



## Produits phytosanitaires en cultures maraîchères:

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

Auteurs

Brigitte Baur, Anouk Guyer, Martina Keller et Matthias Lutz



## Impressum

Éditeur:	Agroscope Müller-Thurgau-Strasse 29 8820 Wädenswil <a href="http://www.agroscope.ch">www.agroscope.ch</a>
Renseignements:	Anouk Guyer (insecticides), Martina Keller (herbicides) et Matthias Lutz (fongicides)
Rédaction:	Brigitte Baur
Mise en page:	Brigitte Baur
Photo de couverture	Agroscope
Copyright:	© Agroscope 2019
ISSN:	2296-7230

---

## 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 : septembre 2019):

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.

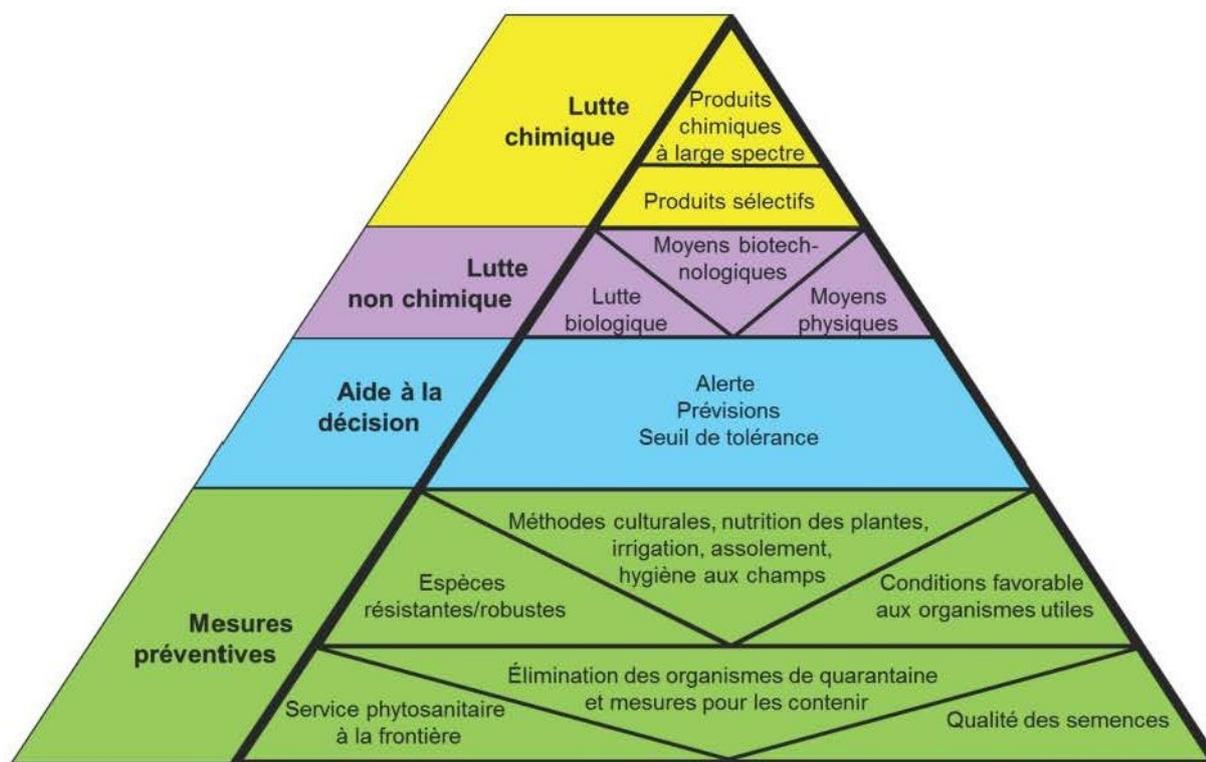


Figure 1: Principe de la lutte intégrée contre les organismes nuisibles (source: Plan d'action Produits phytosanitaires)

## 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 l'agriculture 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 Orvego (BASF) en cultures de pommes de terre : «*Pour éviter le développement de résistances, 3 traitements au maximum par parcelle et année avec des produits du groupe de matières actives FRAC N° 40 (CAA carboxylic acid amides) ou FRAC N° 45 (QoSI, Quinone outside Inhibitor)*».

Les substances actives et produits autorisés pour la protection des plantes en cultures maraîchères suisses (état à l'automne 2019) 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).

## 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 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 nicotiques du récepteur de l'acétylcholine (nAChR)	4		
Activateurs du nAChR	5	<b>Membranes de l'intestin moyen</b>	
Activateurs des canaux chlorure (GluCl) glutamate-dépendants	6	Disrupteurs microbiens des membranes de l'intestin moyen des insectes	11
Modulateurs des organes cordotonaux (canal TRPV)	9	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	Multisites	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 (p.ex. pyréthrinoides contre la mouche de la carotte) 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 dans les cultures maraîchères suisses. N'y figurent pas toujours 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	<ul style="list-style-type: none"> <li>Méthomyl (<i>Lannate 25 WP, Méthomyl 25 WP</i>)</li> <li>Pirimicarbe (<i>Pirimicarb, Pirimicarb 50 WG, Pirimor</i>)</li> </ul>
3A	Pyréthri-noïdes	<ul style="list-style-type: none"> <li>alpha-Cyperméthrine (<i>Fastac Perlen</i>)</li> <li>Bifenthrine (<i>Talstar SC</i>)</li> <li>Cyperméthrine (<i>Cypermethrin, Cypermethrin S, Cyperméthrine</i>)</li> <li>Deltaméthrine (<i>Aligator, Decis Protech</i>)</li> <li>Etofenprox (<i>Blocker</i>)</li> <li>lambda-Cyhalothrine (<i>Karate Zeon, Kendo, Ravane 50, TAK 50 EG, Techno, Techno 10 CS</i>)</li> <li>Pyréthrines (<i>Alaxon Gold, BIOHOP DeI TRIN, BIOHOP DeI TRUM, Biorga Contra Insektizid Konzentrat, Deril, Gesal Natur Insektizid, Parexan N, Pyrethrum FS, Sanoplant Bio-Spritzmittel, Sepal</i>)</li> <li>zéta-cyperméthrine (<i>ArboRondo ZC 1000, Fury 10 EW</i>)</li> </ul>
4A	Néonicotinoïdes	<ul style="list-style-type: none"> <li>Acétamipride (<i>Basudin SG, Barritus Rex, Gazelle SG, Oryx Pro</i>)</li> <li>Thiaclopride (<i>Biscaya</i>)</li> <li>Thiaméthoxam (<i>Actara, Flagship</i>)</li> </ul>
5	Spinosynes	<ul style="list-style-type: none"> <li>Spinosad (<i>Audienz, BIOHOP AudiENZ, Perfetto</i>)</li> </ul>
6	Avermectine Milbemycine	<ul style="list-style-type: none"> <li>Abamectine (<i>Vertimec Gold</i>)</li> <li>Benzoate d'émamectine (<i>Affirm, Affirm Profi, Rapid</i>)</li> </ul>
8F	Générateurs de méthyl-isothiocyanate	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dazomet (<i>Basamid-Granulat</i>)</li> </ul>
9B	Dérivés de la pyridine azométhine	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pymétozine (<i>Plenum WG</i>)</li> </ul>
10A	Clofentézine Hexythiazox	<ul style="list-style-type: none"> <li>Clofentézine (<i>Apollo SC</i>)</li> <li>Hexythiazox (<i>Credo, Nissostar</i>)</li> </ul>
10B	Étoxazole	<ul style="list-style-type: none"> <li>Étoxazole (<i>Arabella</i>)</li> </ul>

Groupe IRAC	Désignation du sous-groupe ou exemple de substance active	Substance active ( <i>produits</i> )
11A	<i>Bacillus thuringiensis</i> et protéines insecticides produites par <i>B. t.</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>aizawai</i> (<i>Xen Tari WG, Agree WP</i>)</li> <li>• <i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>israelensis</i> (<i>Solbac, Gesal Trauermücken-Stop</i>)</li> <li>• <i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i> (<i>BIOHOP DeIFIN, Delfin, Dipel DF</i>)</li> <li>• <i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>tenebrionis</i> (<i>Novodor 3 FC</i>)</li> </ul>
18	Diacylhydrazines	• Tébufénozide ( <i>Mimic</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 K</i> )
23	Dérivés de l'acide tétronique et de l'acide tétramique	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spirodiclofen (<i>Envidor</i>)</li> <li>• Spirotetramat (<i>Movento SC</i>)</li> </ul>
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	• Azadirachtin ( <i>BIOHOP DeINEEM, NeemAzal-T/S, Sanoplant Neem</i> )
UNE	Essences botaniques	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acides gras (<i>BIOHOP DeIMON, Natural, Neudosan Neu, Siva 50</i>)</li> <li>• Extrait de Quassia (<i>Quassan</i>)</li> <li>• Huiles synthétiques et naturelles (<i>Prev-AM, Telmion</i>)</li> </ul>
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 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. Ne figurent dans le tableau que les groupes de substances actives dans lesquels des substances actives sont autorisées en cultures maraîchères suisses, mais pas toujours 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> (phénylamines)	4	• Metalaxyl-M ( <i>Apron XL, Fongamil, Maxim XL, Ridomil Gold</i> )
B1	<b>Fongicides MBC</b>	1	• Thiophanate-méthyle ( <i>Cercobin</i> )
C2	<b>SDHI</b> (inhibiteurs de la succinate-déshydrogénase)	7	• Boscalid ( <i>Signum</i> ) • Fluopyrame ( <i>Moon Experience, Moon Privilege, Moon Sensation</i> ) • Fluxapyroxad ( <i>Dagonis</i> )

Code	Groupe	No. FRAC	Substance active (produits)
C3	<b>Fongicides Qol</b> (Quinone outside Inhibitors)	11	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Azoxystrobine (<i>Amistar, Amistar Xtra, Globaztar SC, Hortosan, Proton, Ortiva, Priori Top</i>)</li> <li>• Fenamidon (<i>Arkaban, Consento, Verita</i>)</li> <li>• Fluoxastrobine (<i>Fandango</i>)</li> <li>• Kresoxime-méthyle (<i>Stroby, Stroby WG</i>)</li> <li>• Pyraclostrobine (<i>Signum</i>)</li> <li>• Trifloxystrobine (<i>Agora SC, Desi&gt;proXX, 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>Orvego</i>)</li> </ul>
D1	<b>Fongicides AP</b> (anilinopyrimidines)	9	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cyprodinil (<i>Avatar, Play, Switch</i>)</li> <li>• Mépanipyrime (<i>Frupica SC</i>)</li> <li>• Pyriméthanil (<i>Espiro, Papyrus, Pyrus 400 SC</i>)</li> </ul>
E1	Azanaphthalènes	13	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quinoxifène (<i>Legend</i>)</li> </ul>
E2	<b>Fongicides PP</b> (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</i>)</li> <li>• Propamocarb-hydrochlorid (<i>Arkaban, Consento, Proplant</i>)</li> </ul>
F6	<i>Bacillus</i> sp.	44	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> (<i>Amylo-X</i>)</li> <li>• <i>Bacillus subtilis</i> (<i>FZB 24 flüssig, Serenade ASO</i>)</li> </ul>
G1	<b>Fongicides DMI</b>	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cyproconazole (<i>Agora SC, Amistar Xtra, Desi&gt;proXX</i>)</li> <li>• Difénoconazole (<i>Bogard, Dagonis, Difcor 250 EC, Genius Rex, Priori Top, Revus Top, Score Profi, Sico, Slick</i>)</li> <li>• Imazalil (<i>Scomrid-Spray</i>)</li> <li>• Myclobutanil (<i>Systhane Max, Systhane viti 240</i>)</li> <li>• Penconazole (<i>Topas, Topas Vino</i>)</li> <li>• Prothioconazole (<i>Fandango</i>)</li> <li>• Tébuconazole (<i>Ethosan, Fezan, Horizont EW, Moon Experience, Nativo</i>)</li> </ul>
G3	<b>Fongicides KRI</b>	17	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fenhexamide (<i>Teldor WG 50</i>)</li> <li>• Fenpyrazamine (<i>Prolectus</i>)</li> </ul>
H5	<b>Fongicides CAA</b>	40	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bentiavalicarbe (<i>Valbon</i>)</li> <li>• Diméthomorphe (<i>Acrobat MZ WG, Forum, Orvego</i>)</li> <li>• Mandipropamide (<i>Revus, Revus MZ, Revus Top, Sandora, Virexa</i>)</li> </ul>
P1	Benzothiadiazoles ( <b>BTH</b> )	P01	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Azibenzolar-S-methyl (<i>Bion</i>)</li> </ul>
P4	Structure moléculaire naturelle	P04	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laminarine (<i>Vacciplant</i>)</li> </ul>
P7	Structure moléculaire naturelle	P07 (33)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fosétyl-aluminium (<i>Alfil WG, Alial 80 WG, Aliette WG, Previcur Energy, Verita</i>)</li> </ul>

Code	Groupe	No. FRAC	Substance active (produits)
U	Cyanoacétamide-oximes	27	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cymoxanil (<i>Cupro-Folpet Ultra, Curzate M WG, Cymoxanil WG, Mancozeb-Cymox</i>)</li> </ul>
NC	Divers	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</i>)</li> </ul> </li> <li>• Sels inorganiques <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bicarbonate de potassium (<i>Armicarb, 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	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuivre (<i>divers produits</i>)</li> </ul>
		M02	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Soufre (<i>BIOHOP HelioSOUFRE, Celos, Elosal Supra, Heliosoufre S, Kumulus WG, Mycosan-S, Netzschwefel Stulln, Schwefel 80, Solfovit WG, Soufre FL, Sufralo, Thiovit Jet</i>)</li> </ul>
	Dithiocarbamates	M03	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mancozèbe (<i>Acrobat MZ WG, Bonita, Curzate M WG, Dithane Neotec, Mancozeb 75 WG, Mancozeb-Cymox, Policar 75 WG NeoTec, Proto&gt;proXX, Remiltine S pépité, Revus MZ, Ridomil Gold, Sandora, Tutor WG, Valbon, Virexa</i>)</li> <li>• Thirame (<i>Thiram 80, TMTD 98% Satec</i>)</li> </ul>
	Phthalimides	M04	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Folpet (<i>Cupro-Folpet flüssig, Cupro-folpet TB, Cupro-Folpet Ultra, Perolan Super WDG, Resanol</i>)</li> </ul>
BM	Microorganismes	BM02	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Coniothyrium minitans</i> (<i>Contans WG</i>)</li> <li>• <i>Gliocladium catenulatum</i> (<i>Prestop</i>)</li> <li>• <i>Streptomyces griseoviridis</i> (<i>Mycostop</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. 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 en cultures maraîchères suisses, mais pas toujours 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

Code HRAC	Mécanisme d'action	Groupe	Substance active ( <i>produits</i> )
A	Inhibition de la synthèse des lipides (inhibiteurs de l'acétylcoenzyme A carboxylase/ACCase)	Aryloxyphénoxy-propionates (FOPs)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fluazifop-P-butyle (<i>Auxilior Rex, Fusilade Max</i>)</li> <li>• Haloxyfop-R-méthyle (<i>Gallant 535</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</i>)</li> </ul>

Code HRAC	Mécanisme d'action	Groupe	Substance active (produits)
B	Inhibition de la synthèse des acides aminés ramifiés (inhibiteurs de l'acétolactate synthase/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>
C1	Inhibition de la photosynthèse au niveau du photosystème II	Triazines	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terbutylazine (<i>Gardo Gold</i>)</li> </ul>
		Triazinones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metamitron (<i>Beta Omya, Betron WDG, Bettix SC, Bettix WG, Goltix compact, Goltix Gold, Goltix 700 SC, Goltix WG 70, Metafol Super, Metamitron 700 flüssig, Métamitrone, Sugaro Gamma</i>)</li> <li>• Métribuzine (<i>Artist, Buzzin 70 WG, Condoral SC, Dancor 70 WG, Metric, Metriphar 70 WG, Saturn, 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>
		Pyridazinones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chloridazone (<i>Chloridazon DF, Chloridazon 65 WG, Jumper, Pyramin DF, Pyrazon</i>)</li> </ul>
		Phénylcarbammates	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desmédiaphame (<i>Beetup Pro SC, Belvedere forte, Beta Team, Betanal Expert, Betanal Maxxpro, Mentor Contact, Sugaro Pro</i>)</li> <li>• Phenmédiaphame (<i>Betam LG, Beta Star, Betam Combi RAL, Médobet, Phenmédiaphame 160 EC, Phenmedipham EC, Phenmedipham SE</i>)</li> </ul>
C2	Inhibition de la photosynthèse du photosystème II	Urées	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Métobromuron (<i>Proman, Soletto</i>)</li> </ul>
C3	Inhibition de la photosynthèse du photosystème II	Nitriles	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bromoxynil (<i>Buctril, Xınca</i>)</li> </ul>
		Benzothiadiazoles	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bentazone (<i>Basagran SG, Bentazon 480 S, Effican, Kusak, Pedian, Troy</i>)</li> </ul>
		Phénylpyridazines	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pyridate (<i>Lentagran, Lentagran WP, Pyridate 45 WP</i>)</li> </ul>
D	Diversion d'électrons du photosystème I	Bipyridines	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diquat (<i>Barala, Diquat, Reglone</i>)</li> </ul>
E	Flambage: inhibition de la protoporphyrinogèneoxidase (PPO)	N-phénylphthalimide	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flumioxazine (<i>Pledge</i>)</li> </ul>
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>
F3	Agent blanchissant (chlorotika, bleaching)	Diphényl éthers	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aclonifen (<i>Bandur, Baso, Chanon, Dacthal SC</i>)</li> </ul>

Code HRAC	Mécanisme d'action	Groupe	Substance active (produits)
F4		Isoxazolidinone	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Clomazone (<i>Cargon S, Centium 36 CS, Colzaphen, Metric, Rodino ready</i>)</li> </ul>
G	Inhibition de l'EPSP-synthase	Dérivés de la glycine	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Glyphosate (<i>Roundup et autres</i>)</li> </ul>
H	Inhibition de la glutamine synthétase	Acides phosphiniques	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Glufosinate-ammonium (<i>Basta 150, Paloka</i>)</li> </ul>
K1	Inhibition de l'assemblage des microtubules	Dinitroanilines	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pendiméthaline (<i>Bacalon aqua, Hysan Micro, Pendi, Sitradol SC, Sitradol micro, Stomp aqua</i>)</li> <li>• Oryzaline (<i>Surflan</i>)</li> </ul>
		Benzamides	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Propyzamide (<i>Fulgur Rex, Fulgur SC, Graminex, Granat, Kerb Flo, Nizo, Proper Flo, Propyzamide 400</i>)</li> </ul>
K3	Inhibition de la division des cellules	Chloroacétamides	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diméthénamide-P (<i>Frontier X2, 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>
		Acétamides	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Napropamide (<i>Nikkel, Devrinol Plus</i>)</li> </ul>
		Oxyacétamides	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flufenacet (<i>Artist</i>)</li> </ul>
N	Inhibition de la synthèse des lipides (sauf ACCase)	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 Pro SC, Belvedere forte, Betam Combi RAL, Betanal Expert, Betanal Maxxpro, Beta Star, Beta Team, Médobet, Mentor Contact, Metafol Super, Oblix 200 EC, Sugaro Pro</i>)</li> </ul>
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</i>)</li> <li>• Fluroxypyr (<i>Starane Max, Starane 180</i>)</li> </ul>
Z	Mécanisme d'action inconnu		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acide pélargonique (<i>Natrel</i>)</li> <li>• Dazomet (<i>Basamid-Granulat</i>)</li> </ul>
	Pas encore classifié		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acide acétique (<i>Deserpan Rasant, Gesal Unkrautvertilger Natur-Rapid, Mioplant Natura Unkrautvernichter, Rasan Bio, Sanoplant Acetic, Tural</i>)</li> </ul>

## 5 Bibliographie

Plan d'action visant à la réduction des risques et à l'utilisation durable des produits phytosanitaires, p. 9. <https://www.blw.admin.ch/blw/fr/home/nachhaltige-produktion/pflanzenschutz/aktionsplan.html>, consulté pour la dernière fois le 11.11.2019.

Bauermeister R., Total R., Baumann, D.T., Bleeker P., Koller M. und Lichtenhahn, M. (2005): Le désherbage pratique – Régulation mécanisée des adventices en cultures maraîchères. Agroscope FAW Wädenswil (Ed.), S. 1-52.

Fungicide Resistance Action Committee (2019): FRAC Code List 2019: Fungal control agents sorted by cross resistance pattern and mode of action (including FRAC Code numbering), S. 1-14. <https://www.frac.info/docs/default-source/publications/frac-code-list/frac-code-list-2019.pdf>, consulté pour la dernière fois le 12.09.2019.

Heap, I. The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. <http://www.weedscience.org>, consulté pour la dernière fois le 12.07.2019.

Herbicide Resistance Action Committee: The World of Herbicides according to HRAC classification on mode of action 2010. <https://hracglobal.com/tools/world-of-herbicides-map>, consulté pour la dernière fois le 04.09.2019.

Herbicide Resistance Action Committee: Herbicide Resistance: Overview. <https://hracglobal.com/herbicide-resistance/overview>, consulté pour la dernière fois le 04.09.2019.

Herbicide Resistance Action Committee: Guideline to the Management of Herbicide Resistance. <https://hracglobal.com/files/Management-of-Herbicide-Resistance.pdf>, consulté pour la dernière fois le 04.09.2019.

Insecticide Resistance Action Committee International MoA Working Group (2019): IRAC Mode of Action Classification Scheme, Version 9.3, June 2019. S. 1-30. <https://www.irac-online.org/modes-of-action/>, consulté pour la dernière fois le 10.09.2019.

Lichtenhahn M., Koller M., Dierauer H. und Baumann D. (2002): Le contrôle des adventices en maraîchage biologique. <https://shop.fibl.org/CHde/1075-maraichage-adventices.html?ref=1>

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.