu favorables, un manque d'entretien ou des mélanges de gazon inadaptés. Pour éviter les herbes indésirables ou s'en débarrasser, il est important de tondre régulièrement, d'engraisser correctement et de scarifier de temps en temps la pelouse. Dans certains cas, des mesures ciblées telles que l'éclaircissement du gazon ou l'utilisation de désherbants peuvent également être nécessaires.

➤ **Ordonnance sur la dissémination dans l'environnement** : www.fedlex.admin.ch > Recueil systématique > Droit interne > 8 Santé - Travail - Sécurité sociale > 81 Santé > 814.911 Ordonnance du 10 septembre 2008 sur la dissémination dans l'environnement

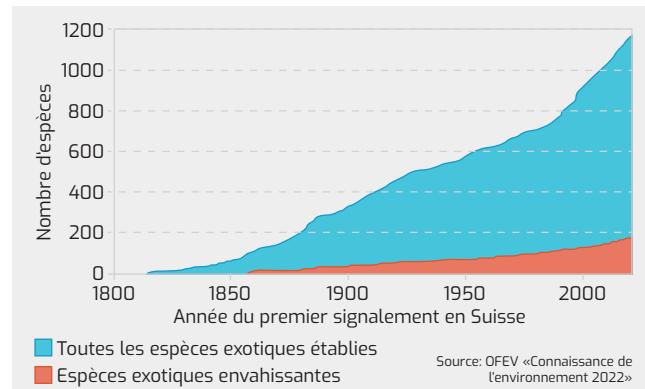


Fig. 107: Évolution dans le temps des espèces exotiques établies et des espèces exotiques envahissantes.

Espèces exotiques envahissantes (néobiotes)

Avec la mondialisation, le commerce, les transports et les voyages à longue distance se développent, si bien que des organismes sont transportés au-delà de leurs aires de répartition naturelles. Le terme « néobiotes » désigne ces espèces exotiques (plantes, animaux, champignons, etc.) que l'être humain a dispersées délibérément ou non. Alors que la plupart des espèces ne parviennent pas à s'établir dans leur nouvel écosystème, certaines peuvent y proliférer et poser de multiples problèmes : évincer les espèces indigènes, causer des dommages économiques, voire mettre en danger la santé humaine. Ces organismes sont appelés « espèces exotiques envahissantes ». En Suisse, c'est l'ordonnance sur la dissémination dans l'environnement (ODE) qui définit les « organismes exotiques envahissants » et réglemente leur utilisation dans l'environnement. L'ordonnance sur la santé des végétaux (OSaVé) réglemente pour sa part les organismes de quarantaine prioritaires, les organismes de quarantaine potentiels et les organismes réglementés non de quarantaine. Il s'agit en particulier de protéger les animaux et les plantes – tout comme les biocénoses et les biotopes – contre les effets néfastes causés par l'apparition d'organismes particulièrement nuisibles. Le caractère envahissant des espèces fait l'objet d'une évaluation complète qui tient compte non seulement des dommages causés à la biodiversité indigène, mais également des atteintes à la santé des personnes et des animaux, ainsi que des conséquences économiques (dégâts provoqués aux infrastructures, etc.).

Néophytes envahissantes

Les espèces végétales exotiques (néophytes) envahissantes mentionnées ci-après jouent déjà un rôle important en zone agricole ou pourraient y provoquer de gros dégâts à l'avenir (liste non exhaustive) :

- ▶ Solidages nord-américaines (solidage du Canada et solidage géant) ;
- ▶ Vergerette annuelle ;
- ▶ Renouée du Japon ;
- ▶ Ambroisie à feuilles d'armoise ;
- ▶ Berce du Caucase ;
- ▶ Armoise des frères Verlot ;
- ▶ Souchet comestible ;
- ▶ Impatiante glanduleuse ;
- ▶ Séneçon du Cap.



Fig. 108: Le solidage du Canada (en bord de route, à gauche) et la renouée du Japon (dans une prairie extensive, à droite) évincent complètement les espèces indigènes.

Le site Internet d'Infoflora fournit des informations très complètes sur les néophytes envahissantes :

- ↗ www.infoflora.ch > Néophytes
- ↗ www.jardinsuisse.ch > Environnement > Néophytes envahissantes | l'Ordonnance sur la dissémination dans l'environnement
- ↗ Guide sur les néophytes envahissantes dans le canton de Zurich : www.zh.ch > News > Rechercher « Neuauflage Praxishilfe » > Praxishilfe Invasive Neophyten im Kanton Zürich (uniquement en allemand).

Néozoaires envahissants

Les animaux exotiques (néozoaires) envahissants listés ci-dessous peuvent avoir un impact négatif dans les cultures agricoles (liste non exhaustive) :

- Scarabée japonais ;
- Coccinelle asiatique ;
- Drosophile du cerisier ;
- Mouche de la pomme ;
- Charançon du poivron ;
- Psylle de la tomate ;
- Mouche orientale des fruits ;
- Légionnaire d'automne.

✿ Coccinelle asiatique

À l'origine, la coccinelle asiatique a été introduite en Europe dans le cadre de la lutte biologique contre les pucerons dans les serres. Elle est toutefois parvenue à se propager dans la nature. Découverte en Suisse en 2006, elle a commencé à poser des problèmes en raison de sa reproduction rapide et de sa grande compétitivité. Extrêmement agressive, cette espèce évincé les coccinelles indigènes au point que celles-ci ne se rencontrent presque plus dans certaines régions de Suisse. La coccinelle asiatique dévore aussi les baies de raisin endommagées ou s'y cache même.

Obligation d'annoncer les organismes nuisibles particulièrement dangereux

Certains ravageurs et certaines maladies peuvent causer de gros dégâts parce qu'ils n'ont pas d'ennemis naturels chez nous et doivent être combattus. Il est donc obligatoire d'annoncer ces organismes nuisibles particulièrement dangereux.

Les organismes nuisibles suivants doivent notamment être annoncés au service cantonal de la protection des végétaux :

- ambroisie ;
- scarabée japonais ;
- capricorne asiatique ;
- *Xylella fastidiosa* ;
- virus du fruit rugueux brun sur les tomates et les poivrons ;
- flavescence dorée de la vigne.

- ↗ Il n'est pas obligatoire d'annoncer le frelon asiatique, mais celui-ci devrait impérativement être déclaré sur la plateforme nationale d'annonce pour le frelon asiatique : frelonasiatique.ch.

Les sites Internet d'Agroscope ou de l'Office fédéral de l'agriculture proposent des informations sur ces ravageurs et sur d'autres organismes nuisibles :

- ↗ Organismes nuisibles réglementés, Agroscope : www.agroscope.admin.ch > Thèmes > Production végétale > Protection des végétaux > Service phytosanitaire Agroscope > Organismes nuisibles réglementés.
- ↗ Organismes de quarantaine, Office fédéral de l'agriculture : www.blw.admin.ch > Thèmes > Végétaux > Santé des végétaux > Ravageurs et maladies > Organismes de quarantaine.

✿ Scarabée japonais

Comme son nom l'indique, le scarabée japonais est originaire du Japon (et d'autres régions d'Asie). Il appartient à la famille des scarabéidés, tout comme le hanneton de nos régions. En 2014, il a été identifié pour la première fois en Italie (Lombardie). En Suisse, un premier foyer d'infestation a été découvert en 2020 dans le sud du Tessin. Les adultes causent des dégâts en mangeant les feuilles, les fleurs et les fruits de nombreuses plantes sauvages ou cultivées, tandis que les larves s'attaquent aux racines de l'herbe. Le scarabée produit une génération par an, ses larves passent l'hiver dans le sol à une profondeur de 15 à 20 cm. Très vorace, il est capable de dévorer pratiquement toutes les plantes hôtes.

Auxiliaires

Les auxiliaires sont les ennemis naturels (antagonistes) des ravageurs. Ils permettent de restreindre, voire d'éviter les dégâts dans une culture. Parmi les insectes, les acariens, les nématodes, les bactéries, les virus et les champignons, il existe de nombreuses espèces d'auxiliaires. Il est possible de multiplier les individus de certaines d'entre elles et de les disséminer à des fins de lutte biologique. On peut en outre favoriser la plupart des auxiliaires en aménageant des structures naturelles à proximité des cultures ou à l'intérieur de celles-ci.

- Vous trouverez plus d'informations à ce sujet au chapitre «4. Planifier une stratégie phytos. et mettre en œuvre des mesures préventives» sous le titre «Utilisation des facteurs de limitation naturels : entretien de l'ensemble de l'écosystème» à la page 52.

Lorsqu'on parle d'ennemis naturels, on en distingue trois catégories : les prédateurs, les parasitoïdes et les maladies de parasites (bactéries, virus et champignons). Les prédateurs mangent ou sucent leurs proies : ils sont généralement plus gros que celles-ci et ne se concentrent guère sur une seule espèce de ravageurs. Chez les insectes, de nombreuses espèces sont prédatrices au stade larvaire

ainsi qu'au stade adulte. Les principaux prédateurs, dans cette classe d'animaux, sont les coléoptères, les syrphes, les cécidomyies et les punaises. Les parasitoïdes (p. ex. les ichneumons, les tachinaires) pondent leurs œufs dans ou sur d'autres insectes. Les œufs, les larves, les nymphes ou les adultes de ces proies leur servent alors d'hôtes. Le développement des parasitoïdes se fait à l'intérieur de l'hôte. Ce dernier n'y survit pas. Selon l'espèce, il meurt avant ou après l'élosion de l'auxiliaire.

De manière générale, les paysages riches en structures (haies, ourlets, jachères florales, surfaces rudérales, zones extensives) favorisent les auxiliaires, qui peuvent y trouver de la nourriture ou y passer l'hiver. Si la culture doit être traitée directement, il faut si possible utiliser des produits qui préservent les espèces utiles (produits « neutres » pour l'auxiliaire).

Les sources suivantes fournissent davantage d'informations sur les auxiliaires :

- www.jardinsuisse.ch > Environnement > Biodiversité
- Vidéos sur agrinatur.ch: www.agrinatur.ch > Vidéos
- Livre « Protection des plantes en production durable », Édition LMZ : www.edition-lmz.ch > Agriculture > Production végétale.

Tab. 25: Sélection d'auxiliaires

Coccinelles



Description et utilité :

- ▶ Environ 80 espèces en Europe centrale ;
- ▶ Tant l'imago que les larves de coccinelle mangent des ravageurs ;
- ▶ En fonction de l'espèce, elles mangent des pucerons, des cochenilles, des acariens, des larves de cicadelles ou des champignons d'oïdium ;
- ▶ Une coccinelle à sept points peut manger plus de 3000 pucerons au cours de sa vie.

Mesures de soutien :

- ▶ En fonction de l'espèce : mettre en place des bandes herbeuses, des haies ou des tas de feuilles mortes pour la période hivernale ;
- ▶ Garantir une offre naturelle de pucerons grâce à la flore accompagnatrice ;
- ▶ Renoncer à lutter contre les pucerons tels que le puceron noir de la fève tant qu'ils ne prolifèrent pas (tolérer une population de pucerons en dessous du seuil de nuisibilité).



Tab. 25: Sélection d'auxiliaires (suite)

Chrysopes

© S. Keller, Eschenz

Description et utilité :

- ▶ Environ 22 espèces en Europe centrale ;
- ▶ Les larves se nourrissent de pucerons, de cochenilles et d'acariens ;
- ▶ En fonction de l'espèce, elles exterminent entre 200 et 1000 pucerons tout au long de leur stade larvaire.

Mesures de soutien :

- ▶ Plantes à fleurs (p. ex. flore accompagnatrice, fleurs au bord des chemins, prairies extensives, jachères florales et bandes semées pour organismes utiles) : les chrysopes adultes se nourrissent de nectar, de pollen et de miellat ;
- ▶ Pas de faucheuse-conditionneuse.



© Fritz Häni, Spiez

Ichneumons

© S. Keller, Eschenz

Description et utilité :

- ▶ Pondent leurs œufs dans ou sur les ravageurs à différents stades de développement de ceux-ci ; après l'élosion de l'auxiliaire, l'hôte meurt ;
- ▶ Parasitent les chenilles de papillons, les cochenilles, les pucerons et les pucerons lanigères.

Mesures de soutien :

- ▶ Plantes à fleurs (p. ex. flore accompagnatrice, fleurs au bord des chemins, prairies extensives, jachères florales) : les ichneumons adultes ont besoin de nectar et de miellat ;
- ▶ Renoncer à lutter contre les pucerons tels que le puceron noir de la fève tant qu'ils ne prolifèrent pas (tolérer une population de pucerons en dessous du seuil de nuisibilité).
- ▶ Pas de faucheuse-conditionneuse.



© S. Keller, Eschenz

Tab. 25: Sélection d'auxiliaires (suite)

Carabes**Description et utilité :**

- ▶ Plus de 700 espèces en Europe centrale ;
- ▶ 3 mm à 4 cm ;
- ▶ Sous forme de larve de coléoptère et au stade adulte, dévorent des insectes, des escargots et d'autres petits animaux (œufs, larves, adultes)
- ▶ Mangent jusqu'à trois fois leur poids par jour ;

Mesures de soutien :

- ▶ Bonne couverture du sol ;
- ▶ Prairies, haies, bordures de champ couvertes de végétation ;
- ▶ Travail du sol approprié et ameublissement du sol des grandes cultures ;
- ▶ Sous-semis, flore accompagnatrice et apport de matière organique.

**Acariens prédateurs****Description et utilité :**

- ▶ 0,4 mm de long, se déplacent très vite ;
- ▶ Dévorent les acariens et leurs œufs ;
- ▶ Mangent deux ou trois grands acariens ou 200 ériophyides par jour.

Mesures de soutien :

- ▶ Haies avec des mûriers, des cornouillers sanguins, des noisetiers, des chèvrefeuilles des haies ;
- ▶ Favoriser l'offre en pollen de graminées en pratiquant la fauche alternée ;
- ▶ Déplacer des acariens prédateurs à l'aide de matériel végétal ou de bandes de feutre.



Tab. 25: Sélection d'auxiliaires (suite)

Oiseaux



Description et utilité :

- ▶ Les mésanges mangent les chenilles de carpocapses des pommes et de phalènes ;
- ▶ Pour élever leurs petits, les effraies des clochers ont besoin, par saison, de 2000 à 3000 campagnols, les faucons crécerelles de 700 campagnols.

Mesures de soutien :

- ▶ Paysage cultivé riche en structures (haies, arbres, prairies extensives, jachères florales) ;
- ▶ Prévoir des perchoirs pour rapaces ;
- ▶ Effraies des clochers : les bâtiments ouverts offrent des places de repos importantes durant la journée ;
- ▶ Lutter contre les souris de manière appropriée.
- ↗ Proposer des nichoirs: [> Conseils > Nichoirs](http://www.vogelwarte.ch)



De nombreuses autres espèces animales servent d'auxiliaires dans les cultures. On peut citer les syrphes, les tachinaires, les asilides, les staphylinidés, les cantharidés, les punaises prédatrices, les cécidomyies, les mouches parasitoïdes, les perce-oreilles, les araignées, les nématodes prédateurs, les thrips prédateurs, les centipèdes, les champignons qui parasitent des insectes, les bactéries (p. ex. *Bacillus thuringiensis*), les mammifères (belettes, hermines, hérissons, chauves-souris, etc.), les lézards et les gastéropodes (p. ex. escargots de Bourgogne).

7

Lutte directe

7. Lutte directe

Dans la lutte directe, on distingue les types suivants :

- ▶ Méthodes physiques
- ▶ Méthodes biotechnologiques
- ▶ Méthodes biologiques
- ▶ Méthodes chimiques

Ce n'est que lorsque les mesures préventives ainsi que les méthodes physiques, biologiques ou biotechnologiques n'ont pas donné de résultats que les applications chimiques interviennent en dernier recours. Mais uniquement lorsque le seuil d'intervention a été atteint ou dépassé.

Méthodes physiques

Parmi les méthodes physiques, le désherbage mécanique est la mesure la plus répandue. Selon le domaine concerné, d'autres possibilités ont gagné en importance, par exemple la pose de filets ou de non-tissés, la capture ou le ramassage manuel des ravageurs, ainsi que différentes méthodes thermiques.

Mesures mécaniques

La lutte mécanique contre les mauvaises herbes regroupe toutes les mesures utilisant des méthodes physiques visant à éliminer ou détruire les adventices. Ces méthodes sont particulièrement appréciées en horticulture biologique ou dans une gestion durable des jardins, car elles sont respectueuses de l'environnement et sans danger pour la santé.

Différents types de lutte sont connus :

- ▶ Le désherbage constitue sans doute la méthode la plus connue de lutte mécanique. On arrache les adventices à la main ou à l'aide d'outils spéciaux.
- ▶ Une binette permet d'ameublir le sol en surface, ce qui élimine les adventices qui sont déterrées ou dont la racine est coupée. Cette méthode est souvent utilisée dans les plates-bandes et dans les potagers. Les houes à roue et les racloirs sont surtout utilisés entre les cultures.

- ▶ La houe rotative est appréciée pour les surfaces en friche ; il serait toutefois préférable de semer un engras vert dans ces secteurs.

Labourage

Le labour permet d'ameublir l'horizon supérieur du sol et d'incorporer les résidus végétaux ainsi que les engrais. La charrue convient en principe à toutes les cultures et contribue à l'aération du sol. Elle constitue un moyen efficace pour lutter contre les adventices indésirables, les maladies et les ravageurs. Ces avantages expliquent sans doute pourquoi le labour reste fréquemment utilisé, notamment en agriculture biologique.

En revanche, le labour peut altérer la structure du sol. Par conditions humides, il peut provoquer la formation d'une semelle de labour et entraîne une consommation de carburant plus élevée que les techniques culturales sans retournement du sol. Afin de réduire ces inconvénients, il est recommandé de ne pas labourer trop profondément lorsque les conditions pédologiques sont favorables.



© Andreas Reichenbach

Fig. 109: Herse à dents / cultivateur superficiel en pépinière

Travail du sol sans labour

Par « travail du sol sans labour », on fait référence à un travail du sol relativement superficiel, à l'aide de machines telles que le chisel, le vibroculteur ou le déchaumeur à disques. Cette méthode consiste à enfouir plus ou moins entièrement les résidus de récolte ou les engrais de ferme dans la couche supérieure du sol et à détruire ainsi les agents pathogènes qui s'y trouvent. Elle entraîne un effet un peu plus faible que le labourage. Elle stimule aussi la germination des graines d'adventices, des graines issues des plantes cultivées et des agents pathogènes. Contrairement à ce qui est le cas avec le labourage, le travail sans labour crée un système de pores stable, ce qui garantit une bonne aération du sol et une meilleure infiltration de l'eau. Les résidus végétaux encore présents à la surface du sol offrent une protection contre l'érosion et la battance.

Désherbage manuel

La méthode de lutte mécanique contre les mauvaises herbes la plus connue. Elle consiste à arracher ou à extirper les adventices du sol, à la main ou à l'aide d'outils spécifiques, en retirant également leurs racines.

Binage

Le binage consiste à ameublir superficiellement le sol à l'aide d'une binette, ce qui permet d'arracher les mauvaises herbes ou d'en sectionner les racines. Cette méthode est couramment utilisée dans les massifs et au potager. En plus des binettes traditionnelles, il existe plusieurs outils spécifiques comme la houe maraîchère, le grattoir poussé, les motoculteurs légers, ou encore les brosses de désherbage etc.

Pour les revêtements en gravier gras (allées et places en gravier), il est recommandé d'éliminer les jeunes adventices dès leur apparition, par exemple à l'aide d'une binette oscillante, sans endommager la couche de gravier gras.

Le choix de la méthode dépend du type d'adventice, de la surface à traiter et de la fréquence d'intervention. Dans la pratique, une combinaison de différentes techniques (p. ex. désherbage manuel et paillage) est souvent la plus efficace pour garder durablement les mauvaises herbes sous contrôle.

Le principe de base pour l'utilisation des outils de binage est le suivant : intervenir tôt et travailler superficiellement. Une intervention précoce permet de lutter beaucoup plus efficacement contre les adventices qu'une intervention tardive, lorsque les mauvaises herbes sont déjà plus développées. De plus, les croûtes de battance peuvent être facilement brisées avec des outils de binage.

Si l'outil est réglé trop profondément, il passe sous les racines des adventices, ce qui réduit fortement l'efficacité du travail. Le binage classique est certes plus long et plus coûteux (achat onéreux du matériel, cadence de travail plus faible, vitesse d'avancement plus lente que le herse-étrille), mais il permet en revanche de lutter plus efficacement contre les adventices à des stades plus avancés ou dans des sols plus lourds.

Cependant, les outils de binage classiques ne travaillent qu'entre les rangs : la bande sur la ligne de culture n'est pas travaillée. Avec certains équipements, il est toutefois possible de monter des doigts bineurs (finger hoes), qui interviennent dans le rang et permettent également d'éliminer les adventices directement sur la ligne de culture.



© Andreas Reichenbach

Fig. 110: Doigts bineurs Flunik

Robot de sarclage

Aujourd'hui, la tendance va vers des bineuses équipées d'un système de guidage par caméra, en particulier pour les grandes surfaces à biner et/ou dans le cadre d'un usage interentreprises. Une ou deux caméras détectent les rangs de culture et l'outil de binage se pilote automatiquement entre les lignes. Cela permet d'augmenter nettement la vitesse de travail, jusqu'à 10 à 12 km/h.

Cette vitesse plus élevée génère toutefois un jet de terre plus important. Pour éviter d'ensevelir les jeunes plants, il est nécessaire d'utiliser des protections de culture (écrans anti-projection).

Parfois, des techniques plus anciennes et respectueuses du sol peuvent également conduire au résultat souhaité.



© Andreas Reichenbach

Fig. 111: Binage à traction animale avec cheval



© Nicole Thonet

Fig. 112: Film MayPex

Couverture

Le sol peut également être protégé contre les adventices et d'autres influences en le recouvrant. Les films de paillage plastiques sont utilisés dans différentes cultures horticoles, notamment en pépinière. Les produits conventionnels en polyéthylène sont très résistants, mais peuvent entraîner des résidus plastiques indésirables dans le sol.

C'est pourquoi on utilise aujourd'hui principalement des films de paillage biodégradables. Les films sont posés à plat sur le sol, fixés sur les bords, et servent principalement à supprimer les adventices. Ils permettent également d'améliorer l'efficacité de l'arrosage, notamment dans les cultures de longue durée combinées à un système de goutte-à-goutte, et protègent les plantes et les pots contre les salissures dues à la terre. Au printemps, la montée rapide en température du sol et l'accélération de la croissance qui en résulte constituent un avantage majeur.

Le recouvrement du sol peut également être réalisé avec un paillage organique tel que paille, herbe ou copeaux de bois. Dans les cultures à longue durée ainsi que dans les aménagements paysagers, il a été démontré qu'une couche de paillage organique permet une bonne suppression des adventices annuels. De plus, elle réduit l'évaporation et limite l'échauffement du sol, ce qui peut avoir un effet très positif lors de périodes de sécheresse ou de fortes chaleurs.

Film MayPex

Grâce à sa structure tissée à partir de bandelettes, le film est perméable à l'eau et respirant. Les adventices sont supprimées pendant plusieurs années et ne peuvent pas traverser le film. Une partie de l'eau de surface s'écoule au-dessus du sol et peut être collectée puis recyclée. Ce film est utilisé comme support pour la production de plantes en conteneurs (plantes en pots).

Nattes de coco

Ces nattes conviennent aux nouvelles plantations. Elles empêchent la germination des adventices et préviennent l'érosion. Après environ trois à quatre ans, elles se décomposent. Durant cette période, l'implantation de la végétation souhaitée est assurée.

Paillage avec de la matière organique

Le paillage est une pratique horticole qui consiste à déposer une couche de matières organiques naturelles sur le sol afin de le recouvrir. Cette couche le protège de l'érosion, l'aide à conserver son humidité et favorise sa santé aussi bien que celle des plantes. Les paillis organiques sont composés de matériaux biodégradables (produit de la tonte de gazons, feuilles mortes, copeaux de bois, paille, compost ou écorce, p. ex.).

Objectifs et avantages du paillage avec de la matière organique :

1. **Rétention de l'humidité** : Le paillis aide à maintenir l'humidité du sol en réduisant l'évaporation. Il joue donc un rôle particulièrement important durant les mois secs de l'été, puisque le sol se dessèche ainsi moins vite.
2. **Lutte contre les adventices** : Le paillage freine la croissance des adventices en bloquant la lumière indispensable à la germination de leurs graines. Le sol reste ainsi plus propre et les plantes cultivées, qui ont besoin de nutriments et d'eau, subissent moins la concurrence des adventices.
3. **Amélioration du sol** : Lorsque la matière organique se décompose, elle se transforme en humus, ce qui améliore la structure du sol, favorise son aération et augmente l'apport en nutriments. Résultat : des plantes plus saines et un sol plus fertile.

4. **Régulation de la température** : Le paillis fait office de couche isolante et garde le sol plus frais en été et plus chaud en hiver. La zone des racines des plantes est ainsi protégée des températures extrêmes.
5. **Protection contre l'érosion** : Une couche de paillis protège le sol de l'érosion due au vent et à la pluie. Elle atténue l'impact des gouttes et empêche le sol de se mouvoir.
6. **Esthétique** : Le paillis donne souvent un aspect soigné au jardin et peut améliorer son esthétique en offrant au regard une surface uniforme et bien entretenue.

Types de paillis organiques :

- ▶ **Déchet de tonte de gazon** : La matière organique issue de la tonte du gazon peut être utilisée comme paillis. Elle se décompose rapidement et approvisionne le sol en éléments nutritifs. La couche de déchets végétaux déposée ne doit toutefois pas être trop épaisse, sans quoi elle en vient à constituer une « croûte » qui repousse l'eau.
- ▶ **Feuilles mortes** : Les feuilles tombées en automne peuvent elles aussi être utilisées comme paillis. Broyées, elles se décomposent rapidement et fournissent de précieux nutriments.
- ▶ **Compost** : Le compost bien décomposé peut être utilisé comme paillis. Il fournit alors des nutriments tout en améliorant la structure du sol.
- ▶ **Copeaux de bois ou écorce** : Ces matériaux organiques sont souvent utilisés dans les parterres de fleurs ou les allées de jardin. Ils se dégradent plus lentement et peuvent donc servir de paillis sur une plus longue durée. Il faut toutefois garder à l'esprit que certains types de paillis d'écorce (écorce de pin, p. ex.) peuvent légèrement abaisser le pH du sol, ce qui nuit à certaines espèces végétales.
- ▶ **Paille ou foin** : Ces matériaux légers sont souvent bien utiles dans les jardins potagers ou pour le paillage des plates-bandes. Ils aident à maintenir l'humidité du sol et à étouffer les adventices.
- ▶ **Bois déchiqueté** : Le bois déchiqueté utilisé comme paillis se décompose lui aussi plutôt lentement. Il combat bien les adventices et assure une bonne couverture du sol. Il est particulièrement apprécié dans les plates-bandes ou sous les arbustes.
- ▶ **Paillis de couverture** : Le paillis de couverture est utilisé pour contenir les adventices autour des plantes en récipient. En fonction du producteur, le paillis se compose de différents matériaux et mélanges. Dans certains cas, un adhésif naturel est ajouté, qui lie entre eux les divers composants du paillis dès qu'il est arrosé. Il permet d'éviter que le paillis s'envole du pot. Le matériau peut être épandu mécaniquement après la mise en pot. Son effet perdure pendant une période de végétation (un an au maximum). Il s'estompe ensuite progressivement.

- ▶ **Disques de paillage** : Ces disques composés de fibres de coco ou de laine de mouton sont soumis à une forte pression lors de leur fabrication. Leur face inférieure est recouverte d'une colle de cellulose. Chaque disque utilisé doit avoir une taille appropriée. Il est placé sur le pot à la main. Il est important de ne pas remplir le pot de terre jusqu'en haut. Si le disque n'est pas placé en dessous du bord du pot, il sera emporté par le vent. Il est perméable à l'eau et à l'air.



Fig. 113: Paillis de couverture



Fig. 114: Disques de paillage

Application d'un paillis organique :

- ▶ **Épaisseur de la couche** : Idéalement entre 5 et 10 cm. Une couche trop épaisse peut étouffer les racines et la vie du sol. Si la couche est trop fine, l'effet recherché ne se produit pas.
- ▶ **Distance par rapport aux tiges de plantes** : Le paillis ne devrait pas être déposé directement contre la tige des plantes cultivées ou le tronc des arbres, car cela accroît le risque de pourriture et d'infestation par les ravageurs. Une distance de quelques centimètres est idéale.
- ▶ **Décomposition** : Le paillis de matière organique se décompose au fil du temps. Il faut donc en rajouter régulièrement, surtout si le paillis commence à s'amincir ou à se décomposer fortement.

- ▶ Choix du matériau : Les matériaux frais se décomposent plus lentement, mais ils immobilisent de l'azote et peuvent influencer le pH du sol. Les matériaux déjà partiellement décomposés doivent être renouvelés plus rapidement, car leur processus de dégradation est déjà plus avancé.

Exemple : Paillage avec roseaux de Chine

En recouvrant les cuvettes des arbres ou les rangs avec des roseaux de Chine, on réduit nettement la pression des adventices durant la première ou les deux premières années. Il est important que le sol soit propre et exempt d'adventices au moment de la mise en place et que la couche ait une épaisseur d'au moins 5 cm. Idéalement, ce procédé est répété chaque année.



Fig. 115: Paillis de couverture en roseau de Chine

Exemple : Mulch projeté

Avant la plantation ou juste après celle-ci, on peut épandre du paillis pulvérisé à la machine sur les surfaces. Une fois sec, le mélange de cellulose, de sciure et d'amidon constitue une fine couche de paillis, qui empêche la germination des adventices la première année. Cette méthode convient bien aux cultures rapides qui restent en place au maximum un an.

Scarification

Dans le gazon, la scarification consiste à entailler la couche supérieure du sol avec une lame. Cette méthode permet d'enlever le vieux feutre du gazon, de même que les adventices qui s'enracinent en surface. Elle ne devrait pas être effectuée avant ou pendant une période de forte chaleur.

Aération (aéification)

L'aération permet de ventiler le sol et de favoriser les échanges gazeux. On réalise entre 200 et 400 trous par mètre carré, jusqu'à une profondeur de 8 à 10 cm. Ceux-ci sont ensuite remplis de sable de quartz et/ou de substrats d'amélioration du sol.

Chaleur

La chaleur permet d'éliminer à la fois les adventices et les agents pathogènes.

Désherbage thermique

La désherbage thermique au gaz liquide est une méthode permettant d'éliminer les adventices sans laisser de résidus. Avec cette technique, la chaleur d'une flamme nue provoque une dénaturation irréversible des protéines dans les cellules végétales vivantes, entraînant ensuite la mort des cellules et donc de la plante.

Lors du désherbage thermique, les plantes ne sont donc pas brûlées (carbonisées), mais paraissent extérieurement intactes immédiatement après l'exposition à la chaleur. Ce n'est qu'au bout de quelques heures ou jours qu'elles se flétrissent et se dessèchent.

Il faut faire preuve de prudence avec la flamme nue, car par temps sec, un départ de feu peut facilement se produire.

Rayonnement infrarouge

Le traitement par infrarouge élimine les adventices sans flamme nue. Le principe de fonctionnement reste toutefois le même.

Domaines d'utilisation : pavés en béton, chemins en gravier ou en dalles, murs en pierres sèches et toitures plates.



Fig. 116: InfraWeeder Master

Procédé à l'eau chaude / à la vapeur surchauffée

Dans ces procédés, de la vapeur chaude ou de la mousse d'eau chaude est appliquée sur les adventices. L'effet est le même que celui obtenu avec le désherbage thermique au gaz ou le traitement par infrarouge.



Fig. 117: Lutte herbicide avec mousse d'eau chaude

Combattre les néophytes avec de l'électricité

Le système RootWave repose sur une technique électro-physique. L'appareil génère, par simple pression d'un bouton, une impulsion électrique de très haute tension (5000 volts) directement dans le système racinaire de la plante. Le chlorophylle est immédiatement endommagé, les cellules sont détruites de manière irréversible et meurent.

L'approvisionnement en eau des cellules est interrompu, et la plante se dessèche.

Traitements du sol à la vapeur

Lorsqu'on traite un sol à la vapeur, sa température atteint jusqu'à 90°C à la profondeur souhaitée. Les graines d'adventices, les insectes (auxiliaires compris) et leurs larves, de même que les agents pathogènes sont ainsi détruits. Cette méthode de lutte se passe de produits chimiques, mais elle nécessite beaucoup d'énergie, car la vapeur est produite à l'aide de brûleurs à mazout ou à gaz. Le traitement du sol à la vapeur est largement pratiqué dans les serres.

Capture et prélèvement

Les pièges à campagnols constituent sans doute l'exemple le plus connu de cette méthode de lutte physique directe. Il existe aussi des pièges englués de couleur, qui peuvent être posés dans la serre pour lutter contre des ravageurs tels que les mouches blanches, les mineuses de la tomate, les thrips ou les cicadelles. En plein air, des cartes adhésives jaunes sont employées contre la mouche de la cerise. Les pièges – parfois combinés à des phéromones – servent souvent aussi à connaître la date du début du vol, à estimer la densité de population, voire à déterminer si le seuil d'intervention est atteint : c'est notamment le cas pour la tordeuse du pois, la mouche de la carotte, les thrips ou les vers de la grappe. Le prélèvement manuel de ravageurs ne joue qu'un rôle plutôt négligeable. Il est effectué sur de petites surfaces pour gros animaux tels que les limaces.

Filets

Les ravageurs peuvent être tenus à distance des cultures au moyen de filets synthétiques à mailles fines. En choisissant un filet adapté à l'organisme ciblé, une protection efficace contre les insectes est assurée.

En maraîchage sur petites surfaces, ces filets sont utilisés notamment contre la mouche du chou, la piéride du chou ou la teigne du poireau.

En arboriculture, pour les fruitiers à pépins, des filets latéraux sont installés afin de lutter contre différentes espèces de tordeuses, tandis que pour les arbres fruitiers à noyaux et dans la production de petits fruits, ils servent à protéger les cultures contre la drosophile du cerisier.



Fig. 118: Les filets contre les insectes empêchent les ravageurs d'atteindre les plantes cultivées. Illustration : une culture de poireau qu'un filet protège de la teigne du poireau.

Élimination de parties de plantes infestées

En éliminant les plantes ou les parties de plantes infestées, on peut réduire la poursuite du développement et la propagation des maladies et des ravageurs. Il est important que ce matériel végétal atteint ne soit pas mis au compost, mais éliminé correctement.

Méthodes biotechniques

Les mesures phytosanitaires biotechniques sont utilisées pour la régulation des insectes. Certaines substances permettent de tenir les ravageurs éloignés des cultures, de les attirer en certains endroits, de les influencer au moyen de régulateurs de croissance ou de perturber leur développement grâce à d'autres interventions techniques. On distingue les groupes suivants :

- ▶ répulsifs (kaolin contre la drosophile du cerisier, p. ex.) ;
- ▶ phéromones pour la lutte et la surveillance (p. ex. contre la pyrale du buis) ;
- ▶ pièges chromatiques / pièges collants pour la lutte et la surveillance des vols (p. ex. pièges collants contre les thrips) ;
- ▶ régulateurs de croissance et de développement (le tébufénozide provoque p. ex. une mue prématuree de la piéride du chou).

On attribue parfois aussi aux mesures biotechniques les barrières physiques telles que les filets de protection contre les insectes ou les bandes gluantes.

Répulsifs

Le terme « répulsifs » désigne des substances censées tenir éloignés certains organismes précis. Ces substances peuvent être produites par synthèse chimique, être extraites de plantes ou être issues d'huiles essentielles. Lorsqu'un diffuseur émet lentement de l'huile d'oignon à partir de capsules, par exemple, cela peut couvrir l'odeur des légumes, si bien que la mouche de la carotte rencontre des difficultés à localiser les cultures. Certaines barrières physiques sont aussi considérées parfois comme des répulsifs : c'est par exemple le cas de la fine couche de poudre de roche que l'on peut déposer sur les plantes cultivées.



© Andermatt Biocontrol Suisse

Fig. 119: Diffuseur avec capsules d'huile d'oignon.

Appâts et phéromones

Contrairement aux répulsifs, les appâts ont pour fonction d'attirer les organismes cibles. Ces substances sont généralement utilisées pour attirer les ravageurs de manière ciblée dans des pièges, ce qui permet d'observer leurs arrivées par les airs et d'estimer la densité de population. Le recours à des pièges appâts permet également de réduire la population de certains insectes et donc les dégâts qu'ils occasionnent.

Cette méthode est notamment utilisée pour lutter contre la drosophile du cerisier (*Drosophila suzukii*) et le ver des framboises (*Bythurus tomentosus*). De manière générale, toute substance qui attire les organismes cibles peut être employée comme appât. En plus de certains attractifs alimentaires, on utilise surtout des phéromones, substances spécifiques à chaque espèce visée, qui attirent les mâles, augmentent l'efficacité des pièges et réduisent les captures accidentelles d'organismes non ciblés ou d'auxiliaires.

Des pièges à phéromones sont parfois employés contre le perceur des fruits, qui attaque en mars les arbres affaiblis et peut entraîner leur dépérissement.

Pour cela, des plaques engluées sont fixées à une bouteille contenant une substance attractive. Ceurre attire les mâles, qui restent alors collés sur le piège.



© Andermatt Biocontrol Suisse

Fig. 120: Piège à phéromones.

Technique de confusion sexuelle

La technique de confusion vise à empêcher la reproduction et la propagation des ravageurs. Cette méthode repose sur la biologie des insectes : les femelles de papillons émettent, pour attirer les mâles, des hormones sexuelles spécifiques à l'espèce (phéromones). Les mâles perçoivent ces phéromones à l'aide de leurs antennes et suivent la piste olfactive jusqu'à la femelle pour l'accouplement.

Avec la technique de confusion, l'air d'une parcelle est saturé de phéromones, ce qui masque la trace laissée par les femelles. En conséquence, les mâles ne parviennent plus à les trouver et l'accouplement n'a pas lieu.

De manière générale, cette méthode présente de nombreux avantages par rapport à l'application d'insecticides : la grande sélectivité des phéromones préserve les auxiliaires, la réduction du recours aux traitements limite le risque de développement de résistances, et lorsque les surfaces traitées sont suffisamment étendues, une protection efficace est assurée durant toute la saison, sans laisser de résidus sur les produits.

En Suisse, la technique de confusion est principalement utilisée en arboriculture et en viticulture contre différentes espèces de tordeuses, ainsi que dans les cultures de tomates contre la mineuse de la tomate.

Pièges chromatiques

Les plaques et coupelles colorées servent à détecter le premier vol ainsi que l'activité de vol des ravageurs. Leur utilisation peut parfois entraîner une réduction, voire dans de rares cas une diminution importante des populations de ravageurs, en particulier lorsqu'elles sont combinées avec une lutte biologique par auxiliaires.

Ces pièges existent en différentes couleurs, en fonction des préférences visuelles des organismes cibles. Les plaques sont enduites de glu, sur laquelle les insectes restent collés.

Dans les coupelles jaunes, on utilise généralement un mélange d'eau et d'agents mouillants ou de savon afin de rompre la tension superficielle de l'eau.

Il est important de garder à l'esprit que ces pièges capturent également des organismes non ciblés ainsi que des auxiliaires.



© Andermatt Biocontrol Suisse

Fig. 121: Plaque de couleur utilisée pour surveiller l'infestation par la mouche de la carotte.

Méthodes biologiques

On parle aussi de « lutte biologique » pour désigner le fait de combattre les nuisibles à l'aide d'organismes vivants. Dans ce contexte, on utilise les ennemis naturels des organismes nuisibles afin de contrôler la prolifération de ces derniers. Cette méthode contribue à préserver ou à rétablir l'équilibre biologique naturel. Les ennemis naturels concernés peuvent appartenir aux groupes suivants :

- ▶ microorganismes (bactéries, champignons, p. ex.) ;
- ▶ macroorganismes (insectes, p. ex.) ;
- ▶ nématodes.

Le terme « mesures de lutte biologique » ne fait pas référence ici à l'utilisation de PPh autorisés en culture biologique, comme le soufre ou le cuivre, mais à l'emploi d'ennemis naturels tels que les insectes, les bactéries ou les champignons pour combattre des organismes nuisibles.

La libération active d'auxiliaires peut également remplacer l'utilisation d'insecticides. Parmi les autres applications typiques de la lutte biologique figurent l'emploi de champignons de type levure comme antagonistes contre le feu bactérien et les maladies de conservation. L'utilisation de champignons contre les larves d'otiorrhynques (vers blancs) donne également de très bons résultats.

Insectes/acariens

Parmi les auxiliaires prédateurs connus disponibles dans le commerce, on peut notamment citer les coccinelles, les acariens prédateurs, les punaises prédatrices, les cécidomyies, les guêpes parasitoïdes et les larves de chrysopes.

C'est surtout dans les systèmes fermés comme les serres que les auxiliaires sont de plus en plus utilisés, car on peut les maintenir sur place. Pour que la lutte soit efficace, il est indispensable de suivre attentivement l'évolution de la population de ravageurs et de bien connaître le cycle de vie des espèces concernées. Bien souvent, on dissème des auxiliaires à plusieurs reprises, de manière à mettre en place une véritable population. Lorsque la présence des ravageurs est forte, on peut préférer une stratégie de « submersion » : les auxiliaires sont lâchés en grande quantité à intervalles réguliers, par exemple des acariens prédateurs du genre *Phytoseiulus* pour lutter contre certains acariens dans les serres.

Les spécimens du genre *Phytoseiulus* se nourrissent exclusivement d'acariens et sont utilisés depuis plus de 50 ans dans les cultures sous abri. Ils se nourrissent d'acariens rouges et d'acariens jaunes à tous les stades de développement et sont très efficaces dans la lutte contre ces ravageurs, car ils sont spécifiquement adaptés à ces proies. Pour les utiliser avec succès, il est crucial que l'humidité et la température soient suffisamment élevées.

L'espèce *Encarsia formosa* est utilisée pour lutter contre les mouches blanches dans les cultures sous serre. Mesurant 0,5 à 1,0 mm, cette guêpe appartenant au groupe des chalcidiens a besoin de larves de mouches blanches pour se nourrir et surtout pour se reproduire. Les femelles de la guêpe parasitoïde pondent des œufs dans les stades larvaires 3 et 4 de la mouche blanche. Après quelques semaines, une jeune guêpe adulte émerge de la larve de mouche blanche désormais morte.

Lors du recours aux insecticides, il est par ailleurs important de privilégier si possible des PPh qui ménagent les auxiliaires.

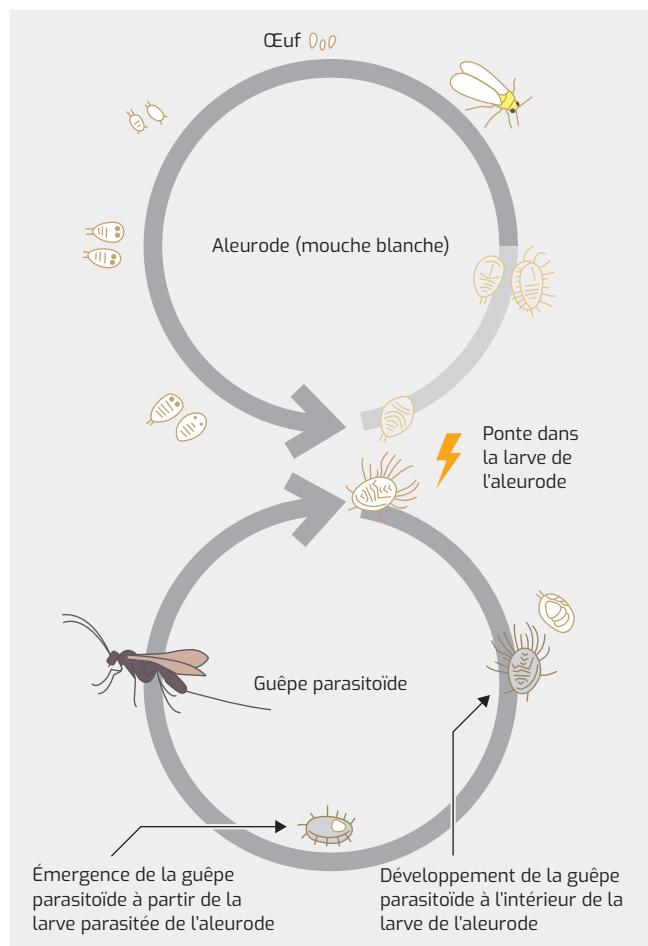


Fig. 122: Cycle guêpe parasitoïde – aleurode (mouche blanche)

Bactéries

Les bactéries peuvent être utilisées pour lutter naturellement contre les insectes. L'espèce la plus connue est la bactérie du sol *Bacillus thuringiensis* (Bt). Ces bactéries produisent à l'intérieur de leur cellule des cristaux protéiques qui sont ingérés par les larves de ravageurs lors de l'alimentation. Dans leur intestin au pH basique, ces cristaux se dissolvent, provoquant un arrêt immédiat de l'alimentation, puis la mort des ravageurs par inanition.

Comme les différentes souches de Bt ont des effets spécifiques sur certains groupes d'insectes, ces produits préservent très largement les auxiliaires. Les diverses souches de Bt agissent contre différents organismes cibles.

Tab. 26: Diverses souches de Bt agissant contre différents ravageurs

Souche de Bt	Ravageur
B. thuringiensis kurstaki	Larves de papillons (p. ex. pyrales du buis, processionnaires, hyménoptères, lymantridés, vers de la grappe, piérides du chou).
B. thuringiensis aizawai	Larves de papillons (diverses espèces, notamment les noctuelles).
B. thuringiensis israelensis	Larves de sciarides.
B. thuringiensis tenebrionis	Larves de doryphores.

💡 La plupart des bactéries Bt ont un effet insecticide. Elles sont connues depuis 1901 et utilisées pour combattre les insectes depuis les années 1930.

Outre le Bt, d'autres bactéries sont également utilisées dans la culture de plantes ornementales. Des produits basés sur le genre *Bacillus* servent par exemple de fortifiants pour les plantes : comme les bactéries colonisent les racines de celles-ci, certains agents pathogènes du sol y accèdent moins facilement. Des souches de *Bacillus* sont en outre utilisées pour lutter contre les champignons du genre *Botrytis*.

Viren

Les baculovirus (virus de la granulose, p. ex.) sont des agents pathogènes naturels des insectes, que l'on trouve en particulier chez les papillons (lépidoptères). Grâce à leur mode d'action et à leur efficacité, ils permettent de combattre spécifiquement certains ravageurs importants tout en évitant de favoriser l'apparition de résistances à d'autres PPh. Il suffit que les larves ingèrent quelques particules virales pour qu'elles s'infectent. En quelques jours, le virus se multiplie dans la larve, ce qui finit par entraîner sa mort. L'effet le plus rapide se manifeste chez les jeunes larves. Les baculovirus ont généralement une gamme d'hôtes très restreinte, si bien qu'ils sont inoffensifs pour les auxiliaires, les organismes non cibles et les personnes qui les manipulent.

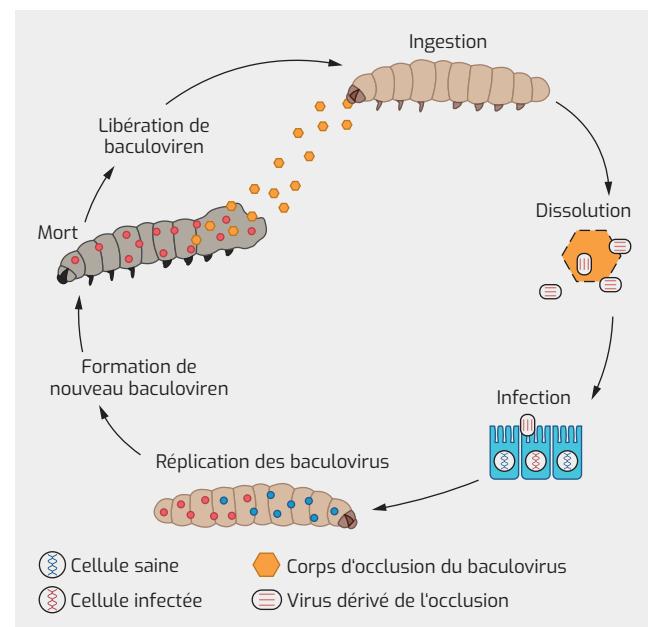


Fig. 123: Les baculovirus sont ingérés par les larves, se reproduisent à partir de l'intestin moyen et entraînent la mort de leur hôte.

Champignons

n distingue deux modes d'action lors de l'utilisation de champignons utiles pour la protection des végétaux :

- ▶ La stimulation de champignons utiles, qui suppriment les champignons nuisibles en entrant en concurrence pour l'espace et les ressources.
- ▶ L'application de champignons capables d'attaquer directement les organismes nuisibles.

Grâce à l'application préventive de souches de levure de l'espèce *Aureobasidium pullulans* sur les pommiers et les poiriers, les champignons responsables des maladies d'entreposage peuvent moins bien se propager, car l'espace et les nutriments disponibles sont déjà utilisés par les levures. C'est également le cas lorsqu'on applique ce champignon sur les fleurs pour combattre la bactérie *Erwinia amylovora*, agent responsable du feu bactérien.

Parallèlement à leur fonction de barrière et de concurrence pour d'autres organismes, les champignons peuvent également parasiter directement d'autres champignons (hyperparasitisme). Ce mode d'action peut être utilisé pour réduire aussi bien des maladies présentes dans le sol (p. ex. avec *Gliocladium catenulatum* ou *Trichoderma harzianum*) que des maladies des feuilles telles que l'oïdium (avec *Ampelomyces quisqualis*).

Les champignons entomopathogènes, qui parasitent et affaiblissent ou tuent les insectes, sont naturellement présents dans le sol. Ils peuvent être cultivés et multipliés en laboratoire sur des céréales stérilisées. Ces champignons forment du mycélium ainsi que des spores sur les grains d'orge et sont soit semés directement dans le sol avec l'orge ou avec du riz, soit introduits sous une forme liquide. Un mycélium se développe ainsi dans le sol, si bien que la concentration de spores y augmente.

Lors de l'application de champignons, il est toujours nécessaire de maintenir une humidité suffisante afin de favoriser leur développement. En Suisse, les espèces les plus importantes sont *Beauveria brongniartii*, ainsi que les complexes d'espèces *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae*.

En horticulture, l'otiorhynque compte parmi les principaux ravageurs. Il peut être efficacement combattu en appliquant dans le sol des spores fongiques qui infectent les larves et entraînent leur mort.

Tab. 27: Champignons utilisés dans la protection des végétaux en Suisse, avec leurs organismes cibles

Champignons	Organismes cibles
<i>Beauveria brongniartii</i>	Larves de hannetons.
<i>Beauveria bassiana</i> (complexe)	Cultures fruitières : mouche de la cerise ; serres : mouche blanche, aleurode.
<i>Metarhizium brunneum</i> (complexe)	Vers fils de fer.
<i>Metarhizium anisopliae</i>	Larves d'otiorhynques.

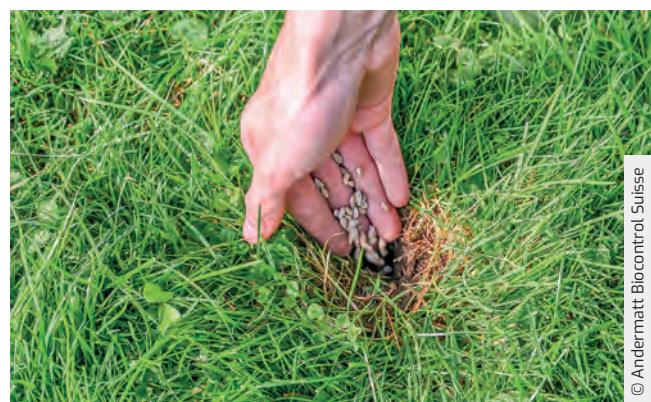


Fig. 124: Des grains d'orge recouverts de *Beauveria brongniartii* sont répandus avec un semoir.

Les champignons ne permettent pas seulement de combattre les insectes et les bactéries, mais également les nématodes (vers ronds). Avec leurs filaments et leurs spores, les champignons nématophages tels que *Purpureocillium lilacinum* peuvent infecter les œufs et les femelles de nématodes fixées sur les racines des plantes.

Nématodes

Les nématodes – aussi appelés « vers ronds » ou « anguilles » – appartiennent à la faune naturelle du sol, mais comme pour tous les auxiliaires, ils doivent être homologués si l'on souhaite les utiliser comme PPh. En Suisse, les nématodes sont employés contre les noctuelles terrioles, les courtilières, les larves de sciarides et avec beaucoup de succès contre les larves d'otiorhynques.



© Andermatt Biocontrol Suisse

Fig. 125: Nématodes vus au microscope.

La plupart du temps, ce sont les genres *Steinernema* et *Heterorhabditis* qui sont utilisés. Contrairement aux nématodes nuisibles aux plantes, comme par exemple le nématode doré de la pomme de terre, les nématodes entomopathogènes recherchent activement dans le sol des larves d'insectes et pénètrent dans celles-ci par leurs ouvertures corporelles. À l'intérieur du corps, les nématodes libèrent des bactéries avec lesquelles ils vivent en symbiose. Les bactéries tuent les larves d'insectes et se multiplient en elles. Les nématodes se nourrissent alors de l'hôte et se reproduisent également, avant de partir à nouveau à la recherche de nouvelles larves d'insectes. Explication des mots : « entomo- » vient du mot grec « *entomon* », qui signifie « insecte ». « pathogène » signifie « qui provoque une maladie » ou « agent de maladie ».

Lorsqu'on dissémine des nématodes, le sol devrait avoir une température d'eau au moins 8 à 12°C. L'application doit être effectuée de préférence par une journée nuageuse et pluvieuse. Le sol doit en outre contenir suffisamment d'humidité pour que les nématodes puissent s'enfoncer le plus rapidement possible dans la terre, car le rayonnement UV du soleil leur nuit. Jusqu'à leur dissémination, les nématodes doivent toujours être réfrigérés et protégés de la lumière. Lorsqu'ils sont appliqués, il faut veiller à ce qu'ils ne restent pas plus de deux heures dans l'eau.

Produits naturels

Les produits phytosanitaires considérés comme produits naturels regroupent ceux qui sont fabriqués à partir de matières premières naturelles. Ils sont classés selon leurs matières premières d'origine ou selon les propriétés des substances :

- ▶ produits minéraux
- ▶ extraits de plantes
- ▶ huiles
- ▶ savons

Produits minéraux

Les produits mentionnés ci-après, issus de matières premières minérales naturelles, sont utilisés comme fongicides de contact.

Là où l'application de la bouillie a correctement mouillé les plantes, le cuivre forme une protection extérieure autour des tissus végétaux. Pour qu'il soit efficace, il doit être appliqué sur les feuilles avant l'apparition du champignon et les envelopper entièrement. Le cuivre est absorbé par les spores du champignon et perturbe le métabolisme de celui-ci, si bien que les spores meurent avant de pouvoir pénétrer dans la feuille. Comme le cuivre ne pénètre pas dans les plantes et que le film protecteur est lessivé par les précipitations, il est indispensable de renouveler régulièrement la couche protectrice après les précipitations ou tant que les plantes se trouvent encore à un stade de développement vulnérable. Cependant, vu que le cuivre s'accumule dans le sol et qu'il peut s'avérer毒ique pour les végétaux selon les conditions météorologiques, on recherche des solutions de substitution à ce métal.

Le bicarbonate de potassium augmente le pH et modifie également la pression osmotique à la surface de la cellule fongique. Après être entrés en contact avec le produit, les spores et le mycélium éclatent et se dessèchent, ce qui prévient l'infection.

En présence de suffisamment d'humidité, de lumière et d'oxygène, les particules de soufre qui se déposent sur les feuilles de la plante réagissent pour former du dioxyde de soufre. Ce composé exerce un effet毒ique sur les champignons et les insectes.

L'argile sulfurée est un autre produit minéral disponible sur le marché. La dissolution de cette argile dans l'eau acidifie la surface des feuilles. Des ions d'aluminium sont libérés et inhibent la croissance des spores et des bactéries.

Extraits de plantes

Les semences du margousier (neem) contiennent de l'azadirachine, une substance qui présente un effet insecticide. Il s'agit de l'un des rares produits biologiques à avoir un effet partiellement systémique. Le neem s'avère surtout efficace contre les ravageurs qui sucent et rongent les feuilles : il réduit leur fertilité, inhibe leur mue et diminue leur appétit.

À partir des fleurs séchées de l'espèce de chrysanthème *Tanacetum cinerariifolium*, on obtient des extraits dont la substance active principale est la pyréthrine. Cette dernière est utilisée comme toxique par contact, car elle exerce un effet important et rapide sur le système nerveux de nombreuses espèces d'insectes. Cependant, comme la pyréthrine affecte également les auxiliaires, il ne faut y recourir que dans des cas exceptionnels, sur des surfaces restreintes et uniquement en dehors de la période de vol des abeilles.

L'huile de fenouil est distillée à partir de graines de fenouil. Les huiles essentielles de cette plante inhibent la croissance des spores de champignon. L'huile de fenouil a en outre des effets positifs sur la santé des plantes, qu'elle fortifie.

💡 Les pyréthrinoïdes synthétiques sont basés sur la pyréthrine naturelle, mais possèdent d'autres structures qui rendent ces produits plus stables et font qu'ils affectent bien plus fortement les organismes non cibles que la pyréthrine naturelle.

Huiles et savons

Les savons mous sont constitués d'acides gras naturels qui endommagent la couche cireuse de la peau des insectes. L'absence de couche protectrice fait alors que les insectes se déshydratent. Le savon mou n'agit que sur les insectes directement aspergés. Il faut donc veiller à mouiller suffisamment toutes les faces des feuilles lors de l'application.

Le contact direct avec de l'huile nuit à la respiration des ravageurs. Les insectes, recouverts d'un mince film huileux, meurent en peu de temps par asphyxie. Contrairement à l'huile de paraffine, l'huile de colza n'est généralement pas irritante. Elle est donc beaucoup plus facile à utiliser. Elle se dégrade en outre plus rapidement. En plus de leur effet insecticide, les huiles minérales ou végétales peuvent aussi être utilisées comme mouillants ou comme adhésifs. Dans la pratique, de l'huile minérale est également employée pour lutter contre les pucerons dans la production de plants de pommes de terre, afin d'éviter toute transmission de virus dans la culture.

Lutte chimique

Par « produits phytosanitaires », on entend tous les produits utilisés pour protéger les cultures contre les organismes nuisibles. On en distingue trois types principaux correspondant à trois buts d'utilisation : les herbicides pour lutter contre les adventices, les insecticides pour combattre les insectes et les fongicides pour prévenir les maladies.

- www.fedlex.admin.ch > Accueil > Recueil systématique > 9 Économie - Coopération technique > 91 Agriculture > 916.161 Ordonnance du 12 mai 2010 sur la mise en circulation des produits phytosanitaires (Ordonnance sur les produits phytosanitaires, OPPh)

À côté des substances actives naturelles ou synthétiques, les PPh comprennent également des organismes tels que les insectes prédateurs ou les champignons antagonistes, s'ils sont mentionnés à l'annexe 1 de l'ordonnance sur les produits phytosanitaires.

- www.psm.admin.ch

Seuls les substances actives figurant dans la liste de l'annexe 1 peuvent être utilisées pour protéger les cultures. Les produits autorisés pour l'agriculture biologique sont mentionnés à l'annexe 1 de l'ordonnance du Département fédéral de l'économie, de la formation et de la recherche (DEFR) sur l'agriculture biologique.

- Ordonnance du DEFR sur l'agriculture biologique : www.fedlex.admin.ch > Recueil systématique > Droit interne > 9 Économie - Coopération technique > 91 Agriculture > 910.181 Ordonnance du DEFR du 22 septembre 1997 sur l'agriculture biologique.

Si les méthodes préventives et non chimiques ne donnent pas de résultats, les produits phytosanitaires chimiques peuvent aider à assurer le rendement et la qualité des plantes, ou à maintenir les espaces verts attrayants et utilisables.

Dans ce qui suit, le terme « produits phytosanitaires chimiques » englobe les produits classiques chimico-synthétiques, mais aussi les produits biologiquement synthétisés, tels que le spinosad.

En raison de l'éventuelle évolution d'une population de ravageurs ou de leur potentiel de dégâts, une intervention rapide peut s'avérer nécessaire. Pour cela, l'utilisatrice ou l'utilisateur doit se renseigner sur les prescriptions en vigueur, les produits ou substances actives possibles, les résistances ainsi que les coûts.

Il convient de considérer en premier lieu l'utilité du produit, et non son prix.

Objectif principal en cas d'utilisation de PPP chimiques (dont font partie les produits biologiques comme le spinosad) :

Une application efficace et sûre avec des conséquences minimales pour l'environnement, pour les utilisatrices et utilisateurs ainsi que pour les consommatrices et consommateurs (résidus).

Conditions pour une utilisation adaptée et efficace des PPh :

- ▶ Choix d'un produit adapté
- ▶ Dosage correct du produit, adapté au volume foliaire
- ▶ Combinaison appropriée de substances actives (lorsque des combinaisons sont utilisées)
- ▶ Utiliser des pulvérisateurs correctement réglés
- ▶ Buses appropriées
- ▶ Quantité d'eau correcte (dosage)
- ▶ Vitesse d'avancement appropriée
- ▶ Conditions météorologiques appropriées
- ▶ Réglage correct de la hauteur de la rampe, du guidage du flux d'air et de la quantité d'air
- ▶ Utilisatrice ou utilisateur disposant d'un permis PPh et de l'expertise requise
- Vous trouverez plus d'informations à ce sujet au chapitre «8. Application des PPh» sous le titre «Régler les appareils de traitement» à la page 149.

Autant que nécessaire, mais aussi peu que possible

Le principe suivant est également crucial : « autant que nécessaire, mais aussi peu que possible ». Lorsqu'on utilise un produit chimique, il faut toujours se demander s'il est nécessaire de traiter toute la surface.

- ▶ **Traitements partiels** : Ces traitements sont notamment indiqués lorsque la densité des adventices ou les principales espèces présentes varient d'un endroit à l'autre. À l'avenir, grâce à l'agriculture « de précision », il sera vraisemblablement possible d'appliquer des PPh exactement là où ils sont nécessaires. La technologie numérique permettra d'agir de manière très ciblée contre les adventices, les ravageurs et les maladies.
- ▶ **Traitements des bordures** : Lorsqu'on utilise un herbicide contre le chendent, il suffit souvent de traiter les bordures, car c'est surtout là que cette plante se développe. Il en va de même de l'application de granulés anti-limaces dans les cultures sensibles telles que la sauge ou les échinacées, qui sont bien protégées par une utilisation ponctuelle avec peu de produit.

► **Traitement plante par plante (pulvérisation ciblée) :**

Une nouvelle technologie utilise des caméras pour identifier les adventices et traiter uniquement les zones requises au lieu d'intervenir sur de grandes surfaces. Il est ainsi parfois possible d'économiser plus de 90 % de PPh par rapport au traitement de toute la surface.

► **Traitement individuel de plantes problématiques/**

traitement de foyers : Dans le cas du traitement individuel, on combat certaines plantes l'une après l'autre à l'aide d'un outil spécifique tel qu'un pulvérisateur à main (appareil Sobidoss ou Rodoss, p. ex.), un appareil à mèche ou un pulvérisateur dorsal. La plante problématique typique que l'on traite individuellement est le rumex. Les traitements de foyers concernent par exemple le chardon des champs ou le liseron.

Privilégier une approche sélective

Dans la mesure du possible, les PPh à action sélective doivent être préférés à ceux qui présentent un spectre plus large. L'application d'un insecticide n'agissant que contre le ravageur à combattre et la préservation des auxiliaires permettent de favoriser l'autorégulation de l'agroécosystème. Les effets secondaires sur l'environnement peuvent ainsi être réduits à un minimum. Les herbicides à large spectre affectent la plupart des adventices. On élimine donc aussi les effets positifs liés à l'encouragement des auxiliaires (grâce à la présence de plantes à fleurs, p. ex.). Si du chiendent pousse sous des arbres, par exemple, mais que le reste des adventices est dispersé et ne comprend que des plantes peu problématiques, on devrait utiliser un herbicide qui élimine le chiendent de manière efficace et ciblée.

Le glyphosate et l'acide péargonique sont les seules substances actives herbicides homologuées qui ne sont pas sélectives et tuent toute la végétation, y compris les plantes cultivées.

✿ **Protéger les auxiliaires**

Une importante loi énonce que lorsqu'on utilise un insecticide à large spectre qui affecte de la même manière les prédateurs (p. ex. les coccinelles) et les proies (p. ex. les pucerons), les proies se développent ensuite plus rapidement que les prédateurs. Par conséquent, un PPh qui déploie les mêmes effets sur les auxiliaires et sur les ravageurs favorise ces derniers, ce qui peut rendre nécessaire un nouveau traitement insecticide.

Contrôles des effets obtenus

Lors de l'emploi d'insecticides, on met en principe toujours en place un témoin non traité (sauf en cas d'épidémie). Pour d'autres cultures, une telle zone témoin devrait également être aménagée dans la mesure du possible. On peut ainsi contrôler l'efficacité du traitement et tirer des conclusions utiles ultérieurement. Aucun témoin non traité n'est en revanche requis pour les organismes nuisibles agressifs et les plantes à problèmes.

Résistances

La résistance est une capacité héréditaire des biotypes ou souches d'une population d'organismes nuisibles à résister à des applications de PPh qui entraînent normalement la mort des individus de ces organismes. Il s'agit en l'occurrence d'un processus de sélection. Les individus résistants n'apparaissent pas spontanément, ils sont déjà présents initialement à une certaine fréquence dans les populations d'organismes nuisibles. L'application du PPh va toutefois les sélectionner (tri des individus résistants). En général, une résistance se développe lorsqu'on utilise la même substance active de manière répétée et excessive sur une longue période. La pression sélective favorise certains organismes capables de résister à la substance active. Cette population résistante continue ensuite à se multiplier et se propage. L'efficacité du PPh s'en voit réduite. Dans des cas extrêmes, cela peut même le rendre inefficace. Éviter les résistances aux PPh constitue ainsi un enjeu important dans le domaine phytosanitaire. Il est crucial d'utiliser les produits de manière à éviter tout effet de sélection (alternance de substances actives, si possible pas de substances à effet prolongé, pas de sous-dosage ou de surdosage), afin de préserver leur efficacité à long terme. Le présent chapitre traite plus en détail de la thématique de la résistance.

Les souches résistantes d'insectes, de champignons ou d'adventices résultent d'une sélection, en ce sens que les PPh ne détruisent que les individus sensibles d'une population. Chaque pulvérisation correspond ainsi à un pas vers une résistance accrue. Les mesures suivantes contribuent toutefois à retarder l'apparition de la résistance :

- N'effectuer aucun traitement inutile, tenir compte des seuils d'intervention
- Alterner de manière systématique entre divers produits déployant des modes d'action différents (on se fondera à cette fin sur les codes de résistance et non sur les noms de produits)
- Appliquer la dose homologuée de PPh et combattre les organismes nuisibles à leur stade optimal et dans des conditions météorologiques appropriées.

Codes de résistance

Les herbicides, fongicides, insecticides et acaricides sont classés dans des « groupes de résistance » en fonction de leur mode d'action et se voient attribuer un code de résistance correspondant (voir Fig. 126).

Résistances importantes

Insecticides

En horticulture, les problèmes de résistance augmentent par exemple en ce qui concerne les cicadelles et les thrips, et ceux-ci sont souvent résistants aux pyréthrinoides du groupe 3A.

Stratégie anti-résistance pour les insecticides :

- ▶ Examiner des alternatives, p. ex. irrigation contre les thrips sur rosiers, répulsifs, lutte mécanique, etc.
- ▶ Appliquer le seuil de nuisibilité, lorsqu'il existe
- ▶ Ne traiter que si le seuil d'intervention est effectivement dépassé
- ▶ Alterner les substances actives en cas de traitements répétés, en particulier traiter les générations suivantes d'un ravageur avec des insecticides appartenant à différents groupes de substances actives

Exemple : À partir du deuxième traitement contre les cicadelles naines et les thrips, il est absolument nécessaire de changer de groupe de substances actives.

Pour les thrips, l'utilisation d'auxiliaires peut briser les résistances.

Fongicides

Jusqu'à présent, aucune résistance n'est connue pour les fongicides de contact. En revanche, des souches résistantes se sont souvent développées contre les fongicides à action systémique. Dans ce cas, les souches fongiques deviennent simultanément résistantes à toutes les substances actives ayant le même mode d'action (groupe de résistance).

En production de plantes ornementales, des résistances du champignon Cercospora au groupe de résistance 11 (strobilurines) sont présentes.

Stratégie anti-résistance pour les fongicides :

- ▶ Choisir des variétés résistantes
- ▶ Respecter les prescriptions relatives aux produits phytosanitaires de l'OSAV, p. ex. SPA 1 : « Afin d'éviter le développement de résistances, effectuer au maximum deux traitements par culture avec des produits appartenant au groupe de substances actives FRAC C3 [dont les strobilurines] »

- ▶ Combinaison de produits de contact et de substances actives systémiques dans la stratégie, p. ex. substance active phosphonate de potassium (propriétés systémiques) avec cuivre (produit de contact) contre le mildiou sur plantes ornementales
- ▶ Utiliser les produits phytosanitaires systémiques uniquement à titre préventif, jamais lorsque la culture est déjà infestée
- ▶ Intervalle de traitement pour des applications successives : max. 10–12 jours
- ▶ Intervalle de traitement en cas de passage à un fongicide de contact : 7–10 jours

Herbicides

Dans une population d'adventices, il y a toujours quelques plantes qui, en raison d'une mutation naturelle, développent soudainement une résistance à un herbicide. Dans un tel champ, si l'on utilise toujours le même groupe de résistance, les adventices résistantes sont seules à survivre. Elles se propagent ainsi de plus en plus. Exemple bien connu : le millet.

Dans le monde, on connaît plus de 272 espèces d'adventices qui présentent des résistances. En Suisse, des résistances se répandent ainsi progressivement parmi les populations de ray-grass. Au total, pour la Suisse, on connaît des résistances à cinq groupes d'herbicides.

En raison de la diversité des familles botaniques dans les cultures ornementales, des substances actives issues de différents groupes de substances actives sont en général autorisées.

Stratégie anti-résistance pour les herbicides :

- ▶ Dans la mesure du possible, utiliser des produits ayant des modes d'action différents
- ▶ Planifier des méthodes mécaniques de désherbage ainsi que des mesures indirectes
- ▶ La culture de plantes fortement concurrentielles prévient le développement de résistances
- ▶ En cas de suspicion de résistance, contacter les services cantonaux de la protection des plantes
- ▶ Tenir compte des manques d'efficacité de certaines substances actives contre des adventices particulières (p. ex. le pendiméthaline contre le séneçon et les galinsoges)
- ↗ Base de données internationale des espèces de mauvaises herbes résistantes : www.weedscience.org

Vue d'ensemble des groupes de résistance (herbicides, fongicides, insecticides)

En collaboration avec : Agroscope

Herbicide (sélection) : La classification HRAC représente en chiffres les groupes de résistance aux herbicides. À titre de comparaison, l'ancien système à lettres est mentionné en dessous.

Group HRAC	1	2	3	4	5-6	9	12, 13, 27, 32	14	15
HRAC (ancien)	A	B	K1	0	C1, C2	G	F1, F2, 5	E	K3, N
Mode d'action	Inhibiteur de l'ACCase	Inhibiteur de l'ALS	Inhibiteur de la formation de microtubules	Auxines synthétiques (substances de croissance)	Inhibiteurs de la photosynthèse II	Inhibiteur de l'EPSP synthase	Inhibiteur du caroténoidé (« blanchisseurs »)	Inhibiteur de la PPO (brunissement)	Inhibiteur des acides gras à longue chaîne (VLFA)
Exemples de groupes de substances actives	FOP, DIM, DEN	Sulfonylurées	Dinitroaniline, benzamide	Acides benzoiques, acide phenoxy-carboxylique	Triazinones, triazaines, phénylurées	Glycine	Éthers diphenyliques, tricétones	Phénypyrazoles, triazolone	Benzofurane, thiocarbamate, oxyacétamide
Risque de résistance	Très élevé	Très élevé	Faible	Faible	Moyen	Moyen à faible	Faible	Faible	Faible
Ex de substance active Produit	Pinoxadeni Derux	Mesosulfuron Antilantis Flex	Pendiméthiline Stomp Aqua	Dicamba Banvel 45	Chlorotoluron Arlit	Glyphosate Roundup	Aclonifene Bandur	Pyraflufen-éthyle Firebird Plus	Éthofumesate Oblix 200 EC
Ex de substance active Produit	Cléthodime Select	Rimsulfuron Titus	Propyzamide Kerb Flo	MCPB Divopan	Métrribazine Zepter	Mésotrine 27	Carfentrazone Callisto	Spotlight Plus	Prosulfocarbe Boxer
									Fufenacet Heroid SC

Pour plus d'informations sur les groupes HRAC, les modes d'action et les groupes de substances actives : www.weedscience.org

Fongicides (sélection) :

Groupe FRAC	3	4	5	7	11	M3	21	27	29
Mode d'action	Triazole (inhibiteur de la SB)	Phénylamine	Morpholine (inhibiteur de la SB)	Carboxine, benzamide (inhibiteurs de la SDH)	Strobilurines (inhibiteurs de la respiration cellulaire)	Dithiocarbamate (effet de contact)	C-imidazoles (inhibiteurs de la respiration cellulaire)	Divers amides d'acide carboxylique	Dinitroaniline (inhib. respiration cellulaire)
Risque de résistance	Moyen	Très élevé	Moyen à faible	Moyen à élevé	Très élevé	Faible	Moyen à faible	Faible	Faible
Ex de substance active Produit	Prothioconazol Proline	Metataxyl Fonganil	Spiroxamin Input	Boscalid Cantis	Azoxistrobin Amistar	Métrrame Polymram DF	Cyazofamid Ranman Top	Cymoxanil WG	Fluazinam Mapro
Ex de substance active Produit	Metconazol Sirocco	Benalaxyd Fantic F	Fenpropidin Astor	Fluopyram Propulse	Pyraclostrobin Signum		Amisulbrome Leimay		

Insecticides (sélection) :

Groupe IRAC	1A	3A	3A	4A	5	23	28	29
Mode d'action	Carbamate (effet sur le système nerveux)	Pyréthriques (effet sur le système nerveux)	Pyréthriques (effet sur le système nerveux)	Néonicotinoïde (effet sur le système nerveux)	Spinosynes (effet sur le système nerveux)	Inhibiteur de la synthèse des lipides	Diamide (effet sur le système nerveux)	Effet sur le système nerveux
Risque de résistance	Moyen à élevé	Moyen à élevé	Moyen à élevé	Faible	Faible	Moyen à faible	Moyen à faible	Faible
Ex de substance active Produit	Pririmicarbe Primor	Pyréthrine Parexan N	Cyperméthrine Gazelette SG	Cyperméthrine Cypermethrin	Spinosad Audienz	Spirotétramate Movento	Chlorantraniliprole Coragen	Flonicamide Teppki

Fig. 126: Vue d'ensemble des groupes de résistance

8

Application des PPh

8. Application des PPh

Se protéger lors de la manipulation de PPh

L'utilisation inappropriée de PPh peut présenter un risque pour la santé. Outre les effets directs d'une exposition de courte durée, souvent unique et à concentration élevée (toxicité aiguë), ces produits peuvent aussi avoir des conséquences négatives dues à une exposition répétée sur une longue période, mais à faible concentration (toxicité chronique). Toutefois, comme ces effets ne se font souvent remarquer qu'après plusieurs années, on ne leur accorde pas toujours l'importance requise.

Parmi les effets aigus, on peut citer par exemple les brûlures, les irritations de la peau, les maux de tête, les nausées ou les intoxications. Les effets chroniques sont souvent plus graves : ils peuvent être incurables voire mortels. De nombreuses études ont établi un lien entre l'utilisation professionnelle de PPh et certaines maladies telles que le cancer (lymphome non hodgkinien, p. ex.) et la maladie de Parkinson.

Il est difficile d'évaluer précisément le risque découlant de l'utilisation à long terme de PPh, car plusieurs facteurs l'influencent. Ce risque résulte à la fois de la toxicité du produit et de l'exposition à celui-ci.

➤ Vous trouverez plus d'informations à ce sujet au chapitre «3. Produits phytosanitaires, écotoxicologie et toxicologie humaine» sous le titre «Toxicologie humaine» à la page 38.

L'étiquetage des produits (dangereux pour la santé, allergisants, cancérogènes, mutagènes, toxiques pour la reproduction, corrosifs, irritants, p. ex.) donne une idée des dangers auxquels les utilisatrices et utilisateurs de PPh peuvent être exposés s'ils ne se protègent pas correctement. La toxicité varie d'un produit à l'autre et dépend des substances qui le composent. Il est possible de diminuer le risque de développer une maladie liée à l'utilisation de PPh en réduisant autant que possible l'exposition à ceux-ci.

Exposition aux PPh

Exposition lors des différentes étapes de travail

Une exposition aux produits phytosanitaires est possible à toutes les étapes de travail : depuis le stockage et le transport, en passant par la préparation et l'application de la bouillie, l'entretien et le nettoyage des équipements de protection individuelle (EPI), jusqu'aux travaux suivants et au retrait de l'EPI.

Les produits phytosanitaires peuvent pénétrer dans le corps par quatre voies différentes :

- ▶ absorption par la peau (dermique)
- ▶ inhalation (inhalatoire)
- ▶ ingestion (orale)
- ▶ contact avec les yeux (oculaire)

Selon la culture / le domaine d'utilisation et le type de matériel de pulvérisation utilisé, l'EPI nécessaire peut donc varier d'une étape de travail à l'autre.

💡 Toolkit « Protection de l'utilisateur de produits phytosanitaires »

Le toolkit « Protection de l'utilisateur de produits phytosanitaires » se compose de fiches techniques, de listes de contrôle, de vidéos didactiques et de quiz. Il propose des recommandations pratiques sur mesure pour l'utilisation de PPh.

➤ bonnespratiquesagricoles.ch > Bonnes pratiques > Protection santé et environnement > Toolkit « Protection de l'utilisateur de produits phytosanitaires »

Tab. 28: Potentiel d'exposition pendant les différentes étapes de travail lors de l'application de PPP

Activité	Exposition	Facteurs influençant le risque d'exposition	Exemples
Entreposage	⚠	Si les PPh sont entreposés correctement, l'exposition reste faible.	Les PPh ne doivent être stockés que dans leurs récipients d'origine, dans une pièce séparée prévue pour un tel entreposage ou dans une armoire de sécurité ;ils ne doivent pas être accessibles aux personnes non autorisées. On observera les conditions définies pour leur entreposage. Les PPh liquides doivent être stockés au-dessus de bacs de rétention.
Transport	⚠	Lorsque les PPh sont transportés correctement de leur lieu de stockage à l'aire de préparation, l'exposition reste faible.	Lors du transport de PPh, on veillera à ce que les récipients soient bien fermés. Si l'on déplace de grandes quantités de PPh, on peut par exemple utiliser une caisse en matériau non absorbant pour le transport.
Préparation de la bouillie	⚠⚠⚠⚠	Le travail avec des PPh concentrés entraîne un risque très élevé.	Éclaboussures sur la peau ou dans les yeux, formation accrue de poussière en cas de travail avec des poudres ou des granulés.
Application de la bouillie	⚠⚠⚠⚠	L'exposition varie fortement et dépend notamment du pulvérisateur, de la culture et de la topographie. L'absorption cutanée de la bouillie diluée peut être jusqu'à trois fois plus élevée que pour les concentrés. Lorsqu'on emploie des PPh dans des espaces fermés (p. ex. sous serre ou dans des locaux de stockage ou de production), une exposition par les voies respiratoires peut encore s'ajouter à l'exposition par la voie cutanée.	En cas d'application manuelle (pulvérisateur dorsal, pulvérisateur de type « gun » ou atomiseur), l'exposition est plus importante que lorsqu'on applique des PPh dans les champs avec une rampe de pulvérisation, depuis une cabine de tracteur fermée et équipée d'un filtre à charbon actif. Dans les cultures verticales, l'exposition est plus forte lors de l'emploi de pulvérisateurs à assistance d'air sans cabine de tracteur fermée que lors de la préparation de la bouillie.
Entretien	⚠⚠	L'exposition est considérable lors de l'entretien du matériel (p. ex. en cas de changement de buses).	Pour ce qui est de l'entretien du matériel, l'exposition aux PPh peut avoir deux origines : des contacts avec des plantes traitées, en particulier durant le traitement de la parcelle, et des contacts avec des résidus de PPh lors de la maintenance des équipements. Toutes les parties du corps qui entrent en contact avec le matériel peuvent être contaminées par des résidus de PPh, même lorsque la bouillie a déjà séché.
Nettoyage du matériel	⚠⚠	Le risque d'exposition est moyen lors du nettoyage du pulvérisateur, en raison des éclaboussures éventuelles.	Le nettoyage du pulvérisateur à l'aide d'un nettoyeur haute pression peut causer des éclaboussures, ce qui peut entraîner une contamination par les PPh.
Travaux successifs	⚠⚠⚠⚠	L'exposition dépend notamment du délai de rentrée, de la durée des travaux sur la parcelle, ainsi que de la taille et de l'humidité de la haie foliaire.	L'exposition découle surtout du contact avec les parties de plantes traitées. Il convient par conséquent de porter des vêtements longs.
Retrait de l'EPI	⚠⚠⚠	Comme l'EPI est contaminé par des résidus de PPh, le fait de le retirer entraîne aussi un risque modéré d'exposition.	Lors du retrait de l'EPI, le corps peut entrer en contact avec des restes de bouillie séchés. Il est donc important de retirer les divers éléments de l'EPI dans le bon ordre, afin d'éviter tout contact avec le matériel contaminé.

Niveau d'exposition : ⚠ Faible ⚠⚠⚠ Moyen ⚠⚠⚠⚠ Fort ⚠⚠⚠⚠⚠⚠ Très fort

Principes généraux de comportement lors de l'utilisation de PPh

Les règles de comportement qui s'appliquent à l'utilisation sûre des PPh sont les mêmes que pour les autres produits chimiques. Avant de travailler avec des PPh, les utilisatrices et utilisateurs doivent s'informer des éventuels dangers et des mesures de protection prescrites.

- ▶ Tout contact des produits phytosanitaires avec la peau et les yeux doit être évité
- ▶ Il est strictement interdit de manger, boire, fumer ou utiliser un téléphone portable
- ▶ Avant les pauses, les gants doivent être rincés à l'eau et les mains soigneusement lavées à l'eau et au savon
- ▶ À l'extérieur du bâtiment ou au niveau du véhicule d'intervention (bidon avec eau propre), un point de lavage doit être disponible afin d'éviter de contaminer les espaces intérieurs avec des EPI souillés d'eau sur le pulvérisateur, soit un bidon d'eau claire.

Pour obtenir des informations concernant la dangerosité spécifique des produits et les mesures de protection recommandées, on consultera les mentions de danger et les conseils de prudence figurant sur l'étiquette, les indications de l'index des PPh et la fiche de données de sécurité.

- ↗ Vous trouverez plus d'informations à ce sujet au chapitre «3. Produits phytosanitaires, écotoxicologie et toxicologie humaine» à la page 32.

Principe STOP

Dans toutes les étapes de travail, le port d'un équipement de protection individuelle contribue à réduire l'exposition et donc aussi le risque engendré par les PPh. Toutefois, conformément au principe STOP, d'autres mesures importantes doivent être mises en œuvre avant le port d'un EPI.

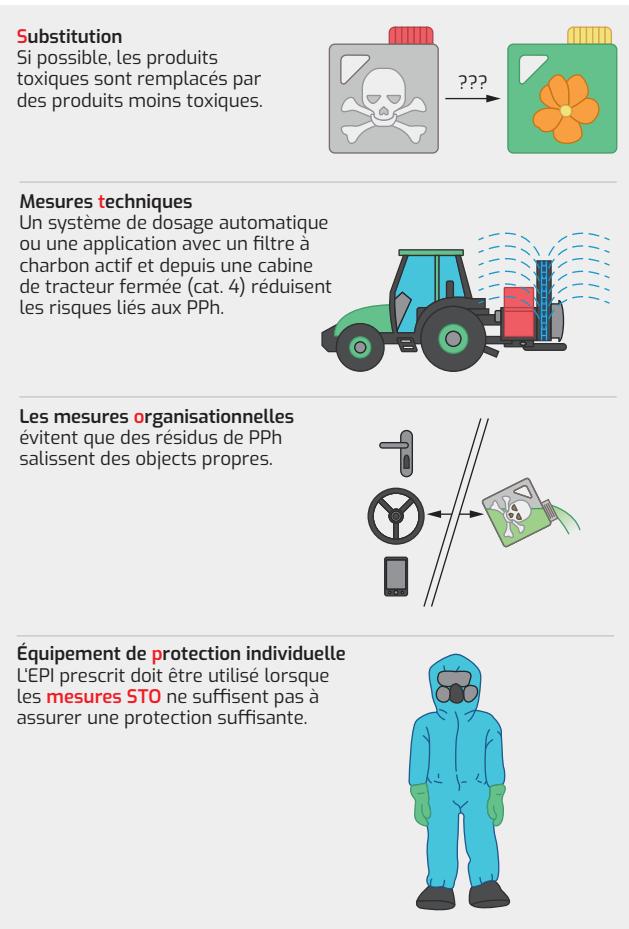


Fig. 127: Illustration du principe STOP

Substitution : Dans la mesure du possible, il convient de choisir le produit le moins dangereux pour la santé humaine. Pour chaque produit phytosanitaire autorisé, l'application Internet « Standard protection de l'utilisateur » indique le niveau de protection requis et l'EPI nécessaire.

- ↗ WebApp « Standard Anwenderschutz PSM »: bonnespratiquesagricoles.ch > Bonnes pratiques > Protection santé - Se protéger (toolkit) > Web-App.

Mesures techniques : En font notamment partie :

- ▶ Environnement adéquat ainsi qu'infrastructure appropriée au poste de dosage
- ▶ Un système de transfert fermé pour remplir le pulvérisateur (closed transfer system) ;
- ▶ L'utilisation filtre à charbon actif et application depuis un tracteur avec cabine fermée sous pression (catégorie de cabines 4 selon la norme EN 15695-1) ; et
- ▶ Des buses qui réduisent la dérive.

Mesures organisationnelles : Les mesures organisationnelles ne coûtent pas cher et sont efficaces. Elles concernent les procédures générales de travail dans l'exploitation. Le matériel utilisé (EPI et pulvérisateurs) devrait par exemple être nettoyé après chaque traitement. Il convient aussi de respecter le délai de rentrée pour les travaux successifs jusqu'à ce que le produit se soit suffisamment dégradé sur les feuilles. Enfin, aucun autre travail ne devrait être effectué à proximité immédiate de la parcelle pendant la pulvérisation.

Mesures de protection personnelle : Le dernier point concerne l'EPI, qui comprend des gants, des bottes, des lunettes de protection, une combinaison et, le cas échéant, une protection respiratoire.

Équipement de protection individuelle

Obligations de protection de l'utilisatrice ou l'utilisateur

Durant la procédure d'autorisation du PPh, l'EPI requis est déterminé en se fondant sur les dangers pour ce qui est des effets aigus et en se basant sur l'exposition pour ce qui concerne les effets chroniques.

Des obligations de protection de l'utilisatrice ou l'utilisateur sont définies pour les trois étapes de travail suivantes :

1. préparation de la bouillie ;
2. application de la bouillie ;
3. travaux successifs (travaux sur la haie foliaire, p. ex.).

Les conditions définies pour la préparation et l'application de la bouillie prescrivent le plus souvent le port d'un EPI. Dans certains cas, elles peuvent également interdire l'application au moyen d'un pulvérisateur dorsal, ce qui veut dire que le produit ne peut être appliqué qu'avec le tracteur. Les obligations concernant les travaux successifs (travaux sur la haie foliaire, p. ex.) incluent le port de vêtements de travail et de gants. Des conditions peuvent en outre être fixées en ce qui concerne la durée après laquelle il est à nouveau possible de pénétrer sur la parcelle en toute sécurité (délai de rentrée). De tels délais de rentrée sont définis lorsqu'il n'est pas possible de procéder sans risque à des travaux successifs durant les jours qui suivent l'application, malgré le port de vêtements de travail et de gants. Jusqu'à l'expiration de ce délai, les travaux sur le feuillage sont entièrement interdits (même avec un EPI) : il faut attendre que les résidus présents sur les feuilles se soient suffisamment dégradés.

Lorsque des PPh sont utilisés à l'intérieur ou sous serre, il peut être prescrit – outre le port de l'EPI – d'aérer les espaces concernés avant d'y pénétrer à nouveau, afin de réduire l'exposition par inhalation.

Types d'EPI

L'EPI obligatoire est indiqué sur l'étiquette et dans le mode d'emploi du produit, ainsi qu'à la sous-rubrique 8.2 de la fiche de données de sécurité. L'application Internet « Standard protection de l'utilisateur » aide en outre à choisir correctement l'EPI recommandé en fonction du produit utilisé et de la culture concernée. L'équipement de protection requis est défini lors de l'homologation du PPh pour les trois étapes de travail que sont la préparation de la bouillie, son application et les travaux successifs. Il n'existe donc pas d'équipement de base à utiliser de manière générale. Afin d'assurer une protection optimale, l'EPI doit être conforme aux normes prescrites et n'être utilisé que pour l'application de PPh.

De manière résumée, les EPI se composent des éléments suivants :

- ▶ **Gants de protection** résistants aux produits chimiques, si possible à longues manches. Ces gants doivent être munis d'un pictogramme présentant un erlenmeyer au-dessus de lettres de l'alphabet.
- ▶ Une **protection oculaire** doit être portée en particulier lors de la préparation de la bouillie ou lorsqu'on utilise certains PPh concentrés.
- ▶ Certains PPh nécessitent le port d'une **combinaison de protection**, qui doit répondre à certaines normes en fonction du but de l'utilisation. Lors de la préparation de la bouillie, il faut porter au moins un tablier en nitrile à manches longues.
- ▶ Si le produit utilisé nécessite le port d'une **protection respiratoire**, il faut tout d'abord déterminer le type de filtre adéquat (contre les aérosols et/ou contre les vapeurs et les gaz).
- ▶ Des **bottes ou des chaussures de travail solides** font aussi partie de l'équipement.
- ↗ Produits phytosanitaires, travailler en sécurité : www.seco.admin.ch > Services et publications > Publications > Travail > Conditions de travail > Brochures et dépliants > Produits phytosanitaires, travailler en sécurité.

Emploi et entretien de l'équipement de protection individuelle



Fig. 128: Mettre et enlever l'équipement de protection individuelle : déroulement correct.

Pour garantir une protection optimale, l'EPI doit être adapté à la forme du corps. Il doit aussi être utilisé et entretenu correctement. Avant de revêtir l'équipement de protection ou de l'enlever, on se lavera soigneusement les mains. Les divers éléments de l'EPI doivent être enfilés ou enlevés dans le bon ordre. Lorsqu'on met l'équipement, les gants doivent se retrouver au-dessus ou au-dessous des manches de la combinaison de protection, en fonction de leur longueur. Lorsqu'on enlève l'EPI, on veille toujours à retirer les gants en dernier. Les EPI à usage unique doivent être éliminés immédiatement après chaque utilisation. Les EPI réutilisables doivent être lavés séparément des vêtements de tous les jours, immédiatement après leur utilisation et conformément aux indications du fabricant. L'EPI doit être contrôlé régulièrement ; on le remplacera s'il est endommagé.

Que faire en cas d'urgence ?

Dans toutes les situations d'urgence et en cas d'accident impliquant des produits chimiques, il convient d'appliquer la règle ORA (Observer [rouge] – Réfléchir [jaune] – Agir [vert]) des Samaritains suisses.

- Règle ORA : www.samariter.ch > Premiers secours > Bases > Règle ORA.

Dans l'exploitation, à tous les endroits pertinents, on affichera des fiches d'informations en cas d'urgence, qui rappelleront les mesures de premiers secours et indiqueront les numéros d'appel correspondants.

- Exposition aux produits phytosanitaires – Que faire ? bonnespratiquesagricoles.ch > Bonne pratique > Protection santé - Se protéger (toolkit) > Utile > Poster: Exposition aux produits phytosanitaires - Que faire ?

En cas de contact direct avec un PPh, des mesures d'urgence doivent être prises. Les éclaboussures de PPh sur la peau ou dans les yeux doivent être immédiatement rincées pendant au moins quinze minutes. Des douches oculaires mobiles permettent de bien rincer les yeux ; il peut ainsi se révéler utile d'en prévoir dans la pharmacie de l'exploitation. En cas d'ingestion de PPh, il faut immédiatement se rincer la bouche et appeler le numéro d'urgence (144). En cas d'inhalation de poussières, de vapeurs ou d'aérosols de PPh, il faut quitter la zone concernée et se rendre dans un endroit à l'air frais.

- ▶ En cas d'apparition de symptômes tels que des nausées, des vertiges, des maux de tête ou des vomissements, il convient de contacter les urgences (144).

La rubrique 4 de la fiche de données de sécurité du PPh utilisé fournit des indications sur les mesures de premiers secours. Grâce à la ligne téléphonique Tox Info Suisse (145), un service de conseil est à disposition 24 heures sur 24 pour tout incident impliquant des produits chimiques.

En cas de contact avec des substances CMR (cancérogènes, mutagènes et/ou toxiques pour la reproduction), un médecin doit être consulté dans tous les cas.

En cas d'incendie impliquant des produits phytosanitaires, il est important de disposer des agents d'extinction appropriés pour le produit concerné et d'appliquer les mesures correctes de lutte contre le feu. Celles-ci figurent dans la section 5 de la fiche de données de sécurité du produit utilisé.

Lorsqu'un incendie implique des PPh, on observera les règles générales de comportement en cas d'incendie (alerter – secourir – éteindre).

- ↗ www.bfb-cipi.ch > Conseils de prévention incendie > Comportement à adopter en cas d'incendie > Un incendie ? Pas de panique !

Tab. 30: Principaux numéros d'appel d'urgence et informations à communiquer en cas d'accident

Urgence	Numéro de téléphone
Numéro d'urgence	144
Intoxications	145
REGA	1414
Police	117
Pompiers	118
Numéro d'urgence européen	112

Choisir correctement le PPh

Avant d'utiliser des PPh, il est impératif de déterminer avec certitude la cause des dégâts (sauf pour les traitements préventifs). Si cette cause ne peut pas être identifiée avec certitude, il est recommandé de consulter un spécialiste du service phytosanitaire cantonal.

Lorsqu'un organisme nuisible est observé dans une culture, il faut d'abord vérifier s'il existe un seuil d'intervention pour cet organisme et si ce seuil est dépassé.

- ↗ Vous trouverez plus d'informations à ce sujet au chapitre «5. Monitoring» sous le titre «Instruments de monitoring» à la page 60.

Lorsqu'il est nécessaire de recourir directement à un PPh, il convient de choisir le produit correct. Il est alors recommandé de procéder comme indiqué ci-après.

1. Homologation selon le domaine d'application, le mode de production, les labels et les programmes

On ne peut utiliser que des produits qui disposent d'une homologation valide et du numéro correspondant. Ces PPh sont mentionnés dans l'index correspondant de la Confédération. On vérifiera également que le produit est autorisé pour les modes de production (conventionnel, PER, bio), les labels (IP-Suisse, Bourgeon Bio, Demeter, etc.) et les programmes particuliers (arboriculture durable, etc.) propres à l'exploitation. Il est souvent possible de s'adresser à l'organisation qui attribue le label pour tout complément d'information.

- ↗ Index produits phytosanitaires : www.psm.admin.ch.

Tab. 29: Les principales informations à communiquer, à transmettre en cas d'accident

Informations à communiquer :

- ▶ Qui donne l'alerte (nom) ?
- ▶ Où sont les blessés, où s'est produit l'accident ?
- ▶ Que s'est-il passé ?
- ▶ Quand l'accident s'est-il produit ?
- ▶ Quel est le nombre de personnes blessées ?
- ▶ Autres dangers, substances dangereuses ?
- ▶ Mon numéro de téléphone ?

Il est primordial de tenir compte des domaines d'application autorisés : arboriculture (O), culture des baies (B), culture maraîchère (G), culture ornementale (Z), domaine non agricole (N), entrepôts et locaux de production (L), grande culture (F), surfaces de promotion de la biodiversité (SPB) selon OPD (Ö), sylviculture (S), viticulture (W). Dans ce contexte, on gardera à l'esprit qu'un arbuste à baies dans un jardin privé ne peut être traité qu'avec un PPh autorisé pour le domaine d'application Z. Le domaine d'application B concerne exclusivement la culture commerciale de baies.

2. Effet sur l'origine des dégâts

On choisira des PPh qui exercent un effet suffisant sur les organismes visés et qui sont en outre autorisés actuellement en Suisse pour combattre ces organismes dans les cultures concernées. Une multitude de publications et de documents d'aide sont disponibles à ce sujet (voir « Complément d'information : listes de PPh »). Les produits ayant un effet complet sont préférables à ceux n'exerçant qu'un effet partiel.

3. Autres restrictions concernant les substances actives et les groupes de substances actives

a. En fonction du PPh concerné, le nombre d'applications ou la quantité de substance active sont limités à l'intérieur d'une culture ou d'un certain nombre d'années. On consultera l'homologation (index des PPh), les listes de PPh, l'étiquette de l'emballage et le mode d'emploi.

b. Gestion des résistances : En fonction de leur mode d'action, les PPh sont classés dans divers groupes de substances actives. Lorsqu'on réduit le nombre de substances actives et groupes de substances employés, on accroît la pression de sélection exercée sur les adventices et les organismes nuisibles résistants. Au cours des années ou d'une rotation des cultures, il convient d'utiliser des produits appartenant au plus grand nombre possible de groupes de substances actives, afin de ne pas favoriser l'apparition de résistances.

c. Si la substance active ou le produit est soumis à autorisation pour l'application prévue, cette autorisation doit être obtenue auprès du service cantonal compétent avant l'utilisation.

4. Moment de l'intervention

Il est important de vérifier que la date d'application prévue soit conforme aux recommandations et à l'homologation du produit phytosanitaire.

- a. Technique culturale : pour les herbicides, par exemple, on distingue trois moments possibles pour le traitement : avant le semis (sur le sol déjà préparé pour le semis), avant la levée (avant que la plante semée ou plantée ait levé) et après la levée (une fois que la plante semée ou plantée a levé). Un herbicide qui a été autorisé pour une utilisation en postlevée peut ne pas avoir d'effet en prélevée sur les adventices cibles, voire endommager la culture.
- b. Stade de développement : d'une part, il faut tenir compte, lors de l'utilisation d'un PPh, du stade de culture recommandé et autorisé (échelle BBCH). Un régulateur de croissance doit par exemple être appliqué à un stade précis du développement de la plante cultivée pour obtenir l'effet de raccourcissement souhaité. D'autre part, le stade de développement de l'organisme cible joue également un rôle crucial. Un herbicide peut par exemple être tout à fait efficace quand l'adventice se trouve au stade du cotylédon, mais n'avoir aucun effet ou un effet qu'insatisfaisant lorsque la plante cible a grandi et s'est bien installée. De la même manière, un inhibiteur de mue risque de ne pas affecter l'insecte adulte, alors que la même espèce sera efficacement combattue si elle se trouve au stade larvaire.
- c. Facteurs environnementaux : Les PPh sont plus ou moins sensibles aux conditions météorologiques. Parmi les principaux facteurs concernés, on peut notamment citer la température et l'humidité de l'air, la nébulosité et la durée de la période sans précipitations après l'application. Avec une température de l'air de 8 °C, un régulateur de croissance qui nécessite au moins 15 °C n'entraînera qu'un faible effet de raccourcissement, voire pas d'effet du tout. Pour qu'un traitement avec un PPh utilisant de la maltodextrine comme substance active soit efficace, il faut que les températures soient supérieures à 20 °C et que le soleil brille. À l'inverse, les PPh à base de concentré de savon (sels de potassium d'acides gras) sont beaucoup plus efficaces à des températures inférieures à 20 °C sans exposition directe au soleil. D'autres facteurs jouent aussi un rôle, notamment le moment de la journée : on peut par exemple appliquer le produit pendant la phase active de l'organisme cible ou veiller à éviter les pulvérisations durant le vol des abeilles. Les PPh ne peuvent être appliqués ni lorsque le vent souffle, ni lorsqu'il pleut ou que la pluie est imminente. Ils ne doivent pas être utilisés sur des sols engorgés. On évitera également les températures élevées et les taux d'humidité de l'air trop bas.

5. Tenir compte des délais d'attente

Pour certains produits, des délais d'attente doivent être maintenus entre le traitement et la récolte ou la transformation. Si, pour un traitement, ces délais ne peuvent pas être respectés, le PPh ne doit pas être utilisé.

6. Compatibilité des variétés

En fonction du PPh, certaines variétés peuvent réagir négativement aux traitements.

7. Possibilité de mélanger les produits

Si plusieurs PPh doivent être appliqués en même temps, il faut clarifier si les différents produits peuvent être mélangés. Si tel n'est pas le cas, il faut choisir un autre produit ou planifier des applications séparées. En cas d'incertitude, on consultera impérativement le fabricant. Le mélange souhaité en cuve peut être testé au préalable dans un seau : on observera si la bouillie change ou si elle flocale dans les dix minutes suivantes. Pour les mélanges en cuve, on clarifiera aussi s'ils sont compatibles avec la culture cible.

Toxicité pour l'environnement et les auxiliaires : Certains PPh contiennent des substances actives présentant un risque particulier et sont donc interdits dans les zones de protection des eaux souterraines (S2, Sh) ou dans les zones karstiques (zones calcaires dans lesquelles des cavités souterraines se forment par altération de la roche). Dans d'autres cas, pour protéger les eaux souterraines (SPe 1, SPe 2), les organismes du sol (SPe 1), les organismes aquatiques (SPe 2, SPe 3, SPe 4) ou d'autres animaux et plantes (SPe 3, SPe 4, SPe 5, SPe 6, SPe 7), ou en raison d'une toxicité accrue pour les auxiliaires ou les abeilles (SPe 8), l'application de certains produits est soumise à des restrictions clairement définies. Toutes les interdictions et restrictions doivent être respectées. De manière générale, en ce qui concerne ces PPh, on s'efforcera de recourir à des produits de substitution présentant moins de risques ou de se faire conseiller par des spécialistes.

8. Prix

Si, une fois qu'on a pris en compte tous les points mentionnés ci-dessus, il existe encore un choix de plusieurs produits appropriés, on achète souvent celui qui coûte le moins cher. En fonction des cultures, des conditions météorologiques spécifiques au site et des connaissances empiriques disponibles, il est possible d'estimer avant même le début de la végétation quels problèmes peuvent

survenir dans les cultures. Divers facteurs peuvent justifier l'achat anticipé des produits nécessaires : de meilleures conditions d'achat, la disponibilité réduite de certains PPh pendant la saison, ou encore le temps limité dont on dispose entre l'identification d'un problème dans la culture et le traitement requis. Ce n'est qu'ainsi qu'on peut s'assurer d'être prêt à intervenir. Et pour éviter de commettre des erreurs lors de l'application, il est aussi recommandé de réfléchir aux choix des PPh avant la saison et l'agitation quotidienne qui l'accompagne, de manière à disposer de suffisamment de temps pour clarifier les questions d'utilisation et de disponibilité.

Réduction du risque lors de l'application de PPh

Les PPh peuvent atteindre les eaux par dérive (déplacement par le vent du brouillard de pulvérisation) ou par ruissellement. Afin d'éviter un tel phénomène, certaines conditions spécifiques ont été définies.

Réduction de la dérive

La dérive diminue lorsque le traitement est effectué par vent faible (vent < 18 km/h) et que l'on approche le plus possible le pulvérisateur de sa cible. Les exigences définies en matière de dérive pour les PPh peuvent être réduites conformément aux tableaux ci-dessous. Elles s'appliquent à divers types de surfaces :

- ▶ **Eaux de surface :** Protection des organismes aquatiques. Une distance de 3 m par rapport aux eaux de surface doit impérativement être respectée (6 m pour les PER). Si un espace réservé aux eaux a été délimité, l'interdiction s'applique à l'ensemble de cet espace. Les espaces réservés aux eaux qui ont été délimités figurent généralement sur les cartes SIG des cantons.
- ▶ **Biotopes :** Protection des organismes non cibles (insectes, araignées, plantes). Aires dont l'importance est nationale, régionale ou locale au sens de la loi sur la protection de la nature et du paysage (LPN, art. 18 a/b). Les biotopes aménagés dans les jardins n'en font pas partie.
- ▶ **Parcelles voisines :** Protection des abeilles (SPe 8).
- ▶ **Surfaces résidentielles et parcs publics :** Protection des riverains et des tiers.

Un bon aperçu des distances à respecter par rapport aux eaux est fourni dans la fiche suivante :

Fiche technique – Distances aux eaux pour les produits phytosanitaires en raison de la dérive et du ruissellement

- En raison de la révision des autorisations, les distances aux eaux peuvent changer chaque année.
- Les distances actuelles à respecter pour les produits phytosanitaires se trouvent dans le livret « Produits phytosanitaires en grandes cultures », dans l'assortiment cible de la Landi ou dans le répertoire des PPh de la Confédération.
- Les distances peuvent être réduites. Pour cela, il faut cumuler des points.

Distances en raison de la dérive

Selon le produit phytosanitaire, les distances aux eaux destinées à protéger les organismes aquatiques varient entre 6 et 100 m.



Avec des buses antidérive ou des buses à injection, les distances peuvent être réduites

Source: Canton Berne

Fig. 129: Fiche technique du Service de la protection des plantes, état en juillet 2019, canton de Berne.

Tab. 31: Les deux systèmes de réduction de la dérive selon l'OPD

Système simplifié OFAG	Système selon le tableau JKI
L'OFAG a défini que l'utilisation d'une buse d'injection fonctionnant à une pression maximale de 3 bars permettait de réduire la dérive d'un niveau (1 point). Par exemple, de 20 m à 6 m ou de 50 m à 20 m. En réduisant la pression à 2 bars au plus, il est même possible de descendre de 2 niveaux (2 points). Dans ce cas, la réduction de la dérive permet d'abaisser la distance de 50 m à 6 m.	Le tableau JKI répertorie toutes les buses testées. La plage de pression est représentée en couleur dans le tableau et donne la réduction de niveau correspondante : jaune = 50 % de réduction de la dérive bleu = 75 % de réduction de la dérive = 1 niveau (1 point) vert = 90 % de réduction de la dérive = 2 niveau (2 point) vert clair = 95 % de réduction de la dérive = 3 niveau (3 point)

Tab. 32: Nombre de points (niveaux) requis pour réduire la distance par rapport aux eaux de surface selon les exigences concernant la dérive

Distance SPe3 (D)	6 m	20 m	50 m	100 m
Points (niveaux)	Dans les PER, réduction de la distance à :			
1	–	6 m	20 m	50 m
2	–	–	6 m	20 m
3	–	–	–	6 m

Source: Agripedia 2024

Tab. 33: Nombre de points (niveaux) requis pour réduire la distance par rapport aux surfaces résidentielles et parcs publics, biotopes et parcelles voisines (protection des abeilles, SPe 8) selon les exigences concernant la dérive

Distance	3m	6m	20m	50m	100m
Points (niveaux)	Réduction à :				
1	0m	3m	6m	20m	50m
2	-	0m	3m	6m	20m
3	-	-	0m	3m	6m

Source: Agripedia 2024

Entreposer et éliminer les PPh

Les PPh sont commercialisés sous une forme très concentrée et sont réactifs sur le plan chimique ou biologique. Le risque de porter atteinte à l'environnement en cas d'accident est donc considérable. Pour prévenir tout accident, des exigences techniques de sécurité strictes sont aussi formulées pour l'entreposage des PPh.

- www.strickhof.ch > Suche > Lagerung von Pflanzenschutzmitteln > mehr lesen > Dokumente
- Interkantonales Merkblatt «Befüllen, Spülen und Reinigen von Pflanzenschutz-Spritzgeräten außerhalb der Landwirtschaft» (2025), VSA Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute: www.jardin-suisse.ch > Département > Paysagisme > Prestations > Fiches et moyens auxiliaires > 6 Environnement > Remplissage, rinçage et nettoyage des pulvérisateurs de produits phytosanitaires.

Exigences concernant l'entrepôt renfermant des PPh

- Fermé à clé et clairement identifié de l'extérieur comme local de stockage des produits phytosanitaires, avec les avertissements et numéros d'urgence requis
- Séparé des étables et des espaces d'habitation
- Sec, bien ventilé et protégé des fortes variations de température (c.-à-d. hors gel et frais)
- Construit avec des matériaux résistants au feu (p. ex. armoire métallique)
- Les produits inflammables doivent être conservés dans une armoire de sécurité ignifuge
- Aucun raccordement au réseau d'eau ou à l'évacuation dans le local (pas de robinet, pas d'écoulement)
- Sol étanche aux liquides, muni d'une bordure ou d'un bac de rétention d'un volume équivalant à au moins 110 % du plus grand contenant entreposé



Fig. 130: Les avertissements (accès interdit, équipement de protection, interdiction de fumer) et les numéros d'appel d'urgence doivent être apposés à l'extérieur sur la porte et dans le local de stockage des PPh

Autres aspects à prendre en compte lors de l'entreposage de PPh

- Les PPh doivent être entreposés séparément des autres substances (telles que denrées alimentaires ou aliments pour animaux, médicaments, carburants ou engrains).
- Les PPh et les autres produits chimiques susceptibles de produire conjointement des réactions dangereuses doivent être stockés séparément (pour les produits liquides, p. ex., au-dessus de bacs de rétention). Il est interdit d'entreposer ensemble des acides et des bases ou des produits inflammables et des comburants !
- Dans la mesure du possible, les produits chimiques doivent être stockés dans leur emballage d'origine. Si cela n'est pas possible, les récipients doivent être correctement marqués et étiquetés, conformément à l'étiquette d'origine. Il est interdit de conserver des PPh dans des emballages alimentaires.

- ▶ Les produits solides ou secs (poudres, granulés) seront stockés au-dessus des produits liquides, de manière que les éventuels PPh qui s'écouleraient ne puissent pas déclencher de réactions chimiques dangereuses.
- ▶ Si possible, les PPh doivent être entreposés sur des étagères plutôt que directement sur le sol. Les étagères de l'entrepôt seront constituées d'un matériau non inflammable, résistant à la rouille, non absorbant et facile à nettoyer (pas de bois).
- ▶ Les fiches de données de sécurité en vigueur seront disponibles sous forme imprimée ou électronique pour les substances présentes dans l'entrepôt.
- ▶ Il est interdit de stocker des PPh portant encore l'ancien étiquetage (bandes de couleur ou ancien étiquetage de l'UE avec pictogrammes de danger orange et noir). Les dates de péremption et les délais d'utilisation des PPh doivent être respectés. Les produits qui ne sont plus autorisés doivent être éliminés dans les délais et dans les règles de l'art (voir le point « Stockage des déchets »).
- ▶ Du matériel absorbant (litière pour chats, sciure, liants pour huile) est prêt à être utilisé, tout comme un balai, une pelle et des sacs poubelles pour éliminer les PPh renversés.
- ▶ Les instruments nécessaires pour la préparation de la bouillie (balance, récipient de mesure des liquides, entonnoir, etc.) doivent être conservés dans l'entrepôt et être utilisés uniquement à cette fin.
- ▶ À proximité immédiate du local de stockage, une poubelle doit être disponible pour les récipients vides et rincés.
- ▶ Les équipements de protection individuelle et les habits de travail sont déposés en dehors de l'entrepôt.

Les services compétents cantonaux peuvent généralement offrir leur aide aux exploitantes et exploitants qui cherchent un emplacement approprié pour leur entrepôt ou qui désirent des clarifications.

Stockage et élimination des déchets de PPh

Lorsqu'on utilise des PPh, on produit par ailleurs différents types de déchets, qui doivent être éliminés correctement.

- ▶ Les déchets liquides (restes de bouillie, eaux usées contenant des PPh, p. ex.), le matériel absorbant et l'équipement à usage unique (gants, etc.) contaminés par des produits renversés ainsi que les résidus de PPh dont la date de péremption est échue ou qui ne sont plus utilisés doivent être stockés séparément des autres PPh (p. ex. dans des récipients couverts et étanches) et éliminés en tant que déchets spéciaux professionnels. Généralement, de petites quantités de ces déchets peuvent être remises dans les déchetteries communales. Il est toutefois conseillé de se renseigner au préalable.

- ▶ Les résidus de produits et les emballages ouverts ne peuvent être remis pour élimination qu'à des points de vente ou, en tant que déchets spéciaux professionnels, à des entreprises d'élimination habilitées ou à des points de collecte acceptant ce type de déchets.
- ▶ Les emballages de PPh vidés doivent être rincés soigneusement au moins trois fois conformément aux bonnes pratiques professionnelles lors de la préparation de la bouillie, alors que l'eau de rinçage doit être versée dans le réservoir du pulvérisateur ou dans un dispositif de collecte prévu à cet effet. L'eau de rinçage ne doit en aucun cas parvenir dans les égouts. Les récipients ainsi rincés peuvent être jetés avec les ordures ménagères.
- Les récipients de PPh vides qui n'ont pas été nettoyés ne peuvent être ni jetés avec les ordures ménagères ni éliminés dans les canalisations (p. ex. WC) ou les puits d'évacuation des eaux de pluie. Ils doivent être gérés comme des déchets spéciaux professionnels et, partant, être remis à des entreprises d'élimination habilitées ou à des points de collecte acceptant ce type de déchets.

Durée de conservation des PPh

Habituellement, la durée de conservation des PPh se monte à au moins deux ans à partir de la date de fabrication. En cas d'incertitude, on consultera la notice jointe à l'emballage ou les indications figurant sur celui-ci, le fabricant du produit ou son revendeur. Pour garantir une bonne durée de conservation, il est important que l'entreposage se fasse de manière appropriée, conformément aux recommandations du fabricant. Les PPh biologiques sont les plus susceptibles de voir leur durée de conservation fortement réduite. Si la durée de conservation est inférieure à deux ans en cas de stockage conforme aux prescriptions, la date de péremption doit être indiquée sur l'emballage.

Sortir des PPh de l'entrepôt

Pour la préparation de la bouillie, les PPh doivent être prélevés dans les quantités nécessaires et amenés dans des récipients fermés sur l'aire de remplissage du pulvérisateur. Si ce lieu est éloigné, les produits y seront amenés dans des moyens de transport étanches.

Remplir les pulvérisateurs et préparer la bouillie

Les pulvérisateurs doivent être remplis sur une aire dont le sol est étanche. Cette aire de remplissage peut être fixe ou mobile.

Aire de remplissage fixe

L'aire de remplissage fixe doit être dotée d'un revêtement dur et étanche (p. ex. béton) et être couverte. Elle doit présenter une légère déclivité ou être équipée d'une bordure (protection contre les débordements). L'aire de remplissage doit disposer d'un volume de rétention correspondant au plus grand conteneur de PPh utilisé et être suffisamment grande pour que l'appareil à remplir puisse y être entièrement déposé. Les aires de remplissage fixes peuvent également être utilisées comme aires de lavage, à condition de respecter les exigences correspondantes.

Stations de remplissage mobile

La station de remplissage mobile peut notamment être constituée d'une bâche ou d'un bac de rétention étanche avec un bord relevé ou un rebord (au moins 15 cm). Elle peut être utilisée aussi bien dans l'entreprise qu'en déplacement et constitue notamment une solution pour le remplissage de petits appareils tels que les pulvérisateurs sur chariot à une ou deux roues, les pulvérisateurs dorsaux ou les pulvérisateurs manuels. Les stations de remplissage mobiles doivent être installées à une distance suffisante des eaux de surface, des routes drainées et des systèmes d'évacuation des eaux. Elles peuvent également servir de stations de lavage mobiles. Attention : les installations mobiles présentent un risque plus élevé de pertes accidentelles de PPh que les aires fixes. Il est donc recommandé d'utiliser une aire de remplissage et de lavage fixe dès que cela est possible.

Bonnes pratiques de remplissage

- ▶ Calculer précisément la quantité de bouillie nécessaire afin qu'il n'y ait pas de restes après le traitement. Pour travailler avec précision et éviter les restes de bouillie, il est indispensable de bien connaître la surface à traiter (ou le volume foliaire concerné pour les cultures verticales) et de disposer de buses et de manomètres exacts.
- ▶ Revêtir un équipement de protection.
- ▶ Mesurer la quantité de PPh sur le lieu de remplissage.
- ▶ Remplir le pulvérisateur avec la moitié de la quantité d'eau nécessaire, ajouter ensuite le PPh et y verser l'eau de rinçage du verre doseur et de l'emballage vide. Remplir d'eau jusqu'au volume voulu.

- ▶ Le cas échéant, récupérer immédiatement les PPh déversés et la bouillie qui déborde du pulvérisateur. Le matériel nécessaire à cet effet (pompe, aspirateur à liquides ou matériel absorbant avec récipient collecteur) doit être disponible sur place. À noter : le matériel contaminé par des PPh doit être éliminé avec les déchets spéciaux.

💡 pH et dureté de l'eau

Les propriétés de l'eau de pulvérisation influencent l'efficacité des PPh. Dans l'eau dure ($> 14^{\circ}\text{dH}$), les ions de calcium et de magnésium chargés positivement lient les substances actives chargées négativement (glyphosate, p. ex.) et les rendent ainsi inefficaces. C'est la raison pour laquelle un produit de conditionnement (adoucissant) de l'eau devrait être ajouté avant d'y introduire les PPh sensibles. L'eau basique ($\text{pH} > 7$) favorise la dégradation de certains PPh (entre autres les pyréthroïdes).

Pour éviter des restes de bouillie inutiles, il est indispensable de calculer le plus précisément possible la quantité de bouillie nécessaire avant le remplissage des appareils de pulvérisation. Pour cela, il existe des tableaux fournis par le fabricant. Toutefois, chaque utilisateur et utilisatrice doit être en mesure de calculer correctement les paramètres suivants :

- ▶ quantité de bouillie nécessaire
- ▶ quantité de produit phytosanitaire nécessaire en fonction de la concentration prescrite

Déterminer les concentrations avec un calcul de pourcentages

Il est indispensable que vous maîtrisiez le calcul de pourcentages. Des erreurs de dosage des produits phytosanitaires peuvent avoir de graves impacts sur les cultures traitées et sur l'environnement.

💡 Pourcent

Un chiffre donné en % indique toujours le rapport entre deux grandeurs différentes. Pourcent signifie «pour cent». La grandeur de référence est toujours 100 %.

Exemple de calcul 1

Une bouillie de pulvérisation a un volume de 15 litres. Vous devez y ajouter 1,5 % d'un fongicide. Calculez la quantité de produit nécessaire en décilitre.

Les questions suivantes peuvent vous aider pour ce calcul:

- ▶ Quelle est la quantité correspondante au total?
Bouillie = 15 litres = 100 %
- ▶ Quelle est la grandeur à calculer?
La quantité de produit =? = dosage 1,5 %

Il y a plusieurs moyens ou forme d'écriture pour arriver au résultat.

1^{re} méthode de calcul : Règle de trois

$$\begin{aligned} 100\% &= 15 \text{ litres} \\ 1\% &= 15 \text{ l} / 100 = 0,15 \text{ l} \\ 1,5\% &= 0,15 \text{ l} \cdot 1,5 = 0,225 \text{ l} = 2,25 \text{ dl} \end{aligned}$$

2^{re} méthode de calcul : sous forme de fraction

$$\frac{15 \text{ litres} \cdot 1,5\%}{100\%} = 0,225 \text{ l} = 2,25 \text{ dl}$$

3^{re} méthode de calcul : tableau de correspondance

0	100 %	15 litres	100
100	1 %	0,15 l	100
15	1,5 %	0,225 l = 2,25 l	15

Exemple de calcul 2

Vous luttez contre les adventices en traitant avec l'herbicide racinaire Molipan Pro. La surface à traiter mesure $12,50 \times 21,70 \text{ m}$ et vous utilisez un pulvérisateur à dos (contenu 10 l). Le fabricant donne les indications de dosage suivantes:

Molipan Pro : 20 g, la quantité de produit indiquée correspond à 10 l d'eau. Ceci permet de traiter 100 m^2 (= 1 are).

Calculez la quantité de bouillie nécessaire, la quantité de produit et combien de fois vous devez passer avec le pulvérisateur à dos.

Tab. 34: Calcul de l'exemple 2

Bouillie

Surface à traiter

$$12,50 \text{ m} \cdot 21,70 \text{ m} = 271,25 \text{ m}^2$$

Données concernant la bouillie

10 litres d'eau pour 100 m^2

Voie de calcul

$$\frac{10 \text{ litres} \cdot 271,25 \text{ m}^2}{100 \text{ m}^2} = 27,125 \text{ litres}$$

Quantité de produit

Données sur le produit

20 g pour 10 l d'eau

Bouillie

27,125 litres

Voie de calcul

$$\frac{20 \text{ g} \cdot 27,125 \text{ litres}}{10 \text{ litres}} = 54,25 \text{ g}$$

Nombre de passages de traitement avec le pulvérisateur à dos

$100 \text{ m}^2 = 1 \text{ passage}$

Surface à traiter : $271,25 \text{ m}^2$

Contenu du pulvérisateur à dos : 10 litres
bouillie : 27,125 litres

Voie de calcul

$$\frac{271,25 \text{ m}^2}{100 \text{ m}^2} = 2,71 = 3 \text{ passages}$$

ou

$$\frac{27,125 \text{ litres}}{10 \text{ litres}} = 2,71 = 3 \text{ passages}$$

Exemple de calcul 3

Votre entreprise a reçu le mandat d'entretenir le terrain autour d'une grande entreprise. Les quatre plates-bandes dans le parking abritent des rosiers. Après un mois de mai chaud et sec, les pucerons s'y sont fortement multipliés. Pour éviter que les insectes se propagent, vous traitez les roses avec un produit du groupe des aphicides.

La hauteur des plantes est de 80 cm. La plate-bande de roses mesure 9,50 m de long et 1,20 m de large.

Le fabricant donne les indications suivantes sur le produit: dosage: 1,5 %.

Calculez les quantités de bouillie et de produit nécessaires pour les quatre plates-bandes.

Tab. 35: Calcul de l'exemple 3

Bouillie
Surface à traiter 9,50 m • 1,20 m par carré 4 carrés doivent être traités.
Données concernant la bouillie 0,4 litre par m ² (à partir de 50 cm de haut)
Voie de calcul 9,50 m • 1,20 m • 4 = 45,60 m ² surface 0,4 litres • 45,60 m ² = 18,24 litres
Quantité de produit
Données sur le produit Dosage 1,5 %
Bouillie 18,24 litres
Voie de calcul $\frac{1,5\% \cdot 18,24 \text{ litres}}{100\%} = 0,2736 \text{ litres}$ = 2,736 dl = 27,36 cl = 273,6 ml

Régler les appareils de traitement

Pour garantir la sécurité d'utilisation des appareils de traitement, ceux-ci doivent être réglés correctement et entretenus régulièrement. Tous les appareils de traitement à prise de force ou autotractés doivent passer tous les trois ans le test de pulvérisation (exception : les pulvérisateurs à tuyaux à haute pression de type « gun »). Il est néanmoins vivement recommandé de vérifier le bon fonctionnement des pulvérisateurs avant chaque saison et de les régler correctement. Les utilisatrices et utilisateurs sont tenus de s'assurer que le pulvérisateur employé permet une application correcte et ciblée des PPh.

Choix des buses

Le résultat visé requiert les buses appropriées.

Les indications concernant le PPh utilisé (dosage, température, partenaires du mélange) sont déterminantes pour le choix des buses. Pour un même dosage, on peut affirmer de manière générale que les grosses gouttes lourdes sont nettement moins susceptibles de dériver que les petites gouttes fines. Dans leur chambre de mélange, les buses de type « injecteur d'air » (à ne pas confondre avec les buses antidérive usuelles) peuvent recouvrir de bouillie de petites bulles d'air. Les grosses gouttes ainsi formées atteignent plus facilement la surface cible, y éclatent et contribuent ainsi à diminuer la dérive.

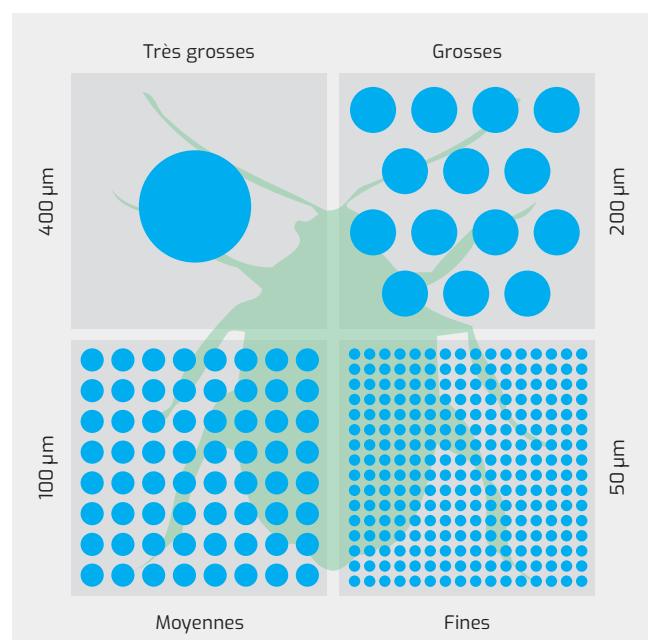


Fig. 131: Fines gouttes = meilleur recouvrement mais aussi dérive plus importantes.

Les appareils qui utilisent un flux d'air pressent le brouillard de pulvérisation en direction de la couronne des arbres et l'aident à traverser la canopée. Les fabricants de buses font tester leurs produits auprès d'établissements tels que l'Institut JKI. Pour chaque type de buses, les instituts définissent la réduction de la dérive qui peut être obtenue pour chaque pression spécifique.

Pour appliquer des herbicides sur les rangées d'arbres, on respectera les prescriptions relatives aux grandes cultures. Certaines formes spéciales de rampes de pulvérisation et même de dispositifs de récupération de la bouillie varient très fortement selon les cultures.

Code couleur des buses selon la norme ISO

- Le code couleur des buses selon la norme ISO est respecté par presque tous les fabricants pour la plupart des formes de buses (valable depuis 2020).
- Désignation des buses : forme, angle de pulvérisation, taille de la buse, matériau.

En général, le corps de la buse est en matières plastiques, alors que son ouverture est en matières plastiques, en céramique ou en métal. Les buses elles-mêmes sont généralement fabriquées pour une fixation avec fermeture à baïonnette ou comme corps plein avec fermeture à baïonnette. On trouve également des corps de buses en métal.



Fig. 132: Tailles de buses de la plus fine à la plus grosse.



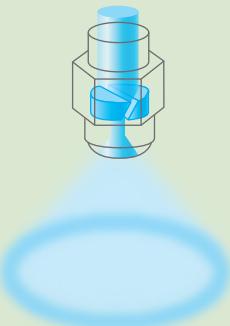
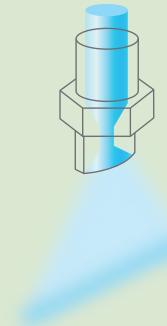
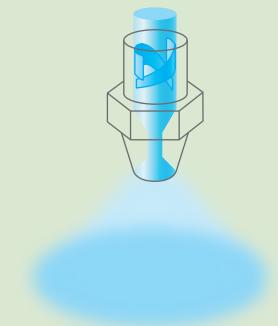
Fig. 133: Buse IDK, Lechler. Exemple de désignation de buse : IDK 90-01C, Buse à injection à jet plat, compacte, avec ouverture en céramique

Forme de buse

Parmi les types de buses utilisés pour les cultures en plein champ, on trouve les buses à jet plat, les buses à double jet plat, les buses à fente, les buses à cône creux, les buses à injection compactes et les buses à injection.

Dans les cultures en volume (cultures en hauteur / cultures spatiales), on utilise généralement des buses à cône creux, des buses à jet plat, des buses à jet plat avec pré-nébulisation ou des buses à injection d'air (avec mélange d'air).

Tab. 36: Aperçu des formes de buses usuelles

Buse à cône creux	Buse à jet plat	Buse à injection (ajout d'air)
		
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Pulvérisation fine. ▶ Risque de colmatage faible. ▶ Risque de dérive accru. auf Drift 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Proportion de grosses gouttes plus importante du fait du pré-atomiseur. ▶ Se bouche plus souvent. ▶ Risque de dérive plus faible par rapport aux buses à jet plat usuelles, parce que la proportion de grosses gouttes est plus grande. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Forte proportion de grosses gouttes. ▶ Se bouche plus souvent. ▶ Un nombre élevé de grosses gouttes réduit le risque de dérive. ▶ Les grosses gouttes pénètrent mieux dans la végétation.
	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Réduction de la dérive 0,5 point. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Réduction de la dérive 1 point.

Support à plusieurs buses

Les buses à jet plat permettent un transfert ciblé du brouillard de pulvérisation vers le flux d'air des pulvérisateurs à assistance d'air. Les supports à plusieurs buses permettent d'adapter rapidement celles-ci. Attention : pour obtenir une pulvérisation optimale, la vitesse de circulation et la pression doivent être adaptées aux buses choisies. Les consignes données pour l'application des produits sélectionnés limitent le choix des buses et de la vitesse de circulation. Pour savoir dans quelle plage de pression on obtient une plage de gouttes optimales, on consultera le tableau des buses du fabricant. En fonction de la forme des buses, la pression appliquée doit être diminuée pour obtenir une réduction suffisante de la dérive. Bien souvent, cela implique d'abaisser la vitesse de travail.

L'augmentation de la quantité d'eau utilisée peut améliorer le recouvrement (p. ex. de la feuille), mais elle doit aussi tenir compte des buses choisies. L'utilisation de buses de type « injecteur d'air » dans les cultures verticales a été testée par l'Union fruitière lémanique à Marcellin : les résultats obtenus indiquent que les buses de ce type sont équivalentes ou supérieures aux buses conventionnelles sur le plan de la qualité d'application. L'utilisation des buses réduisant la dérive est recommandée et imputée à hauteur de 0,5 à 1,0 point.



© kramp.com

Fig. 134: Support à plusieurs buses pour un changement rapide.

De nos jours, les applications numériques permettent d'obtenir des renseignements complets et facilitent le choix des buses. Ces outils peuvent être téléchargés depuis Google-Play pour les appareils iPhone et Android. Voici quelques exemples, par ordre alphabétique :

- ▶ Agrotop | calculateur de buses pour l'arboriculture et la viticulture.
- ▶ Lechler.com | calculateur de buses.
- ▶ Spray Select de TeeJet® Technologies.

Rincer, nettoyer et entretenir les pulvérisateurs

Pour éviter l'obstruction des systèmes de filtration, les problèmes de résidus, les dommages aux plantes cultivées ainsi que les apports ponctuels de produits phytosanitaires dans les eaux, il est indispensable de rincer et nettoyer correctement les appareils de pulvérisation.

Les restes de bouillie, l'eau de rinçage et l'eau de nettoyage ne doivent en aucun cas entrer dans les canalisations d'eaux usées, les dispositifs d'évacuation vers les eaux de surface ou dans la nappe phréatique.

➤ Cette fiche constitue également la source des pages suivantes

Rinçage

Pour des raisons techniques, les pulvérisateurs ne peuvent pas être complètement vidés de leur contenu. Même si de l'air sort des buses, il reste un résidu de bouillie dans l'appareil. Ce reliquat est répandu sur la surface traitée en rinçant le pulvérisateur immédiatement après l'application du PPh.

Le rinçage est une mesure importante pour réduire autant que possible le risque de rejets dans les eaux. Pour le rinçage (et, le cas échéant, le nettoyage ultérieur) sur la surface traitée, il faut emporter un récipient d'eau claire. La quantité d'eau amenée doit être suffisante pour assurer une dilution d'au moins 10 fois le volume de reliquat (voir le mode d'emploi). Si, après un traitement plante par plante ou une autre application de petite surface, il n'est pas possible de répartir l'eau de rinçage sur la surface traitée, le pulvérisateur peut être rincé sur l'aire de lavage..

Nettoyage sur la surface traitée

Le nettoyage interne et externe du pulvérisateur s'effectue, si possible, directement après l'application du PPh sur la surface traitée. Si cela n'est pas possible, le nettoyage aussi bien interne qu'externe sera effectué sur une aire de lavage mobile ou fixe.

Nettoyage sur une aire de lavage

L'aire de lavage doit être étanche et ne pas être raccordée aux égouts ou à des eaux de surface. Pour les appareils de plus grande taille, il est recommandé d'utiliser une aire de lavage fixe. Une station de lavage mobile s'avère surtout utile pour les pulvérisateurs dorsaux et autres petits appareils. Lors du transport entre les surfaces à traiter ou le transfert vers l'aire de lavage, il convient de s'assurer qu'aucun déversement ne se produit à partir du pulvérisateur.

Bonnes pratiques en matière de gestion des résidus de bouillie

- ▶ Utiliser complètement la bouillie sur la surface traitée.
- ▶ Évacuer le reliquat technique (résidus de bouillie inévitables dans les conduites, les filtres et les buses) en ajoutant de l'eau fraîche que l'on répand ensuite de manière aussi diffuse que possible sur la surface traitée (rinçage du pulvérisateur).
- ▶ Le rinçage doit être effectué en plusieurs fois, de manière que la concentration en PPh du reliquat dilué qui demeure dans l'appareil ne dépasse pas environ 10 % de la concentration initiale.
- ▶ Si des résidus de bouillie sont appliqués ultérieurement, les buses doivent être nettoyées conformément au mode d'emploi, afin d'éviter que des résidus de PPh y sèchent et les obstruent.
- ▶ Si des résidus de bouillie perdurent malgré toutes ces mesures, ils doivent être collectés dans un récipient adéquat et être remis en tant que déchets spéciaux à une entreprise d'élimination habilitée.

Exigences pour les aires de lavage fixes

- ▶ Dallage étanche exempt de trous ou fissures (p. ex. béton armé de 150 mm d'épaisseur).
- ▶ L'aire de lavage doit présenter une déclivité garantissant la récupération centralisée de l'eau de nettoyage, qui sera dirigée vers un réservoir de collecte ou un système de traitement. Une pente de 2 % en direction de l'évacuation permet aux eaux usées de s'écouler sans problème.
- ▶ La pente et/ou les caniveaux d'évacuation garantissent que les eaux usées ne s'échappent pas vers d'autres surfaces et que l'aire de lavage est drainée séparément de celles-ci.
- ▶ Les eaux de nettoyage ne s'évacuent pas dans les égouts ou les eaux de surface ; elles ne s'infiltrent pas dans le sol.
- ▶ L'aire de lavage doit être adaptée à la taille du pulvérisateur et suffisamment grande pour assurer une récupération complète des eaux de nettoyage.
- ▶ L'aire de lavage doit en principe être couverte.
- ▶ L'aire de lavage, les installations qui en font partie et les réservoirs de collecte doivent être utilisés conformément aux instructions des fournisseurs et être parfaitement entretenus. Les travaux de contrôle, d'entretien et de maintenance nécessaires seront effectués régulièrement par une personne spécialement instruite à cet effet et nommée explicitement responsable de l'exploitation de l'installation.

- ▶ Pour les véhicules et les machines qui n'ont pas été contaminés par des PPh, il est recommandé d'effectuer le lavage de la machine et du châssis sur une aire distincte, équipée d'une installation de séparation et, si nécessaire, d'une installation de prétraitement des eaux usées. Cela permet de réduire autant que possible les quantités d'eau contaminée par les PPh et de diminuer le travail et les coûts qu'entraîne leur traitement spécifique.
- ▶ Les pulvérisateurs ne doivent pas être nettoyés sur l'aire de lavage générale des machines, dont les eaux de nettoyage sont évacuées vers les égouts.

Exigences pour les stations de lavage mobiles

- ▶ La station de lavage doit être dotée d'une bâche étanche ou d'un bac de récupération à bords surélevés (protection contre les débordements) d'au moins 15 cm de hauteur. Les eaux de nettoyage doivent être pompées ou vidées à partir de là dans un dispositif de stockage en évitant toute perte.
- ▶ La station doit être composée de matériaux résistants aux UV et aux intempéries, avec une grande résistance aux contraintes mécaniques.

- ▶ La station de lavage doit être installée sur une surface plane. Si une bâche est utilisée, elle doit être posée sur un sol sans cailloux ou sur un feutre synthétique supplémentaire afin qu'elle ne soit pas endommagée.
- ▶ Afin d'éviter que de l'eau de pluie ne pénètre dans le dispositif de collecte, la station de lavage mobile doit être nettoyée et rangée après utilisation ou placée dans un endroit couvert (hangar à machines, atelier ou autre). Les eaux usées provenant du nettoyage de la station de lavage et les éventuelles eaux de pluie doivent également être collectées et traitées de manière spécifique.
- ▶ La station de lavage doit être suffisamment grande pour permettre la récupération complète des eaux de nettoyage.

Des solutions collectives pour réduire les coûts

Si aucune installation de nettoyage n'est disponible dans l'exploitation elle-même, il est possible de chercher des solutions à l'extérieur de celle-ci. Il est par exemple envisageable de mettre à disposition une aire de remplissage et de lavage sur le site du centre d'entretien communal ou d'un service municipal des espaces verts, qui peut également être utilisée par d'autres entreprises. Il faut alors s'assurer que la capacité de stockage et de traitement soit suffisante.

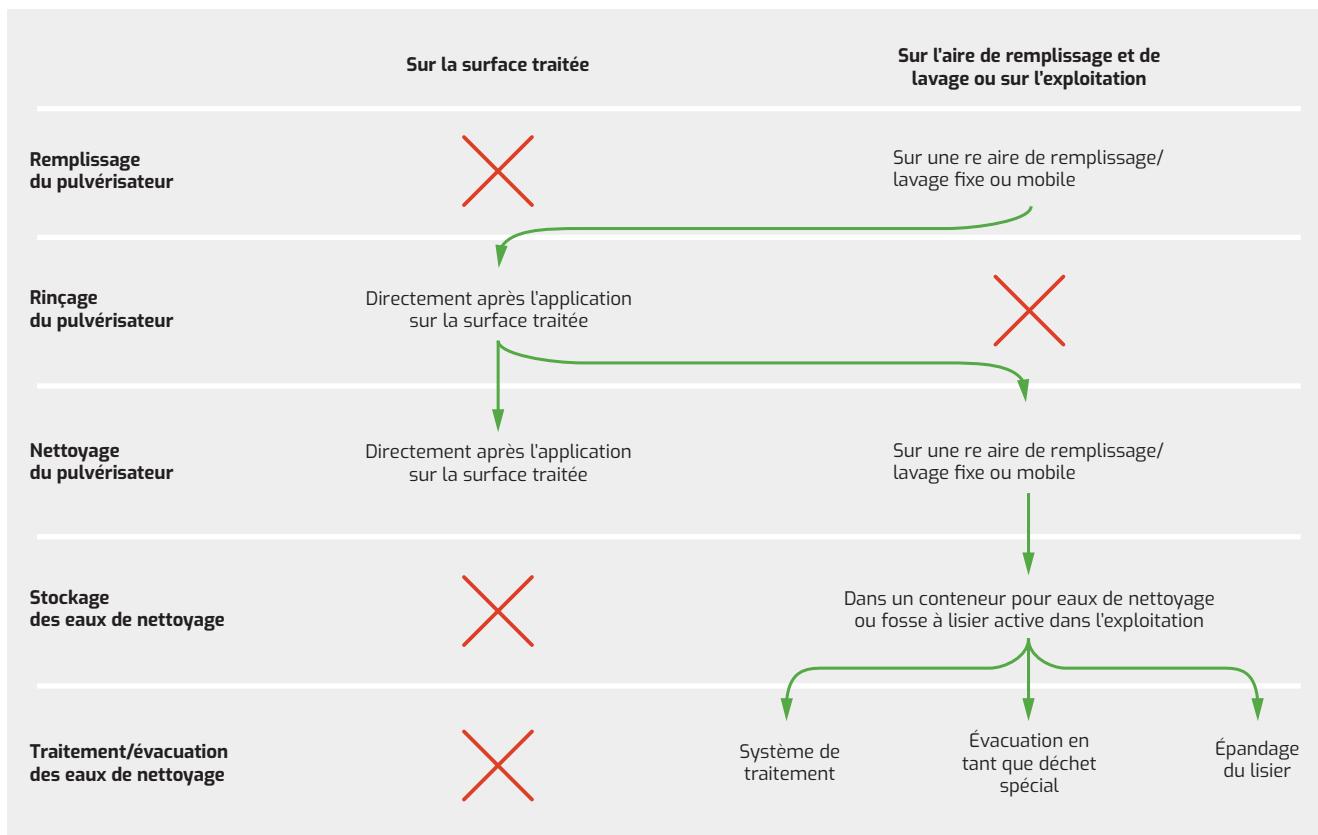


Fig. 135: Vue d'ensemble de la procédure appropriée pour le remplissage, le rinçage et le nettoyage

Stockage des eaux de nettoyage

Les eaux usées produites lors du nettoyage sur l'aire de lavage ne doivent pas être déversées dans les égouts ou dans les eaux de surface, ni s'infiltrer dans le sol. Elles doivent être directement acheminées vers un réservoir de collecte pour un stockage temporaire ou vers un système de traitement.

Les réservoirs de collecte utilisés pour le stockage temporaire doivent répondre aux exigences suivantes :

- ▶ Le réservoir doit être doté d'une double paroi s'il est enterré et d'une double paroi ou d'une paroi simple avec cuve de rétention couverte (sous toit) s'il se trouve en surface.
- ▶ Le réservoir doit être soit résistant au gel soit mobile pour pouvoir être déplacé dans un endroit à l'abri du gel.
- ▶ Le réservoir doit être doté d'une fermeture hermétique et d'un étiquetage adéquat.
- ▶ L'emplacement doit être éloigné de toute zone de protection des eaux souterraines.
- ▶ Le volume du réservoir de collecte est fonction de la quantité d'eaux usées produites et de la capacité d'un éventuel système de traitement.
- ▶ Si le niveau de remplissage n'est pas directement visible, le réservoir doit être muni d'une jauge automatique émettant un signal visuel ou sonore dès qu'un niveau de 95 % est atteint.
- ▶ L'étanchéité du réservoir et des conduites doit être régulièrement contrôlée. Le contrôle des conduites doit s'effectuer selon la directive du VSA « Essai d'étanchéité d'installations d'évacuation des eaux ». Pour les cuves enterrées, le contrôle d'étanchéité s'effectue visuellement au minimum tous les dix ans (certificat d'étanchéité émanant d'un spécialiste). Il est également possible d'installer un détecteur de fuites mesurant le vide de la double-paroi.
- ▶ Les installations de stockage d'engrais de ferme désaffectées appartenant à l'entreprise peuvent servir de réservoir de collecte dans la mesure où elles répondent aux exigences de la « Recommandation intercantonale pour les aires de remplissage et de lavage des pulvérisateurs et la gestion dans l'agriculture des eaux de rinçage et de nettoyage contenant des produits phytosanitaires ».

Traitement des eaux de nettoyage

Système de traitement propre à l'exploitation

Pour les entreprises qui appliquent régulièrement des PPh et celles qui utilisent des pulvérisateurs de grande taille, il peut être intéressant d'installer leur propre système de traitement. Il existe différents systèmes sur le marché, qui se distinguent par leur mode de fonctionnement, leur structure, leur besoin en espace, leur capacité, etc. Du point de vue de la réduction des risques, il est recommandé d'utiliser un système pouvant fonctionner en circuit fermé, c'est-à-dire ne laissant pas d'eau résiduelle une fois le traitement terminé.

➤ Informez-vous sur les technologies les plus récentes pour le traitement des eaux de lavage contenant des produits phytosanitaires sur Internet. Les mots-clés / systèmes suivants peuvent vous aider : Biobac, bio-filtre et biobed.

Sur le site d'INFORAMA Rütti à Zollikofen, il est possible, sur demande, de visiter différents systèmes de traitement et de les comparer sur place.

Sans système de traitement propre à l'exploitation : élimination en tant que déchets spéciaux

Si les utilisations de PPh ne sont que sporadiques et ne se font qu'en très petites quantités, installer son propre système de traitement ne se révèle guère intéressant. Dans ce cas, les eaux de nettoyage produites dans l'entreprise doivent être évacuées en tant que déchets spéciaux (code LMD 16 10 01 S). Sinon, les pulvérisateurs utilisés peuvent être nettoyés sur une aire de lavage externe à l'exploitation et raccordée à un système de traitement (voir le point « Des solutions collectives pour réduire les coûts »).

Bonnes pratiques en matière de gestion des déchets spéciaux

En fonction de leur origine et de leurs propriétés, les déchets sont caractérisés dans l'ordonnance du DETEC concernant les listes pour les mouvements de déchets (communément abrégée en « LMoD ») par ce que l'on appelle des codes LMD (code déchet). On distingue les déchets spéciaux (ds), les autres déchets soumis à contrôle (sc) et les déchets non classés. Quiconque souhaite éliminer des déchets spéciaux doit respecter les prescriptions de l'ordonnance sur les mouvements de déchets (OMoD).

Les points suivants sont importants à cet égard :

- ▶ Chaque entreprise qui remet des déchets spéciaux (appelée « entreprise remettante ») a besoin d'un numéro d'identification. Ce numéro est spécifique à chaque site. Il peut être obtenu auprès du service de l'environnement compétent au niveau cantonal ou via le portail eGovernment DETEC.
- ▶ Les déchets spéciaux tels que les résidus de bouillie ou les eaux usées contenant des PPh ne peuvent être remis qu'à des destinataires habilités à les recevoir. Une liste des entreprises d'élimination habilitées est disponible sur veva-online.admin.ch.
- Un répertoire des entreprises autorisées pour l'élimination se trouve sur veva-online.admin.ch.
- ▶ Les déchets spéciaux doivent être clairement étiquetés à l'aide des codes de la LMoD.
- ▶ Les déchets spéciaux ne doivent être ni dilués ni mélangés entre eux.
- ▶ L'entreprise remettante est responsable de l'acheminement des déchets spéciaux par l'entreprise de transport vers l'entreprise d'élimination habilitée.
- ▶ Pour l'élimination des déchets spéciaux, un document de suivi doit être rempli conformément à l'OMoD et conservé pendant au moins cinq ans. Les documents de suivi peuvent être établis en ligne sur veva-online.admin.ch ou commandés sur publicationsfederales.ch. Ils sont en général établis à titre de prestation par l'entreprise réceptrice, mais doivent impérativement être signés et conservés par toutes les parties prenantes.
- ▶ Jusqu'à 50 kg par livraison et par type de déchet, aucun document de suivi n'est requis pour les déchets spéciaux. L'entreprise remettante doit toutefois conserver une pièce justificative de la remise effectuée.

Contrôle visuel

Les utilisatrices et utilisateurs sont tenus de s'assurer que le pulvérisateur employé permet une application correcte et ciblée des PPh. Avant chaque mise en service, il est conseillé d'effectuer un contrôle visuel de tous les composants liés à la protection des végétaux. Il convient de vérifier que le réservoir du pulvérisateur est vide et nettoyé, et que les filtres d'aspiration et les filtres sous pression sont propres. Il est également recommandé de vérifier que toutes les pièces en contact avec du liquide sont étanches et que toutes les buses fonctionnent. Pour cela, on peut remplir le pulvérisateur d'un peu d'eau claire avant de mélanger la bouillie et le soumettre à un contrôle de fonctionnement sur l'aire de lavage du pulvérisateur ou sur une surface enherbée.

Entretien de la pompe

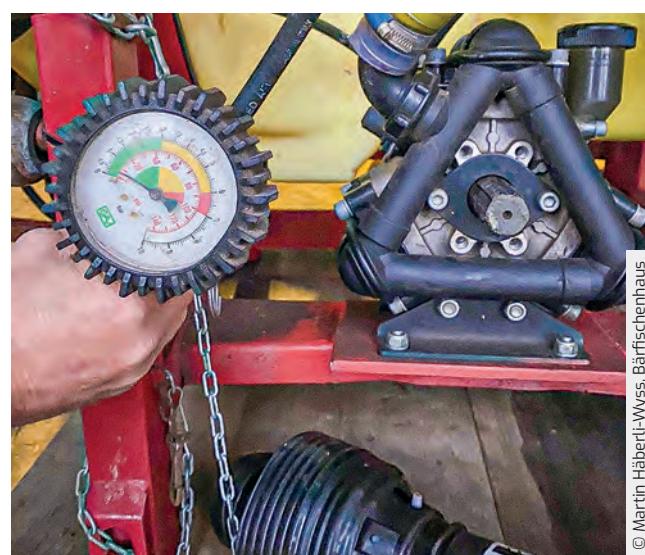
La pompe est le cœur de tout pulvérisateur. Pour que les PPh puissent être appliqués avec précision, il est indispensable qu'elle fonctionne parfaitement et soit régulièrement entretenue.

- ▶ Avant sa première utilisation après l'hiver, on contrôlera l'étanchéité de la pompe et on vérifiera que le gel ne l'a pas endommagée.
- ▶ Le niveau d'huile doit aussi être contrôlé avant l'utilisation. L'huile doit être changée régulièrement selon les indications du fabricant.

Le réservoir sous pression, dans la pompe, permet de briser les pics de pression et donc de garantir une pression uniforme dans toute la rampe. La pression dans ce réservoir dépend de la pression de travail souhaitée. Pour une application précise, elle doit être contrôlée régulièrement et ajustée si nécessaire.

Tab. 37: Pression de travail et pression de remplissage du réservoir à vent pulvérisateur phytosanitaire

Pression de travail		pression de remplissage du réservoir d'air	
bar	psi	bar	psi
1-3	15-44	1	15
3-12	44-174	1-3	15-44
12-20	174-290	3-5	44-73
20-50	290-725	5-7	73-102



© Martin Häberli-Wyss, Bärfischchenhaus

Fig. 136: Contrôle de la pression du réservoir.

Hivernage

Le pulvérisateur doit être soigneusement nettoyé à l'intérieur comme à l'extérieur avec le produit prévu à cet effet sur l'aire de lavage idoine. Pour ce faire, il est rempli à environ 20 % de son volume total. Le produit de rinçage est ensuite ajouté lorsque la pompe est activée. Le bac d'incorporation de produits et le système de remplissage ne doivent pas être oubliés lors du nettoyage. Il en va de même des filtres sous pression, des filtres d'aspiration et des filtres des buses. Pour les buses et leurs filtres, en particulier, il peut valoir la peine de recourir à un appareil de nettoyage à ultrasons, car ceux-ci permettent d'éliminer même les dépôts tenaces dans les buses.

Lorsqu'on utilise des produits de nettoyage du pulvérisateur, il est important de les laisser agir suffisamment longtemps : en fonction du produit, il faut entre quelques minutes et une heure. Le pulvérisateur est ensuite rincé à l'eau claire et placé en hivernage.

9

Application de PPh : instruire des personnes ne disposant pas de permis

9. Application de PPh : instruire des personnes ne disposant pas de permis

Exigences légales

Du point de vue de la protection de l'environnement et de la santé, il est recommandé que les PPh ne soient appliqués que par une personne qui dispose d'un permis PPh correspondant et suit régulièrement des formations continues. Si cela n'est pas possible pour des raisons d'organisation, par exemple dans une grande exploitation avec des employés temporaires, les personnes sans permis sont aussi autorisées à utiliser des PPh, pour autant qu'elles soient instruites sur place par une personne titulaire d'un permis valable (art. 1, al. 2, OPer-H). La personne titulaire du permis porte alors la responsabilité des actes de la personne instruite. C'est elle qui est responsable en cas de violation, par la personne instruite, des dispositions de la législation sur la protection de l'environnement et de la santé et qui est sanctionnée en vertu de l'art. 11 ORRChim. En cas de négligence grave, la personne instruite doit toutefois en assumer elle-même les conséquences.

Marche à suivre pour l'instruction

1. Instruction sur place et documentation

Lors de la première application de PPh, la personne titulaire du permis montre sur place la manière de procéder correcte pour la préparation de la bouillie, le remplissage du pulvérisateur, l'application de la bouillie, puis le rinçage et le nettoyage du pulvérisateur, et informe également la personne instruite des dangers ainsi que des mesures de sécurité à prendre. On consigne par écrit qui a été instruit sur quoi, quand et par qui (voir «Modèle de procès-verbal : Instruction de tiers pour l'application de PPh» à la page 160).

2. Accompagnement de la personne instruite

Lors de la deuxième pulvérisation, on vérifie que les instructions ont été comprises et appliquées correctement. La personne instruite est accompagnée et observée par la personne titulaire du permis ; elle reçoit un retour d'information par oral.

3. Exécution autonome des travaux de pulvérisation

À partir de la troisième application de PPh, au plus tôt, la personne instruite peut exécuter toute seule les étapes de travail qui lui ont été confiées. En cas de changement de lieu d'intervention, de pulvérisateur ou de produit utilisé ou encore d'évolution des conditions de travail, la deuxième étape doit être répétée, contrairement à la première étape, qui ne le sera qu'en cas de besoin. La personne titulaire du permis est toutefois responsable de s'assurer que la personne instruite dispose des informations nécessaires à une utilisation correcte des PPh, et notamment des informations sur l'utilisation du produit approprié et autorisé. En fonction de la situation qui prévaut et des connaissances préalables de la personne qui applique le PPh, ces informations importantes peuvent être transmises soit sur place, soit hors site. Il est recommandé d'établir des ordres de travail écrits, surtout s'il s'agit de plusieurs petites missions par jour (p. ex. dans les jardins de la clientèle).

4. Contrôle continu et mise à jour annuelle des connaissances professionnelles

La personne titulaire du permis échange avec la personne instruite et surveille régulièrement si les travaux confiés sont exécutés correctement (voir les exemples de questions). Au début de chaque nouvelle saison de production, on répète la deuxième étape (accompagnement sur place). On transmet alors les éventuelles nouvelles directives et connaissances techniques et on vérifie que les différentes étapes de travail sont correctement exécutées.

Tab. 38: Aperçu de la manière correcte de procéder

Première application : instruction sur place	Si la personne instruite ne dispose encore d'aucune expérience pour l'application de PPh, toutes les étapes de travail sont présentées par le titulaire du permis PPh. L'instruction est consignée dans un procès-verbal signé par les deux parties.
Deuxième application : accompagnement de la personne instruite	Lors du deuxième épandage, le titulaire du permis accompagne et observe la personne instruite et contrôle que ses instructions sont bien mises en œuvre. Il commente ensuite par oral la manière dont le travail a été effectué.
À partir de la troisième application : exécution autonome des travaux de pulvérisation	Dès que la personne instruite réalise correctement les travaux qui lui sont confiés et qu'elle se sent sûre d'elle dans l'utilisation du pulvérisateur, elle peut appliquer des PPh de manière autonome.
En continu : suivi et contrôle	

Contenu de l'instruction

On considère qu'une personne a été instruite lorsqu'elle a reçu au moins les **informations suivantes** :

- Nom et but d'utilisation du produit phytosanitaire utilisé (fongicide, herbicide, insecticide, etc.).
- Procédure à suivre pour préparer la bouillie, remplir le pulvérisateur, appliquer la bouillie, rincer et nettoyer le pulvérisateur (calcul de la quantité de bouillie, réglages de l'appareil, technique d'application, indications pour le nettoyage et l'élimination corrects des restes de bouillie, etc.).
- Risques pour les personnes et l'environnement que le PPh utilisé peut entraîner.
- Conditions d'utilisation (dosage, moment de l'application, température maximale, vitesse du vent maximale, distance par rapport aux eaux, etc.).
- Mesures de précaution (renvoi à la fiche de données de sécurité, indications sur l'emballage, index des PPh, équipement de protection individuelle, etc.).
- Personne à contacter en cas d'urgence (numéro de téléphone).

À côté des connaissances techniques, les compétences personnelles de la personne qui instruit jouent un rôle important dans ce contexte. Cela concerne notamment son propre comportement, son sens des responsabilités, sa fiabilité, sa confiance en soi, son empathie et son attitude positive, qui favorisent un environnement et une ambiance propices à l'apprentissage.

Questions permettant de vérifier les compétences acquises

Les questions suivantes peuvent aider à contrôler que le contenu de l'instruction a été bien compris et sera mis en œuvre correctement.

Quelle est la mission qui t'a été confiée ?

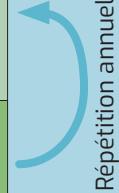
- ▶ Quel est l'organisme nuisible qui doit être combattu ?
- ▶ Quelle est la culture qui doit être traitée ?
- ▶ Quelle est la taille de la surface qui doit être traitée ?
- ▶ Autres...

Comment exécutes-tu cette mission ?

- ▶ Quel produit utilises-tu ?
- ▶ À quelle concentration utilises-tu ce produit ?
- ▶ Quelle technique utilises-tu pour l'application du produit ?
- ▶ De quel matériel, quels appareils et quels outils as-tu besoin ?
- ▶ Comment et où remplis-tu, rinces-tu et nettoies-tu le pulvérisateur ?
- ▶ Quelles distances de sécurité dois-tu observer ?
- ▶ Quelles sont les autres mesures de protection que tu prends ?
- ▶ As-tu vérifié s'il existe des zones de protection des eaux souterraines dans le secteur où tu interviens ?
- ▶ Autres...

Que fais-tu si... ? (se préparer aux éventuels imprévus !)

- ▶ ... tu renverses du produit ?
- ▶ ... du produit entre en contact avec tes yeux ?
- ▶ ... tu as préparé trop de bouillie ?
- ▶ ... tu ne disposes pas de suffisamment de produit ?
- ▶ Autres...



Répétition annuelle

Modèle de procès-verbal : Instruction de tiers pour l'application de PPh

Nom du titulaire ou de la titulaire du permis PPh :

Nom de la personne instruite :

Lieu et date de l'instruction :

1. Organismes nuisibles et PPh utilisés

Organismes nuisibles / problématiques	PPh utilisés	Efficacité	Dosage	Conditions définies

2. Lieu d'utilisation (culture, désignation de la parcelle, adresse du client, etc.)

.....

3. Date et heure du traitement

.....

4. Conditions extérieures (météo, vent, pente, etc.)

.....

5. Dangers potentiels pour les personnes et l'environnement

.....

6. Mesures de protection et de sécurité (conditions d'application, distances de sécurité, EPI, autres prescriptions)

.....

7. Choix et réglage du pulvérisateur

.....

8. Remplissage du pulvérisateur (procédure et lieu)

.....

9. Rincage et nettoyage de l'appareil (lieu, procédure, gestion de l'eau de rinçage)

.....

10. Gestion des éventuels restes de bouillie

.....

11. Les fiches de données de sécurité des PPh utilisés sont partie intégrante de cette instruction.

.....

12. Autres remarques

.....

.....

.....

Le titulaire ou la titulaire du permis PPh est responsable de l'utilisation correcte des PPh, y compris des mesures de protection des personnes et de l'environnement. La personne instruite s'en tient strictement aux indications fournies. Pour toute question ou en cas d'urgence, elle contacte la personne qui instruit.

Par leurs signatures, les parties mentionnées ci-dessus déclarent avoir compris les instructions et les respecter dans leur intégralité. Elles confirment l'exactitude et l'exhaustivité des informations qui ont été consignées.

Titulaire du permis PPh (lieu, date et signature) :

.....

Personne instruite (lieu, date et signature) :

.....

Source: canton du Valais

Protection phytosanitaire en horticulture – Connaissances de base pour l'obtention du permis pour l'emploi de produits phytosanitaires