



## Produits phytosanitaires en cultures maraîchères:

Réussir la gestion des résistances par la prise en considération des groupes de substances actives

**Auteur-e-s**

Torsten Schöneberg, Anouk Guyer, Martina Keller et Matthias Lutz

## Impressum

---

|                     |   |
|---------------------|---|
| Éditeur:            | Agroscope<br>Müller-Thurgau-Strasse 29<br>8820 Wädenswil<br><a href="http://www.agroscope.ch">www.agroscope.ch</a>  |
| Renseignements:     | Anouk Guyer (insecticides): <a href="mailto:anouk.guyer@agroscope.admin.ch">anouk.guyer@agroscope.admin.ch</a><br>Martina Keller (herbicides): <a href="mailto:martina.keller@agroscope.admin.ch">martina.keller@agroscope.admin.ch</a><br>Matthias Lutz (fongicides): <a href="mailto:matthias.lutz@agroscope.admin.ch">matthias.lutz@agroscope.admin.ch</a> |
| Rédaction:          | Torsten Schöneberg  |
| Mise en page:       | Torsten Schöneberg, Petra Asare   |
| Photo de couverture | Agroscope   |
| Download            | <a href="http://agroscope.ch/transfer">agroscope.ch/transfer</a>  |
| Copyright           | © Agroscope 2023  |
| ISSN                | 2296-7230   |

---

### Exclusion de responsabilité

Les informations contenues dans cette publication sont destinées uniquement à l'information des lectrices et lecteurs. Agroscope s'efforce de fournir des informations correctes, 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 d'informations contenues dans les publications. Les lois et dispositions légales en vigueur en Suisse s'appliquent aux lectrices et lecteurs, la jurisprudence actuelle est applicable.

---

## Table des matières

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>Introduction.....</b>                        | <b>4</b>  |
| 1.1      | Lutte intégrée et gestion des résistances ..... | 4         |
| 1.2      | Pourquoi cette brochure? .....                  | 5         |
| <b>2</b> | <b>Insecticides et acaricides .....</b>         | <b>6</b>  |
| <b>3</b> | <b>Fongicides.....</b>                          | <b>9</b>  |
| <b>4</b> | <b>Herbicides .....</b>                         | <b>12</b> |
| <b>5</b> | <b>Bibliographie.....</b>                       | <b>15</b> |

# 1 Introduction

Les tableaux ainsi qu'une grande partie des données de ce document sont basés sur des informations collectées auprès des sites Internet des divers comités de gestion des résistances (état : janvier 2023):

Insecticides: <https://www.irac-online.org/>

Fongicides: <http://www.frac.info/>

Herbicides: <https://www.hracglobal.com/>

L'application, en quantités excessives ou à l'exclusion d'alternatives, de produits phytosanitaires appartenant au même groupe de substances actives, favorise l'**expansion de résistances** chez les ravageurs, les pathogènes et les adventices. Les organismes nuisibles insensibles aux traitements survivent l'application des produits phytosanitaires, se multiplient et transmettent leurs gènes de résistance à la génération suivante. La proportion d'individus résistants augmente ainsi dans la population. Ce processus est accéléré par l'utilisation répétée de la même substance active ou par l'application fréquente de substances actives proches par leur structure moléculaire et qui interviennent d'une manière analogue dans le métabolisme de l'organisme visé. La propagation des résistances est aussi favorisée lorsque le dosage des produits ne respecte pas celui qui est prescrit. Les craintes se portent sur les résistances croisées et les multirésistances. Lors de **résistances croisées**, les individus sont résistants à deux substances actives (appartenant au même groupe de substances actives ou à deux différents). On parle de **multirésistances** lorsque des plantes, des pathogènes ou des ravageurs présentent plus d'un mécanisme de résistance (Moss, 2017). Le risque de développement de résistances est plus élevé pour certaines substances actives que pour d'autres.

## 1.1 Lutte intégrée et gestion des résistances

L'utilisation de produits phytosanitaires dans l'esprit de la durabilité repose sur le principe de **la lutte intégrée** (fig. 1, page 5). La bonne pratique agricole prévoit une priorité des mesures préventives dans la lutte contre les organismes nuisibles dans les cultures. Lorsqu'elles s'avèrent insuffisantes, la préférence va à des mesures non chimiques plutôt que chimiques. Ces dernières n'interviennent qu'en dernier recours. Cette démarche contribue à réduire la pression de sélection, et à retarder ainsi la propagation de résistances.

D'une façon générale, la gestion des résistances a pour objectif d'empêcher ou tout au moins de retarder la propagation de résistances aux insecticides, fongicides et herbicides, afin de maintenir l'efficacité des substances actives utilisées. Au niveau des produits phytosanitaires, la procédure à cet effet consiste, dans une stratégie de protection des cultures, à **utiliser des substances actives appartenant à différents groupes chimiques**. L'application d'une telle stratégie de lutte contre les résistances est de plus en plus difficile, en raison de la diminution continue du nombre de substances actives autorisées.

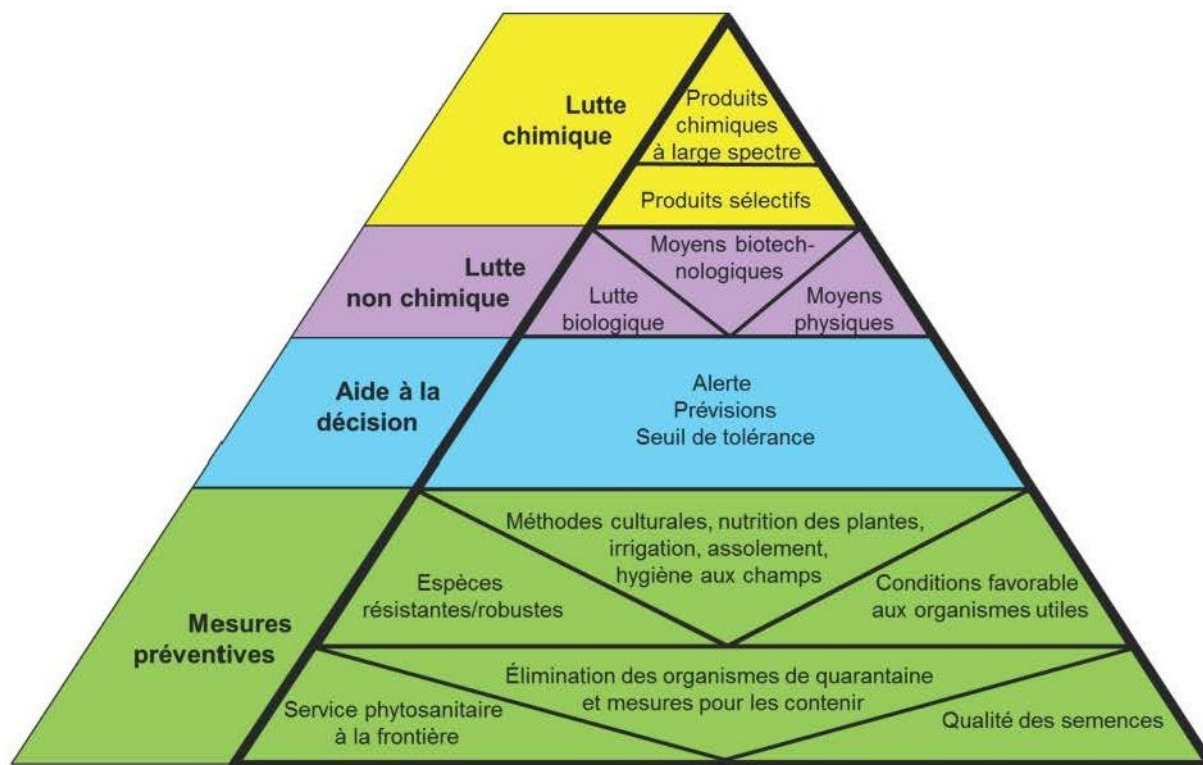


Figure 1: Principe de la lutte intégrée contre les organismes nuisibles (source: Plan d'action Produits phytosanitaires)

## 1.2 Pourquoi cette brochure?

Les listes présentées ci-dessous doivent servir à aider les personnes travaillant dans les cultures maraîchères dans le choix de produits phytosanitaires adéquats dans une perspective de gestion efficace et durable des résistances, ainsi que dans une mise en application correcte des charges liées aux autorisations. Les autorisations de produits phytosanitaires délivrées par l'Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires comprennent de plus en plus de charges liées à l'utilisation de produits du même groupe de substances actives en cas d'existence d'un risque d'apparition de résistances.

Cette situation prévaut particulièrement pour les fongicides. Par exemple, une charge est prescrite pour l'utilisation du produit Amistar: Spa1 : «Pour éviter le développement de résistances, 2 traitements au maximum par culture avec des produits du groupe de matières actives FRAC C3 [fongicides QoI (Quinone outside Inhibitor)]».

Les substances actives et produits autorisés pour la protection des plantes en cultures maraîchères suisses (état janvier 2023) figurent dans les tableaux ci-dessous, classés selon les groupes de substances actives sur la base des listes officielles des commissions techniques respectives (IRAC, FRAC, HRAC). **N'y figurent pas les produits dont l'autorisation est échue mais qui bénéficient encore d'un délai d'utilisation.**

## 2 Insecticides et acaricides

Pour éviter les résistances aux insecticides et acaricides, il est impératif de respecter les charges concernant la fréquence d'utilisation (p.ex. nombre maximal d'applications par culture et/ou par année). Les informations correspondantes sont disponibles sur <https://www.psm.admin.ch>. Les insecticides appartenant au même groupe de substances actives défini par l'Insecticide Resistance Action Committee (IRAC) (tableau 2) peuvent être utilisés plusieurs fois au cours d'une fenêtre d'application (stratégie de blocs). En revanche, les générations consécutives d'un ravageur doivent être combattues respectivement avec des insecticides appartenant à différents groupes de substances actives, c'est-à-dire impliquant différents mécanismes d'action.

La classification IRAC des mécanismes d'action est un guide précieux pour l'élaboration de stratégies efficaces de lutte contre les résistances. À cet effet, les insecticides sont classés en différents groupes IRAC selon leur mécanisme d'action.

Tableau 1: Classification des groupes de substances actives insecticides selon leur site et leur mécanisme d'action:

| Nerfs et muscles   | Groupe IRAC | Métabolisme énergétique  | Groupe IRAC |
|--|-------------|--|-------------|
| Inhibiteurs de l'acétylcholinestérase (AChE)                                       | 1           | Inhibiteurs du complexe III de la chaîne mitochondriale de transport d'électrons       | 20          |
| Modulateurs du canal sodium  | 3           | Inhibiteurs du complexe I de la chaîne mitochondriale de transport d'électrons         | 21          |
| Agonistes nicotiniques du récepteur de l'acétylcholine (nAChR)                     | 4           | <b>Membranes de l'intestin moyen</b>   |             |
| Activateurs du nAChR   | 5           | Disrupteurs microbiens des membranes de l'intestin moyen des insectes                  | 11          |
| Activateurs des canaux chlorure(GluCl) glutamate-dépendants                        | 6           | Baculovirus  | 31          |
| Bloqueur du canal des chlorures dépendant de la tension                            | 22          | <b>Mécanisme d'action non spécifique</b>   |             |
| Modulateurs des organes cordotonaux (mécanisme inconnu)                            | 29          | Inhibiteurs non spécifiques (multi-site)   | 8           |
| <b>Inhibiteurs du développement</b>  |             | <b>Mécanisme d'action inconnu</b>  |             |
| Inhibiteurs du développement des acariens influençant la chitine-synthase 1 (CHS1) | 10          | Composés avec un mécanisme d'action inconnu ou incertain                               | UN          |
| Inhibiteurs de biosynthèse de la chitine, Type 1                                   | 16          | Substances actives fongiques au mécanisme d'action inconnu ou incertain                | UNF         |
| Agonistes du récepteur de l'ecdysone   | 18          | Acides gras, substances végétales et huiles au mécanisme d'action inconnu ou incertain | UNE         |
| Inhibiteurs de l'acétylcoenzyme A-carboxylase                                      | 23          |  |             |

Les sous-groupes (p.ex. 1A, 1B) d'un groupe principal IRAC désignent des substances actives dont le mécanisme d'action est identique, mais qui diffèrent selon leur structure chimique ou leur interaction spécifique avec la protéine cible. Il convient d'éviter les alternances entre sous-groupes du même groupe principal. Une telle alternance peut être envisagée dans certains cas exceptionnels, lorsque aucun insecticide appartenant à un autre groupe principal n'est autorisé contre un ravageur et qu'aucune résistance croisée n'a été constatée à ce jour. De telles exceptions n'entrent cependant pas dans une gestion durable des résistances; il faut alors donner la préférence à des mesures alternatives de lutte.

Dans le tableau 2 figurent les groupes de substances actives parmi lesquels des substances actives (*resp. produits*) sont autorisées et sont commercialisées dans les cultures maraîchères suisses. N'y figurent pas les produits et les matières actives dont l'autorisation est échue, mais qui sont encore au bénéfice d'un délai d'utilisation.

Tableau 2: Classification IRAC des substances actives insecticides selon leur groupe de substances actives:

Codes de couleur pour les sites d'action:

|   |  |
|---|--|
| ■ | Nerfs et muscles                               |
| ■ | Inhibiteurs du développement                   |
| ■ | Métabolisme énergétique                        |
| ■ | Membranes de l'intestin moyen                  |
| ■ | Mécanisme d'action non spécifique ou incertain |

| Groupe IRAC | Désignation du sous-groupe ou exemple de substance active                          | Substance active ( <i>produits</i> )  |
|-------------|--|---|
| 1A          | Carbamates   | • Pirimicarbe ( <i>Pirimicarb, Pirimicarb 50 WG, Pirimor</i> )  |
| 3A          | Pyréthroïdes   | • Cyperméthrine ( <i>Cypermethrin, Cypermethrin S</i> )<br>• Deltaméthrine ( <i>Aligator, Decis Protech, Deltaphar, Deltastar</i> )<br>• Etofenprox ( <i>Blocker</i> )<br>• lambda-Cyhalothrine ( <i>Karate Zeon, Kendo, Ravane 50, TAK 50 EG, Techno 10 CS</i> )<br>• Pyréthrinés ( <i>BIOHOP DelTRIN, Parexan N, Piretro Maag, Pyrethrum FS</i> )     |
| 4A          | Néonicotinoïdes  | • Acetamiprid ( <i>Barritus Rex, Gazelle SG, Oryx Pro, Pistol</i> )   |
| 5           | Spinosynes   | • Spinosad ( <i>Audienz, BIOHOP AudiENZ, Elvis, Perfetto</i> )  |
| 6           | Avermectine<br>Milbemycine   | • Abamectine ( <i>Vertimec Gold</i> )<br>• Benzoate d'émamectine ( <i>Affirm, Affirm Profi, Atac, Rapid</i> )   |
| 8F          | Générateurs de méthyl-<br>isothiocyanate   | • Dazomet ( <i>Basamid-Granulat</i> ) ne pas homologué contre les insectes mais contre les nématodes cécidogènes des racines.   |
| 10A         | Clofentézine<br>Hexythiazox  | • Clofentézine ( <i>Apollo SC</i> )<br>• Hexythiazox ( <i>Credo, Nissostar</i> )  |
| 11A         | <i>Bacillus thuringiensis</i> et protéines insecticides produites par <i>B. t.</i> | • <i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>aizawai</i> ( <i>Xen Tari WG, Agree WP</i> )<br>• <i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>israelensis</i> ( <i>Solbac</i> )<br>• <i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i> ( <i>BIOHOP DelFIN, Delfin, Dipel DF</i> )<br>• <i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>tenebrionis</i> ( <i>Novodor 3 FC</i> ) |
| 20B         | Acéquinocyl  | • Acéquinocyl ( <i>Kanemite</i> )   |
| 20D         | Bifénazate   | • Bifénazate ( <i>Acramite 480 SC</i> )   |
| 21A         | Insecticides et acaricides METI (mitochondrial electron transport inhibitors)      | • Fenpyroximate ( <i>Kiron, Spomil</i> )  |
| 22A         | Indoxacarbe  | • Indoxacarbe ( <i>Steward</i> )  |
| 23          | Dérivés de l'acide tétronique et de l'acide tétramique                             | • Spirotetramat ( <i>Movento SC</i> )   |

| Groupe IRAC | Désignation du sous-groupe ou exemple de substance active | Substance active ( <i>produits</i> )   |
|-------------|---|--|
| 29          | Flonicamide   | • Flonicamide ( <i>Teppeki</i> )   |
| 31          | Nucléopolyhédro-virus                                     | • <i>Helicoverpa armigera</i> NPV ( <i>Helicovex</i> )   |
| UN          | Structures moléculaires au mécanisme d'action incertain   | • <i>Azadirachtin</i> ( <i>NeemAzal-T/S, BIOHOP DelNEEM, Neem MAAG, Agroneem</i> )<br>• <i>Maltodextrin</i> ( <i>BIOHOP MaltoMITE, Majestik</i> )  |
| UNE         | Essences botaniques                                       | • Acides gras ( <i>Lotiq, Natural, Oleate 20, Siva 50, Vista, Vesol Pro, BIOHOP DelMON</i> )<br>• Extrait de Quassia ( <i>Quassan</i> )<br>• Huiles synthétiques et naturelles ( <i>Prev-AM, Telmion</i> ) |
| UNF         | Substances actives fongiques                              | • <i>Beauveria bassiana</i> ( <i>Naturalis-L</i> )   |



### 3 Fongicides

La liste établie par le Fungicide Resistance Action Committee (FRAC) classe chaque groupe de fongicides par chiffres et lettres selon leur comportement à l'endroit des résistances croisées (tableau 4). Le code des groupes principaux (tableau 3) correspond aux processus métaboliques impactés par les substances actives respectives, ou à d'autres propriétés communes.





Tableau 3: Classification des groupes de substances actives fongicides selon leur mécanisme d'action:

| Code | Influence exercée sur  |
|------|--|
| A    | Le métabolisme des acides nucléiques   |
| B    | Le cytosquelette et les protéines motrices   |
| C    | La respiration   |
| D    | La synthèse des acides aminés et des protéines                                     |
| E    | La transmission des signaux  |
| F    | La synthèse ou le transport des lipides / l'intégrité ou la fonction des membranes |
| G    | La biosynthèse des stérols dans les membranes                                      |
| H    | La biosynthèse des parois cellulaires  |
| P    | L'induction de la défense des plantes hôtes  |
| U    | Un mécanisme d'action inconnu  |
| NC   | Non classifié  |
| M    | Substances chimiques aux mécanismes d'action multiples                             |
| BM   | Substances biologiques aux mécanismes d'action multiples                           |

Le risque d'apparition de résistances aux différents groupes de substances actives est signalé dans le tableau 4 par un code de couleur. Lors de l'apparition d'une résistance à une substance active, il est vraisemblable que puisse apparaître une résistance croisée concernant d'autres substances actives du même groupe avec le même numéro FRAC. Ne figurent dans le tableau 4 que les groupes de substances actives dans lesquels des substances actives sont autorisées et sont commercialisées en cultures maraîchères suisses, mais pas les produits et les matières actives pour lesquels l'autorisation est échue mais qui bénéficient encore d'un délai d'utilisation. Les produits qui contiennent plusieurs substances actives figurent au titre de chacune d'entre elles.

Tableau 4: Classification FRAC des substances actives fongicides selon leur groupe de substances actives:

#### Estimation du risque d'apparition de résistances (FRAC)

|   |  |
|---|--|
|  | Risque élevé d'apparition de résistances   |
|  | Risque moyen d'apparition de résistances   |
|  | Risque faible d'apparition de résistances  |
|  | Risque inconnu d'apparition de résistances |

| Code | Groupe   | No. FRAC | Substance active ( <i>produits</i> )   |
|------|--|----------|--|
| A1   | <b>Fongicides PA</b><br>(phénylamines)                   | 4        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Metalaxyl-M (<i>Apron XL, Fonganil, Maxim XL</i>)</li> </ul>  |
| C2   | <b>SDHI</b> (inhibiteurs de la succinate-déshydrogénase) | 7        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Boscalid (<i>Signum</i>)</li> <li>• Fluopyrame (<i>Moon Experience, Moon Privilege, Moon Sensation</i>)</li> <li>• Fluxapyroxad (<i>Dagonis, Taifen</i>)</li> </ul> |

| Code | Groupe  | No. FRAC    | Substance active ( <i>produits</i> )   |
|------|---|-------------|--|
| C3   | <b>Fongicides QoI</b><br>(Quinone outside Inhibitors) | 11          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Azoxystrobine (<i>Amistar, Alibi Flora, Globaztar SC, Heritage Flow, Legado, Hortosan, Ortiva, Priori Top</i>)</li> <li>• Fluoxastrobine (<i>Fandango</i>)</li> <li>• Kresoxime-méthyle (<i>Corsil, Stroby WG</i>)</li> <li>• Pyraclostrobine (<i>Signum</i>)</li> <li>• Trifloxystrobine (<i>Flint, Moon Sensation, Nativo, Tega</i>)</li> </ul>                                     |
| C4   | <b>Fongicides Qil</b>                                 | 21          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cyazofamide (<i>Mildicut, Ranman, Ranman Top</i>)</li> </ul>  |
| C5   |   | 29          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fluaziname (<i>Ibiza SC, Mapro, Tisca, Signal</i>)</li> </ul>   |
| C8   | <b>Fongicides QoSI</b>                                | 45          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ametoctradine (<i>Dominator, Orvego</i>)</li> </ul>   |
| D1   | <b>Fongicides AP</b><br>(anilinopyrimidines)          | 9           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cyprodinil (<i>Avatar, Play, Switch</i>)</li> <li>• Mepanipyrimine (<i>Frupica SC</i>)</li> <li>• Pyrimethanil (<i>Espiro, Papyrus, Pyrus 400 SC</i>)</li> </ul>  |
| E2   | <b>Fongicides PP</b><br>(phénylpyrroles)              | 12          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fludioxonil (<i>Avatar, Maxim XL, Maxim 480 FS, Play, Sapphire, Switch</i>)</li> </ul>  |
| F4   | Carbamates  | 28          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Propamocarbe (<i>Previcur Energy, Proplant</i>)</li> </ul>  |
| G1   | <b>Fongicides DMI</b>                                 | 3           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Difénoconazole (<i>Alibi Flora, Bogard, Dagonis, Difcor 250 EC, Divo, Genius Rex, Lumino, Priori Top, Revus Top, Score Profi, Sico, Slick, Taifen</i>)</li> <li>• Imazalil (<i>Scomrid-Spray</i>)</li> <li>• Penconazole (<i>Topas, Topas Vino</i>)</li> <li>• Prothioconazole (<i>Fandango</i>)</li> <li>• Tébuconazole (<i>Fezan, Horizont, Moon Experience, Nativo</i>)</li> </ul> |
| G3   | <b>Fongicides KRI</b>                                 | 17          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fenhexamide (<i>Teldor</i>)</li> <li>• Fenpyrazamine (<i>Prolectus</i>)</li> </ul>  |
| H5   | <b>Fongicides CAA</b>                                 | 40          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diméthomorphe (<i>Dominator, Forum, Orvego</i>)</li> <li>• Mandipropamide (<i>Revus, Revus Top</i>)</li> </ul>  |
| P1   | Benzothiadiazoles<br>( <b>BTH</b> )                   | P01         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Azibenzolar-S-méthyl (<i>Bion</i>)</li> </ul>   |
| P4   | Structure moléculaire naturelle                       | P04         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Laminarine (<i>Vacciplant</i>)</li> <li>• COS-OGA (<i>Auralis, FytoSave</i>)</li> </ul>   |
| P7   | Structure moléculaire naturelle                       | P07<br>(33) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fosétyl-aluminium (<i>Alfil WG, Alial 80 WG, Aliette WG, Previcur Energy</i>)</li> </ul>  |
| U    | Cyanoacétamide-oximes                                 | 27          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cymoxanil (<i>Cupro-Folpet Ultra, Cymoxanil WG</i>)</li> </ul>  |

| Code | Groupe                          | No. FRAC | Substance active ( <i>produits</i> )  |
|------|---------------------------------|----------|---|
| NC   | Diverse                         | NC       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Huiles minérales</li> <li>• Huiles organiques <ul style="list-style-type: none"> <li>- Huile d'oranges (<i>Prev-AM</i>)</li> <li>- Huile de fenouil (<i>Fenicur, BIOHOP FungiCUR</i>)</li> </ul> </li> <li>• Sels inorganiques <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bicarbonate de potassium (<i>Armicarbon, Vitisan, Ghekkko, BIOHOP FungiCARB</i>)</li> <li>- Phosphonate de potassium (<i>Booster, Patronus SL, Quartet Lux, Stamina S</i>)</li> </ul> </li> <li>• Matériel de provenance biologique</li> </ul> |
| M    | Substances actives inorganiques | M01      | • Cuivre ( <i>divers produits</i> )   |
|      |                                 | M02      | • Soufre ( <i>BIOHOP HelioSOUFRE, Celos, Elosal Supra, Helio-soufre S, Kumulus WG, Mycosan-S, Netzschwefel Stulln, Schwefel 80 WG, Solfovit WG, Soufre FL, Sufralo, Thiovit Jet</i> )   |
|      | Phthalimides                    | M04      | • Folpet ( <i>Cupro-Folpet flüssig, Cupro-folpet TB, Cupro-Folpet Ultra, Resanol</i> )  |
| BM   | Microorganismes                 | BM02     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Aureobasidium pullulans</i> (<i>Botector</i>)</li> <li>• <i>Coniothyrium minitans</i> (<i>Contans WG</i>)</li> <li>• <i>Gliocladium catenulatum</i> (<i>Prestop</i>)</li> <li>• <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> (<i>Amylo-X, FZB 24 flüssig, Serenade ASO</i>)</li> <li>• <i>Streptomyces griseoviridis</i> Stamm K61 (<i>Lalstop K61 WG</i>)</li> </ul>  |

## 4 Herbicides

En Suisse, les productions maraîchères affichent une grande diversité d'espèces et variétés ainsi que de méthodes de culture. Pour la lutte contre les adventices dans des cultures appartenant à différentes familles botaniques, ce sont aussi souvent des substances actives appartenant à divers groupes de substances actives qui sont autorisées. D'autre part, les durées de culture sont en général plus courtes qu'en grandes cultures, et la lutte chimique contre les adventices est souvent remplacée ou complétée par le désherbage mécanique (Bauermeister et al. (2005) : Le désherbage pratique – Régulation mécanisée des adventices en cultures maraîchères; Lichtenhahn et al. (2002): Le contrôle des adventices en maraîchage biologique). C'est pourquoi le risque d'apparition de résistances en cultures maraîchères est plus faible qu'en grandes cultures. Cependant, comme l'imbrication des cultures maraîchères et agricoles tend à devenir plus étroite et que la liste des substances actives disponibles se raccourcit, le principe de précaution exige que l'on se préoccupe aussi, en cultures maraîchères, de la problématique des résistances. À la différence des prescriptions édictées pour les insecticides et fongicides, il n'existe dans les autorisations pour les herbicides aucune charge destinée à la gestion des résistances. Une bonne gestion des résistances correspond à la bonne pratique professionnelle. Il convient ainsi, par exemple lors de la planification des rotations, de veiller à ce que la lutte contre une adventice ne dépende pas constamment, dans une succession de cultures, d'herbicides présentant le même mécanisme d'action (tableau 5).

L'ordonnancement des substances actives herbicides selon la classification de l'Herbicide Resistance Action Committee (HRAC) est basé sur le mécanisme d'action biochimique inhibant le métabolisme des plantes. La classification des substances actives a été révisée en 2020 et le code composé des lettres HRAC a été remplacé par des groupes désignés par des chiffres (Ward, 2020). Le risque d'apparition de résistances aux différents groupes de substances actives est signalé par un code de couleur. Ne figurent dans le tableau que les groupes de substances actives dans lesquels des substances actives sont autorisées et sont commercialisées en cultures maraîchères suisses, mais pas les produits et les matières actives pour lesquels l'autorisation est échue mais qui bénéficient encore d'un délai d'utilisation. Les produits qui contiennent plusieurs substances actives figurent au titre de chacune d'entre elles.

Tableau 5: Classification HRAC des substances actives herbicides selon leur mécanisme d'action et leur groupe de substances actives:

*Estimation du risque d'apparition de résistances (Moss, 2017)*

|  |  |
|--|--|
|  | Risque élevé d'apparition de résistances       |
|  | Risque moyen d'apparition de résistances       |
|  | Risque faible d'apparition de résistances      |
|  | Risque très faible d'apparition de résistances |

| Groupe (HRAC Code) | Mécanisme d'action  | famille chimique                  | Substance active (produits)  |
|--------------------|---|-----------------------------------|--|
| 1 (A)              | Inhibition de l'acétyl-coenzyme A carboxylase (inhibiteur de l'AC-Case) | Aryloxyphénoxy-propionates (FOPs) | <ul style="list-style-type: none"> <li>Fluazifop-P-butyle (<i>Auxilior Rex, Fusilade Max</i>)</li> <li>Propaquizafop (<i>Agil, Obsidio Rex, Propaq</i>)</li> <li>Quizalofop-P-éthyle (<i>Targa Super</i>)</li> </ul> |
|                    |   | Cyclohexanediones (DIMs)          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Cléthodime (<i>Select</i>)</li> <li>Cycloxydime (<i>Focus Ultra, RUGA</i>)</li> </ul>   |
| 2 (B)              | Inhibition de l'acétolactate synthase (inhibiteur de l'ALS)             | Sulfonylurées                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>Triflurosulfuron-méthyle (<i>Debut</i>)</li> </ul> Diverses substances de ce groupe sont autorisées en grandes cultures.  |
|                    |   | Imidazolines                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Imazamox (<i>Bolero</i>)</li> </ul>   |

| Groupe<br>(HRAC<br>Code) | Mécanisme d'action   | famille chimique            | Substance active (produits)  |
|--------------------------|--|-----------------------------|--|
| 3<br>(K1)                | Inhibition de l'assemblage des microtubules                  | Dinitroanilines             | <ul style="list-style-type: none"> <li>Pendiméthaline (<i>Hysan Aqua, Pendi, Pendimethalin SA-400 SC, Sitradol SC, Sitradol Tec, Stomp aqua</i>)</li> </ul>  |
|                          |  | Benzamides                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Propyzamide (<i>Fulgur Rex, Granat, Kerb Flo, Nizo S, Proper Flo</i>)</li> </ul>  |
| 4<br>(O)                 | Auxine synthétiques (agissant comme l'acide indole-acétique) | Acides phénoxy-carboniques  | <ul style="list-style-type: none"> <li>MCPB (<i>Divopan, MCPB LG, MCPB Omya, MCPB 400, Trifolin</i>)</li> </ul>  |
|                          |  | Acides pyridine-carboniques | <ul style="list-style-type: none"> <li>Clopyralide (<i>Alopex, Rapper</i>)</li> </ul>  |
|                          |  | Pyridyloxy-Carboxylate      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Fluroxypyr (<i>Starane Max</i>)</li> </ul>  |
| 5<br>(C1)                | Inhibition de la photosynthèse au niveau du photosystème II  | Triazines                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Terbuthylazine (<i>Gardo Gold</i>)</li> </ul>   |
|                          |  | Triazinones                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Metamitron (<i>Beta Omya, Bettix SC, Goltix 700 SC, Metafol Super, Metamitron 700 flüssig, Sugaro Gold et autres</i>)</li> <li>Métribuzine (<i>Artist, Buzzin 70 WG, Condoral SC, Dancor 70 WG, Metric, Sencor SC, Zepter</i>)</li> </ul> |
|                          |  | Uraciles                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Lénacile (<i>Lenacil, Spark, Venzar 500 SC, Venzar</i>)</li> </ul>  |
|                          |  | Phénylcarbammates           | <ul style="list-style-type: none"> <li>Phenmédiphame (<i>Beetup 160 EC, Betam LG, Beta Star, Phenmedipham EC, Rübex, Sugaro Duo et autres</i>)</li> </ul>  |
| 5<br>(C2)                | Inhibition de la photosynthèse du photosystème II            | Urées                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Métobromuron (<i>Proman, Soletto</i>)</li> </ul>  |
| 6<br>(C3)                | Inhibition de la photosynthèse du photosystème II            | Benzothiadiazinones         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Bentazone (<i>Basagran SG, Effican SG, Kusak SG, Pedian SG</i>)</li> </ul>  |
|                          |  | Phénylpyridazines           | <ul style="list-style-type: none"> <li>Pyridate (<i>Herbasan, Lentagran, Pyridate 45 WP</i>)</li> </ul>  |
| 9<br>(G)                 | Inhibition de l'EPSP-synthase                                | Dérivés de la glycine       | Glyphosate ( <i>Roundup et autres</i> )  |
| 13<br>(F4)               | Inhibition de la désoxy-D-xyulosephosphate synthase          | Isoxazolidinone             | <ul style="list-style-type: none"> <li>Clomazone (<i>Brasan Duo, Capone, Cargon S, Colzaphen, Metric, Rodino ready</i>)</li> </ul>   |
| 14<br>(E)                | Flambage: inhibition de la protoporphyrinogèneoxidase (PPO)  | N-phénylphthalimide         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Flumioxazin (<i>Pledge</i>)</li> </ul>  |

| Groupe<br>(HRAC<br>Code) | Mécanisme d'action   | famille chimique | Substance active (produits)   |
|--------------------------|--|------------------|---|
| 15<br>(K3)               | Inhibition de la synthèse des acides gras à très longue chaîne   | Chloroacétamides | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diméthénamide-P (<i>Frontier X2, Loper, Mazil, Spectrum</i>)</li> <li>• Métazachlore (<i>Bredola, Butisan S, Devrinol Plus, Rapsan 500 SC, Trax</i>)</li> <li>• Péthoxamide (<i>Colzaphen, Rodino ready, Successor 600</i>)</li> <li>• S-Métolachlore (<i>Calado, Dual Gold, Frontex, Gardo Gold</i>)</li> </ul> |
|                          |  | Oxyacétamides    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Flufenacet (<i>Artist</i>)</li> </ul>  |
|                          |  | Thiocarbamates   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prosulfocarbe (<i>Boxer, Golaprex Basic</i>)</li> </ul>  |
|                          |  | Benzofuranes     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ethofumésate (<i>Beetup Duo, Beta Star, Kusak SG, Médobet, Metafol Super, Oblix MT, Oblix 200 EC, Rübex, Sugaro Duo et autres</i>)</li> </ul>  |
| 27<br>(F2)               | Agent blanchissant (chlorotika, bleaching): inhibition de la 4-hydroxyphényl pyruvate dioxygénase (4-HPPD) | Tricétones       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mésotrione (<i>Callisto</i>)</li> <li>• Tembotrione (<i>Barst, Laudis</i>)</li> </ul>  |
| 32<br>(F3)               | Agent blanchissant (chlorotika, bleaching) : inhibition de la solanésyle di-phosphate synthase)            | Diphényl éthers  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aclonifen (<i>Bandur, Baso, Chanon, Dacthal SC, Laguna</i>)</li> </ul>   |
| 0<br>(Z)                 | Mécanisme d'action inconnu   | Acétamides       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Napropamide (<i>Aprex FL, Nikkel, Devrinol Plus, Napronol, Phalanx Rex</i>)</li> </ul>   |
|                          |  |                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acide pélargonique (<i>Headdown, NatreI</i>)</li> <li>• Dazomet (<i>Basamid-Granulat</i>)</li> </ul>   |
|                          | Pas encore classifié   |                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acide acétique (<i>Rasan Bio</i>)</li> <li>• Acides gras (Sels de potassium) (<i>Siplant</i>)</li> </ul>   |

## 5 Bibliographie

- Aktionsplan zur Risikoreduktion und nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln (2017): Bericht des Bundesrats, S. 9. <https://www.blw.admin.ch/blw/de/home/nachhaltige-produktion/pflanzenschutz/aktionsplan.html>, zuletzt besucht am 28.10.2021.
- Bauermeister R., Total R., Baumann, D.T., Bleeker P., Koller M. und Lichtenhahn, M. (2005): Unkrautpraxis – Mechanische Unkrautregulierung im Gemüsebau. Agroscope FAW Wädenswil (Ed.), S. 1-52.
- Fungicide Resistance Action Committee (2021): FRAC Code List 2021: Fungal control agents sorted by cross resistance pattern and mode of action (including coding for FRAC Groups on product labels), S. 1-17. [https://www.frac.info/docs/default-source/publications/frac-code-list/frac-code-list-2022--final.pdf?sfvrsn=b6024e9a\\_2](https://www.frac.info/docs/default-source/publications/frac-code-list/frac-code-list-2022--final.pdf?sfvrsn=b6024e9a_2), zuletzt besucht am 05.01.2023.
- Herbicide Resistance Action Committee (2020): Global HRAC MOA Classification Working Group Report, [https://hracglobal.com/files/GHRAC\\_MOA\\_UPDATE\\_2020.pdf](https://hracglobal.com/files/GHRAC_MOA_UPDATE_2020.pdf), zuletzt besucht am 05.01.2023.
- Herbicide Resistance Action Committee: GLOBAL HERBICIDE CLASSIFICATION LOOKUP - Mode of Action Groups. <https://hracglobal.com/tools/classification-lookup>, zuletzt besucht am 05.01.2023.
- Herbicide Resistance Action Committee: Herbicide Resistance: Overview. <https://hracglobal.com/herbicide-resistance/overview>, zuletzt besucht am 28.10.2021.
- Herbicide Resistance Action Committee: Guideline to the Management of Herbicide Resistance. <https://hracglobal.com/files/Management-of-Herbicide-Resistance.pdf>, zuletzt besucht am 05.01.2023.
- Insecticide Resistance Action Committee International MoA Working Group (2021): IRAC Mode of Action Classification Scheme, Version 10.4, Dezember 2022. S. 1-41., <https://irac-online.org/documents/moa-classification> zuletzt besucht am 05.01.2023.
- Lichtenhahn M., Koller M., Dierauer H. und Baumann D. (2002): Unkrautregulierung – termingerecht und schlagkräftig. <https://shop.fibl.org/chde/1027-gemuese-unkraut.html>, zuletzt besucht am 05.01.2023.
- Moss, S., 2017: Herbicide Resistance in Weeds. In: Hatcher P.E. and Froud-Williams R.J. (eds.): Weed Research Expanding Horizons, Jon Wiley & Sons Ltd., Hoboken, New Jersey. S.181-214.
- Ward, A., 2020: RE: Important changes to the Global Herbicide Resistance Action Committee. Information on behalf of global HRAC and CropLife International (HRAC)'s herbicide mode of action classification system. [https://www.hracglobal.com/files/CLI\\_SUPPORT\\_HRAC\\_MOA\\_UPDATE\\_ENG.pdf](https://www.hracglobal.com/files/CLI_SUPPORT_HRAC_MOA_UPDATE_ENG.pdf), zuletzt besucht am 05.01.2023.