

Situation actuelle des résistances aux herbicides en Suisse

Frédéric Tschuy et Judith Wirth

Agroscope, Institut des sciences en production végétale IPV, 1260 Nyon, Suisse

Renseignements: Frédéric Tschuy, e-mail: frederic.tschuy@agroscope.admin.ch

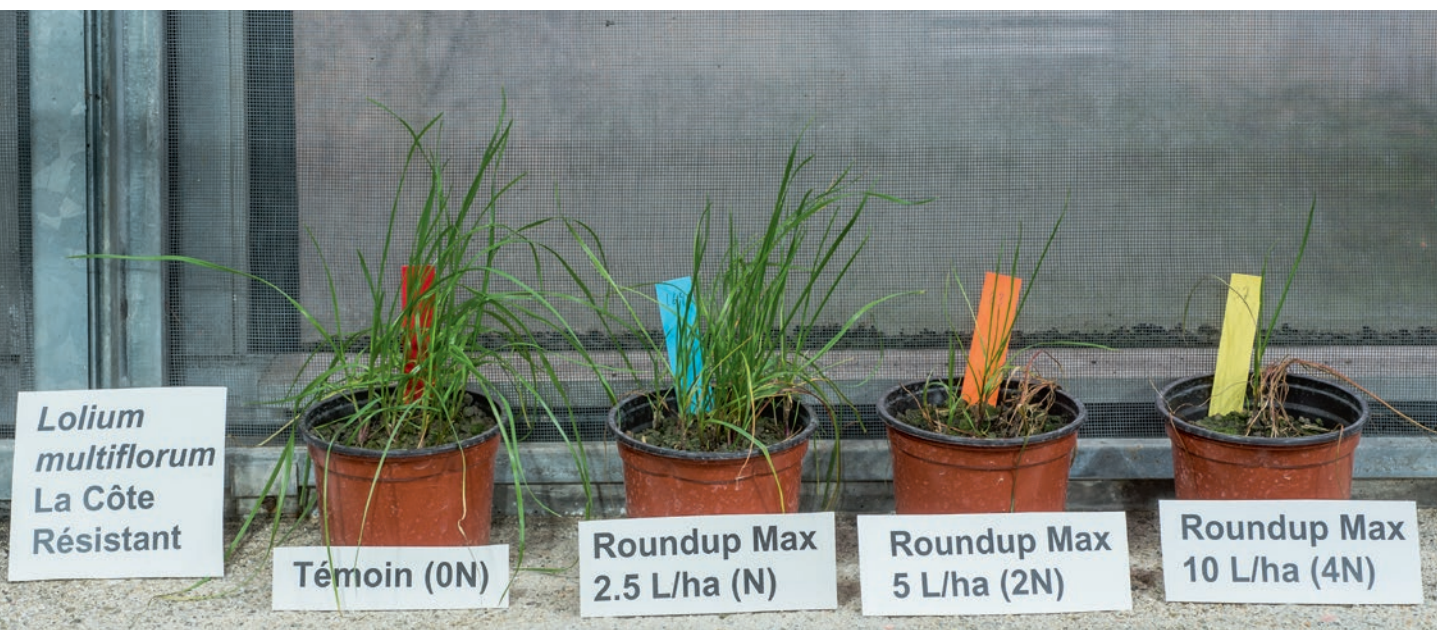


Figure 1 | Exemple d'un test de résistance du ray-grass d'Italie au glyphosate. (Photo: Carole Parodi)

Introduction

Depuis l'apparition des premières adventices résistantes aux herbicides en 1957 (Hilton 1957), les résistances sont en continuelle augmentation au niveau mondial et sont actuellement répertoriées chez 247 différentes espèces d'adventices (144 dicotylédones et 103 monocotylédones). Les adventices ont développé des résistances aux 22 des 25 modes d'actions d'herbicides connus et à 157 herbicides différents dans 86 cultures et 66 pays (Heap 2015). De l'avis de beaucoup de spécialistes internationaux de la lutte contre les adventices, l'industrie ne développera pas de nouvelles matières actives dans les dix prochaines années (Petersen *et al.* 2015). Etant donné que d'anciennes matières actives sont retirées de l'usage agricole ou restreintes dans leurs applications, les solutions phytosanitaires s'amenuisent d'année en année. Il convient donc d'appliquer les moyens alternatifs à disposition afin d'éviter aussi longtemps que possible que des résistances se développent. En 1977, le premier cas de résistance aux herbicides a été confirmé

en Suisse (Gressel *et al.* 1982). Depuis, la situation a évolué vers une généralisation du phénomène. De nouvelles résistances sont signalées et concernent de nouvelles adventices. Afin d'avoir une meilleure vue d'ensemble et de mieux maîtriser le phénomène, le groupe de recherche Malherbologie grandes cultures et viticulture d'Agroscope à Changins a mis en place dès 2011 des tests visant à confirmer des résistances soupçonnées aux herbicides en Suisse.

Résistance aux herbicides

La résistance aux herbicides est le résultat de l'évolution adaptative des populations d'adventices à la pression de sélection intense exercée par les herbicides (Délye *et al.* 2013b). Une plante résistante est une plante qui a survécu à un traitement herbicide correctement effectué. Les applications répétées d'une même matière active ou de matières actives ayant le même mode d'action (groupes HRAC) (tabl. 1) tend à éliminer les adventices sensibles pour ne laisser que les rares plantes dotées

d'une résistance naturelle (Délye *et al.* 2013a). Les plantes qui survivent à l'herbicide peuvent, de génération en génération, produire des graines et occuper entièrement leur niche écologique au point où cette caractéristique de résistance se retrouve dans presque chaque individu de l'espèce d'une parcelle agricole. Les résistances peuvent être de deux types:

- la résistance de cible (*target site resistance*), qui se manifeste par une augmentation de l'expression de la protéine cible ou par une altération du site de fixation de l'herbicide;
- la résistance non liée à la cible (*non target site resistance*), qui inclut tous les autres mécanismes, comme par exemple une réduction de la pénétration de l'herbicide dans la plante (Délye *et al.* 2013b).

Classification des herbicides selon le mode d'action

L'organisation HRAC classe les herbicides dans des groupes selon leurs modes d'action biochimiques spécifiques (<http://hracglobal.com>). Ces groupes portent des désignations spécifiques (tabl. 1). Cette classification, selon une approche très pragmatique, permet de mettre en place des stratégies de lutte contre le développement de résistances. Au niveau mondial comme en Suisse, les nouvelles résistances les plus fréquentes se trouvent contre les inhibiteurs de l'ALS, suivies des inhibiteurs du photosystème II et des inhibiteurs de l'ACCCase (Heap 2015) (tabl. 1).

Résumé La résistance aux herbicides est un problème mondial de l'agriculture industrielle qui s'aggrave d'année en année. Dans certains pays au nord de l'Europe, le vulpin des champs présente des résistances à de nombreux herbicides différents et n'est, par endroit, guère contrôlable. Ce phénomène commence à apparaître également en Suisse. Afin de suivre l'apparition de nouvelles résistances et d'en contrôler la propagation, Agroscope a mis sur pied à partir de 2011 un monitoring au niveau national. Ce monitoring est important pour développer localement des stratégies de prévention en partenariat avec les stations phytosanitaires cantonales. En Suisse, les espèces d'adventices actuellement concernées par des résistances sont trois monocotylédones (vulpin, agrostide et ray-grass d'Italie) et une dicotylédone (chénopode blanc). Elles ont développé des résistances contre cinq modes d'action biochimiques différents, définis à l'échelle internationale par le *Herbicide Resistance Action Committee* (HRAC). Pour éviter l'apparition de nouvelles résistances ou pour contenir au mieux celles déjà installées, il importe de combiner les moyens de lutte cultureux et phytosanitaires.

Tableau 1 | Groupes d'herbicides concernés par l'apparition de résistances en Suisse

Mode d'action	Famille chimique	Exemple de matière active
Inhibiteurs de l'ACCCase* (HRAC A)	Fops	Fenoxaprop Fluazifop
	Dens	Pinoxaden
	Dims	Clethodim
Inhibiteurs de l'ALS (HRAC B)	Sulfonylurées	Flupyralsulfuron
		Iodosulfuron
		Mesosulfuron
Inhibiteurs de la photosynthèse sur le photosystème II (HRAC C1)	Triazinones	Metribuzin
	Triazines	Metamitron Simazine
Inhibiteurs de la photosynthèse sur le photosystème II (HRAC C2)	Urées	Isoproturon
		Chlorotoluron
Inhibiteur de l'EPSP synthase (HRAC G)	Amino-phosphonate glycine	Glyphosate

ACCCase = acétyl CoA carboxylase. ALS = acétolactate synthase. EPSP synthase = 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase.

*Le mode d'action des inhibiteurs de l'ACCCase compte trois familles chimiques pour lesquelles on utilise les abréviations: «FOP» pour les aryloxyphénoxy-propionates, «DEN» pour les phénylpyrazolines et «DIM» pour les cyclohexanediones.



Figure 2 | Résistances aux herbicides confirmées chez l'agrostide depuis 2011 en Suisse.

Monitoring des résistances en Suisse

Devant la progression des cas signalés en Suisse et au regard de la situation dans les pays voisins, Agroscope à Changins a mis en place un monitoring de la résistance aux herbicides. Le système choisi est de type réactif. Cette stratégie est la plus utilisée dans la pratique car elle permet d'informer les personnes concernées sur l'intensité et l'importance d'une résistance particulière (Soteris et Peterson 2015). Les agriculteurs qui constatent dans leur champ un manque d'efficacité répété de certaines matières actives sur des adventices peuvent faire vérifier s'il s'agit d'une résistance. Ces informations peuvent ensuite servir à mettre en place une stratégie d'adaptation localisée. Les demandes viennent essentiellement des services de vulgarisation cantonaux et des entreprises actives dans le commerce des herbicides de toutes les régions de Suisse. Ce sont eux qui déterminent quelles populations d'adventices méritent d'être testées pour confirmer de nouveaux cas dans une région donnée. Les demandeurs envoient les graines mûres des adventices ayant survécu aux traitements herbicides. Toutes les demandes sont traitées pour autant que la qualité du stock de graines fourni soit suffisante. Agroscope a choisi d'utiliser la méthode courante des tests en serre sur des plantes entières. Ce type de test est relativement long à mener et ne permet pas de distinguer les différents types de résistance. Les graines des adventices sont semées dans des pots remplis de terre. Les plantes sont traitées avec un herbicide contenant la matière active suspectée

en fonction des recommandations des fabricants d'herbicides ou de la pratique. En général, trois dosages de l'herbicide sont appliqués (n = dose homologuée, $2n$ et $4n$). Un mois après le traitement, les plantes sont comparées à des populations témoin sensibles et résistantes à la famille chimique de l'herbicide concerné. Les résultats sont ensuite classés selon le degré de sensibilité de l'adventice vis-à-vis de l'herbicide (Clarke *et al.* 1994). Une documentation photographique (fig. 1) accompagne le rapport de test envoyé au demandeur.

Historique

Après quelques décennies d'usage d'herbicides de synthèse en Suisse, les premiers cas de résistances confirmées sont apparus en 1977 chez le chénopode blanc (*Chenopodium album* L.) (Gressel *et al.* 1982). Pendant une dizaine d'années, les nouveaux cas ne concernaient que des dicotylédones ayant développé des résistances aux triazines (HRAC C1) (Delabays *et al.* 2004). En 1988, une résistance à l'isoproturon (HRAC C2) a été découverte dans une population de vergerette du Canada (*Conyza canadensis* (L.) Cronquist). Le problème des résistances a pris de l'importance au moment de l'apparition de la première résistance de l'agrostide (*Apera spica-venti* (L.) P. Beauv.) à l'isoproturon en 1996 à Changins (Mayor et Maillard 1997) (tabl. 2).

Situation actuelle en Suisse

En Suisse, quatre espèces présentent actuellement des résistances à cinq modes d'action différents. Ce sont principalement des graminées qui sont concernées. Les

Tableau 2 | Chronologie de l'apparition d'espèces résistantes aux herbicides en Suisse

Année	Adventice	Famille chimique de l'herbicide concerné par la résistance	Groupe HRAC
1977	<i>Chenopodium album</i>	triazine	C1
1982	<i>Amaranthus blitum</i>	triazine	C1
1982	<i>Amaranthus cruentus</i>	triazine	C1
1982	<i>Amaranthus retroflexus</i>	triazine	C1
1982	<i>Chenopodium polyspermum</i>	triazine	C1
1982	<i>Conyza canadensis</i>	triazine	C1
1982	<i>Senecio vulgaris</i>	triazine	C1
1983	<i>Solanum nigrum</i>	triazine	C1
1986	<i>Chenopodium ficifolium</i>	triazine	C1
1986	<i>Amaranthus bouchonii</i>	triazine	C1
1986	<i>Poa annua</i>	triazine	C1
1986	<i>Stellaria media</i>	triazine	C1
1988	<i>Amaranthus lividus</i>	triazine	C1
1988	<i>Conyza canadensis</i>	urée	C2
1989	<i>Senecio vulgaris</i>	urée	C2
1991	<i>Galinsoga ciliata</i>	triazine	C1
1996	<i>Apera spica-venti</i>	urée	C2
2006	<i>Apera spica-venti</i>	sulfonyleurée	B
2010	<i>Alopecurus myosuroides</i>	sulfonyleurée	B
2010	<i>Alopecurus myosuroides</i>	FOP	A
2010	<i>Alopecurus myosuroides</i>	DEN	A
2012	<i>Alopecurus myosuroides</i>	DIM	A
2012	<i>Chenopodium album</i>	triazinone	C1
2013	<i>Lolium multiflorum</i>	glycine	G
2014	<i>Lolium multiflorum</i>	FOP	A

résistances ont été détectées dans des champs de céréales (vulpin, agrostide et ray-grass), dans la vigne (ray-grass) ainsi que dans la betterave et la pomme de terre (chénopode).

Agrostide (*Apera spica-venti*)

Le premier cas de résistance aux sulfonyleurées (HRAC B) dans une population d'agrostide a été confirmé en 2006 dans le canton de Vaud (Delabays *et al.* 2006). Cette espèce est très répandue dans les cultures céréalières du plateau et tend à augmenter avec les rotations chargées en céréales d'automne et où le labourage devient moins fréquent. Ce cas a été suivi d'autres confirmations venant de différentes régions du canton de Vaud, où la résistance est parfois bien installée. Dans les cantons de Zurich et Berne, des premiers cas ont été confirmés.

Quelques échantillons d'agrostide provenant du canton de Vaud présentent une résistance à l'isoproturon (HRAC C2), mais en général celle-ci n'est pas répandue. En 2012 et en 2013, deux populations d'agrostide ont montré une double résistance qui concernait les deux modes d'action. Ces populations présentaient une insensibilité à l'iodosulfuron (sulfonyleurées, HRAC B) et une résistance à l'isoproturon. Du fait de l'introduction plus ancienne de l'isoproturon sur le marché, il paraît probable que la résistance était présente antérieurement à la sulfonyleurée. En revanche, aucun cas de résistance aux herbicides inhibiteurs à l'ACCCase (HRAC A) n'a été confirmé jusqu'à présent en Suisse (fig. 2).

Vulpin des champs (*Alopecurus myosuroides*)

On retrouve le vulpin des champs (*Alopecurus myosuroides* Huds.) principalement dans les céréales d'hiver tout comme l'agrostide. Cette adventice est favorisée par un travail du sol réduit. En 2010, les premiers cas de vulpins résistants aux inhibiteurs d'ALS (HRAC B), et de l'ACCCase (HRAC A) ont été confirmés à Genève (tabl. 2). Depuis, de nouveaux cas sont apparus dans les cantons de Genève, Schaffhouse, Zurich, Argovie et récemment dans le Seeland bernois. La résistance aux inhibiteurs d'ACCCase est bien installée dans les cantons de Genève et de Schaffhouse. Dans les autres cantons concernés, elle est émergente. En 2012, un cas de résistance multiple a été confirmé sur une population provenant de la campagne genevoise. Ces plantes ont montré des résistances simultanées à la cléthodime (DIM, HRAC A), ainsi qu'au flupyrsulfuron et au mesosulfuron (sulfonyleurées, HRAC B). Ce premier cas a été suivi, la même année, d'un autre cas de double résistance dans le canton de Schaffhouse. Cette population a survécu aux traitements de flupyrsulfuron et de fenoxaprop (FOP, HRAC A). Deux autres cas de résistance, sur la même commune du canton d'Argovie ont aussi été confirmés avec les mêmes produits pour les inhibiteurs de l'ACCCase et de l'ALS (fig. 3).

Chénopode (*Chenopodium album*)

Si par le passé des résistances aux triazines ont été constatées chez le chénopode blanc dans des cultures sarclées, rien n'a été signalé ces dernières années, sauf en 2012 et en 2013. La famille chimique des triazines a été remplacée par la métribuzine et le métamitrone de la famille des triazinones. Ces deux familles ont un mode d'action basé sur l'inhibition du photosystème II (HRAC C1). Quatre cas de résistance à la métribuzine sont apparus dans le canton de Berne et un cas d'insensibilité au métamitrone venait du canton de Zurich (fig. 4). Il s'agit donc d'une résistance peu répandue.



Figure 3 | Résistances aux herbicides confirmées chez le vulpin depuis 2011 en Suisse.

Ray-grass (*Lolium multiflorum*)

Le premier cas de résistance au glyphosate (HRAC G) a été confirmé à Aubonne (VD) en 2013 (fig. 1 et 4) et suivi en 2014 de deux autres cas dans la même région. La résistance a été confirmée dans des vignes qui ont été traitées depuis plus d'une quinzaine d'années avec la même matière active, pratique courante en viticulture et en arboriculture. Son prix intéressant et son large spectre d'efficacité expliquent cette utilisation en progression en Suisse et dans le monde. Quelques populations de ray-grass ont montré une résistance au fluazifop (FOP, HRAC A) en 2014, sur la Côte vaudoise et dans le Bas-

Valais, mais cette fois-ci dans des cultures de céréales (fig. 4). Cette matière active étant également en usage dans la vigne, on peut craindre l'apparition d'une double résistance.

Situation actuelle en Europe

En Suisse, les cas de résistance restent limités à des zones restreintes et sont en général bien maîtrisables par les pratiques culturales en respect des directives PER et de la production intégrée. Dans des pays limitrophes de la Suisse, des cas de résistance, en particulier du vulpin, causent des problèmes majeurs aux agriculteurs.



Figure 4 | Résistances aux herbicides confirmées chez le ray-grass et le chénopode depuis 2011 en Suisse.

Tableau 3 | Résumé des facteurs qui influencent le développement de résistances aux herbicides (JKI 2009)

Facteurs	Risque de résistance		
	faible	moyen	élevé
Rotation	diversifiée, avec alternance des cultures d'automne et de printemps	limitée, surtout cultures d'automne	monoculture et/ou seulement cultures d'automne
Travail du sol	conventionnel, labour régulier	conservateur, labour facultatif	minimal, sans labour, semis direct
Quantité d'adventices	faible	moyenne	élevée
Lutte contre les adventices	chimique et mécanique	surtout chimique	seulement chimique, avec une haute intensité
Utilisation des herbicides en mélange/programme de traitement par culture de rotation	avec plus de deux modes d'actions différents	avec deux modes d'actions différents	avec seulement un mode d'action
Utilisation des herbicides avec le même mode d'action	seulement après 2 ans	en alternance annuelle	plusieurs fois par an
Résistances connues chez des adventices à problèmes	non	rarement	souvent
Efficacité de lutte dans les années précédentes	avec succès; comme prévu	réduite	régulièrement insuffisante

En France, les résistances ont été détectées chez quatorze espèces (huit monocotylédones, six dicotylédones) et trois modes d'action (HRAC A, B, G) sont concernés (comm. pers. C. Délye, INRA Dijon). Les résistances sont installées chez le vulpin (HRAC A et B), le coquelicot (*Papaver rhoeas* L.) (HRAC B) et le ray-grass (HRAC A, B et G). Chez les folles avoines (*Avena* spp.) et les agrostides les résistances sont émergentes, tandis que pour les autres espèces concernées des premiers cas ont été confirmés (Délye 2013). En Allemagne, des résistances ont été confirmées chez onze espèces (six monocotylédones, cinq dicotylédones) et cinq modes d'action sont concernés (HRAC A, B, C1, C2, K) (comm. pers. L. Ulber, JKI Braunschweig). Dans certaines régions du nord de l'Allemagne, le vulpin résistant surtout aux inhibiteurs d'ACCase et d'ALS (HRAC A et B) n'est guère contrôlable. Des cas de résistances multiples sont très fréquents, comme par exemple un cas de résistance multiple chez le vulpin contre l'isoproturon et le chlorotoluron (HRAC C2), le pinoxaden (DEN, HRAC A), le fenoxaprop (FOP, HRAC A), le meso- et l'iodosulfuron (HRAC B) ainsi que le flufénacet (HRAC K3). Dans le nord et l'est de l'Allemagne, l'agrostide présente des fortes résistances largement répandues aux inhibiteurs d'ALS (HRAC B). En outre, les folles avoines se montrent de plus en plus résistantes aux inhibiteurs d'ACCase (HRAC A) (Petersen *et al.* 2015). Les autres résistances sont émergentes ou ne posent pas encore de problèmes. En Autriche, des résistances ont été confirmées chez dix espèces (trois monocotylédones, sept dicotylédones)

concernant quatre modes d'action (HRAC A, B, C1, C2) (comm. pers. P. Ledolter, AGES Wien). Pourtant, des problèmes de lutte sont seulement rencontrés chez l'agrostide résistante contre les inhibiteurs l'ALS (IGP Broschüre 2015). Au Royaume-Uni, six espèces (trois monocotylédones, trois dicotylédones) et deux modes d'action (HRAC A, B) sont concernés par les résistances aux herbicides (Hull *et al.* 2014). Le vulpin des champs est problématique dans quasiment toutes les 20000 fermes de 35 comtés où des herbicides sont appliqués régulièrement pour son contrôle. Dans une bien moindre mesure, le ray-grass d'Italie, le coquelicot et des folles avoines présentent des résistances dans plusieurs régions du pays. Il faut garder en mémoire que ce n'est pas le nombre d'espèces et de modes d'actions concernés par des résistances qui sont indicateurs de la gravité du problème dans un pays, mais plutôt la taille des surfaces sur lesquelles certains adventices résistantes ne sont plus contrôlables.

Gestion du problème

Facteurs favorisant le développement de résistances

Plusieurs facteurs tels que la rotation, le travail du sol, la quantité d'adventices présentes, etc. influencent le risque d'apparition de résistances (tabl. 3) (J.K.I. Institut 2009). En outre, un traitement tardif sur des adventices bien développées, un sous-dosage d'herbicide ou l'application dans des conditions non optimales augmentent le risque d'un développement de résistances. ➤

Prévention des résistances

Pour réduire les risques de développement de résistances aux herbicides, plusieurs pratiques agricoles doivent être combinées. Sur le plan cultural, il s'agit de perturber les cycles biologiques des principales adventices présentes au champ, tandis que les moyens chimiques permettent de détruire les adventices en germination ou en début de croissance. L'utilisation combinée de ces différentes options de lutte tant culturales que chimiques peut contribuer à réduire le risque d'apparition de résistances (Norsworthy *et al.* 2012). Pour en augmenter l'efficacité, ces mesures devraient être coordonnées au niveau régional.

Lutte agronomique

- Une rotation variée avec des cultures de printemps permet de pratiquer des dates de semis différenciées et/ou d'introduire des cultures intercalaires.
- Il est très important de diversifier les pratiques de désherbage. En plus d'un désherbage mécanique, le travail du sol (labour, déchaumage, faux semis) permet de lutter contre les adventices.
- Des dates de semis décalées gênent la levée des adventices spécifiques à la culture considérée.
- Planter des variétés concurrentielles et augmenter la densité de semis permet à la culture de mieux concurrencer les adventices.
- La fauche des adventices avant épiaison empêche la production de pollen ou de graines et évite la dissémination des résistances.
- Prévenir la dissémination de graines d'adventices entre les champs et les régions en utilisant des semences de plantes cultivées indemne de graines indésirables et veiller à ce que les machines agricoles ne soit pas des vecteurs entre les parcelles.

Lutte chimique

- Le plus important est d'alterner les herbicides ayant des modes d'actions différents (se référer aux groupes HRAC au lieu des noms commerciaux) et/ou utiliser des mélanges d'herbicides aux modes d'actions différents.
- Il faut également appliquer le dosage recommandé par les fabricants et utiliser les herbicides au stade optimal de la sensibilité des adventices et dans les meilleures conditions météorologiques possibles.
- Le désherbage chimique doit atteindre une efficacité d'au moins 95 %.
- Surveiller l'efficacité relative des herbicides en fonction de leur groupe HRAC. Ceci pourrait donner des indications quant au développement d'une nouvelle résistance dans la parcelle traitée.

Conclusions

La situation en Suisse de la résistance des adventices aux herbicides semble suivre la tendance observée dans le reste de l'Europe. Les résistances restent toutefois à un niveau plus faible que dans certaines régions européennes. Si nous voulons garder la situation des résistances sous contrôle, nous devons approcher le problème de manière holistique et développer des stratégies de lutte combinées qui mettent en œuvre toutes les mesures prophylactiques et chimiques possibles. Dans les cultures annuelles la principale mesure est l'alternance des substances actives dans une rotation diversifiée. Dans les cultures pérennes, une combinaison de moyens agronomiques et chimiques est nécessaire ■

Riassunto

Situazione attuale delle resistenze agli erbicidi in Svizzera

La resistenza agli erbicidi è un problema mondiale dell'agricoltura industriale che peggiora di anno in anno. In alcuni Paesi del Nord Europa, la coda di topo dei campi presenta delle resistenze a numerosi erbicidi diversi ed è difficilmente controllabile in loco. Questo fenomeno ha fatto la sua comparsa anche in Svizzera. Al fine di seguire la comparsa di nuove resistenze e di controllarne la propagazione, dal 2011 Agroscope ha avviato un monitoraggio a livello nazionale. Questo monitoraggio è importante per sviluppare localmente delle strategie di prevenzione in collaborazione con le stazioni fitosanitarie cantonali. In Svizzera, le specie di malerbe attualmente interessate da resistenze sono tre monocotiledoni (coda di topo, agrostide e loietto italico) e una dicotiledone (farinello comune). Tali specie hanno sviluppato delle resistenze contro cinque metodi di azione biochimica differenti, definiti su scala internazionale dalla *Herbicide Resistance Action Committee* (HRAC). Per evitare la comparsa di nuove resistenze o per contenere al meglio quelle già presenti, è importante combinare i mezzi di lotta colturali e fitosanitari.

Bibliographie

- Clarke J. H., Blair A. M. & Moss S. R., 1994. The testing and classification of herbicide resistant *Alopecurus myosuroides* (black grass). *Aspects of Applied Biology* **37**, 181–188.
- Delabays N., Mermillod G. & Bohren C., 2004. Mauvaises herbes résistantes aux herbicides en Suisse: passé, présent... futur? *Revue suisse d'Agriculture* **36** (4), 149–154.
- Delabays N., Mermillod G. & Bohren C., 2006. First case of resistance to sulfonylurea herbicides reported in Switzerland: a biotype of loose silky-bent (*Apera spica-venti* (L.) Beauv.). *Journal of Plant Diseases and Protection*, 89–94.
- Délye C., 2013. Adventices: tout d'horizon des résistances. *Phytoma* **669**, 24–29.
- Délye C., Deulvot C. & Chauvel B., 2013a. DNA Analysis of Herbarium Specimens of the Grass Weed *Alopecurus myosuroides* Reveals Herbicide Resistance Pre-Dated Herbicides. *PLoS ONE* **8** (10).
- Délye C., Jasieniuk M. & Le Corre V., 2013b. Deciphering the evolution of herbicide resistance in weeds. *Trends in Genetics* **29** (11), 649–658.
- Gressel J., Ammon H. U., Fogelfors H., Gasquex J., Kay Q. O. N. & Kees H., 1982. Discovery and distribution of herbicide-resistant weeds outside North America. In: *Herbicide Resistance in Plants*. Le Baron H. M. & Gressel J. (Eds), Wiley, New York, 31–55.
- Heap I., 2015. The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. Accès: www.weedscience.org [12.10.2015]
- Hilton H. W. (1957) Herbicide tolerant strains of weeds. Hawaiian Sugar Planters Association Annual Report, Hawaiian Sugar Planters Association, 69–72.

Summary

Current status of herbicide resistance in Switzerland

Herbicide resistance is a worldwide industrial agriculture problem that worsens from year to year. In certain northern European countries, black-grass is resistant to numerous different herbicides, and can scarcely be controlled in certain places. This phenomenon is also starting to emerge in Switzerland. Starting in 2011, and in order to monitor the appearance of new resistances and control their spread, Agroscope set up a monitoring programme at national level. This programme is important for the local development of prevention strategies in partnership with the cantonal plant-protection agencies. In Switzerland, the weed species currently affected by resistances are three monocotyledons (black-grass, loose silky bentgrass and Italian ryegrass) and a dicotyledon (lamb's quarters). These have developed resistances to five different biochemical modes of action, defined at international level by the Herbicide Resistance Action Committee (HRAC).

To prevent the appearance of new resistances and to best contain those that have already emerged, it is important to combine both cultural and phytosanitary control methods.

Key words: herbicide resistance, monitoring, *Apera spica-venti*, *Alopecurus myosuroides*, *Lolium multiflorum*, *Chenopodium album*.

- Hull R., Tatnell L. V., Cook S. K., Beffa R. & Moss S. R., 2014. Current status of herbicide-resistant weeds in the UK. *Aspects of Applied Biology* **127**, 261–272.
- IGP Broschüre, 2015. Unkräuter mit Herbizidresistenz in Österreich – Strategien zur Vermeidung, edited by I. G. Pflanzenschutz: Industrie Gruppe Pflanzenschutz. <http://igpflanzenschutz.at/dateien/di91t/herbizidresistenzen-vermeiden.pdf>
- J. K. I Institut, 2009. JKI-Informationsblatt: Herbizidresistenz; Herbizidresistenz – unvermeidbar? Fachausschuss Herbizidresistenz am Julius Kühn Institut - Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Braunschweig.
- Mayor J. & Maillard A., 1997. Découverte d'un biotype de jouet-du-vent résistant à l'herbicide isoproturon à Changins. *Revue suisse d'Agriculture* **29** (1), 39–44.
- Norsworthy J. K., Ward S. M., Shaw D. R., Llewellyn R. S., Nichols R. L., Webster T. M., Bradley K. W., Frisvold G., Powles S. B. & Burgos N. R., 2012. Reducing the risks of herbicide resistance: best management practices and recommendations. *Weed Science* **60** (sp1), 31–62.
- Petersen J., Landschreiber M. & Dicke D., 2015. Ein Schritt vor dem Abgrund. *DLG Mitteilungen* **1**, 44–46.
- Soteres J. K. & Peterson M., 2015. Monitoring and Mitigation of Herbicide Resistance: Global Herbicide Resistance Committee (HRAC) Perspectives. Accès: <http://www.hracglobal.com/pdfs/monitoring%20and%20mitigation.pdf> [24.04.2015]