

Peut-on maîtriser le séneçon aquatique dans les prairies agricoles?

Matthias Suter^{1,2}, Cornel J. Stutz¹, Rafael Gago² et Andreas Lüscher¹

¹Station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, 8046 Zurich

²Association pour le développement de la culture fourragère ADCF, 8046 Zurich

Renseignements: Matthias Suter, e-mail: matthias.suter@art.admin.ch, tél. +41 44 377 75 90



Figure 1 | Peuplement avec une importante population de *Senecio aquaticus*.
(Photo: Karl Waser, BBZN Schüpheim)

Introduction

Ces dernières années, le séneçon (*Senecio aquaticus* Hill) est en progression dans les prairies agricoles d'intensité moyenne et élevée, en Suisse comme dans les pays voisins (Bossard *et al.* 2003; Suter et Lüscher 2008). L'espèce peut s'établir localement en très grand nombre (fig. 1) et représenter un danger pour les animaux de rente car elle contient des alcaloïdes pyrrolizidiniques toxiques (Röder *et al.* 1990).

S. aquaticus se propage très facilement dans les prairies et les pâturages. Chaque individu forme plusieurs centaines de graines par an avec un pappus qui permet la dispersion par le vent. La rosette des plantes reste verte durant la floraison (fig. 2) et l'espèce est déjà en mesure de reformer des tiges avec des fleurs vingt jours

après la fauche seulement (Suter et Lüscher 2008). La rosette, proche du sol, n'est pratiquement pas touchée par la coupe, ce qui explique qu'il ne soit pas possible d'éliminer le *S. aquaticus* par des coupes fréquentes.

Suter et Lüscher (2007) ont pu montrer quelles surfaces présentent un risque accru d'infestation par *S. aquaticus* et en ont conclu que le mode d'exploitation jouait également un rôle. Les parcelles dont l'intensité d'exploitation a été modifiée et qui présentent de grosses lacunes dans le peuplement ont un facteur de risque plus élevé. C'est pourquoi toute régulation durable devrait être associée à un mode d'exploitation adapté. Les herbicides semblent être efficaces à court terme, mais leur effet à long terme n'est pas documenté. Jusqu'à ce jour, on ne dispose pas de mesures de lutte efficaces et durables, pour réussir à éliminer de grandes populations de *S. aquaticus* des surfaces agricoles.

Matériel et méthodes

Essais de lutte contre le séneçon aquatique

Plusieurs mesures de lutte contre *S. aquaticus* ont été testées sur cinq sites différents situés au centre de la distribution suisse de l'espèce. Les surfaces d'essai ont été sélectionnées au printemps 2007. Il devait s'agir de prairies permanentes de plus de dix ans qui présentaient plus de dix individus de *S. aquaticus* par m² au début de l'essai. Les cinq surfaces d'essais couvraient un large éventail de conditions de sol, de fumure et de fréquences d'utilisation (tabl. 1); d'autres détails sur le site et les conditions environnementales figurent dans l'article de Suter et Lüscher (2011).

Six procédés ont été testés: 1) labour à une profondeur maximale de 25 cm avec travail du sol consécutif et semis du mélange standard (MS) 442 (Suter et al. 2008), 2) fraissage jusqu'à 15 cm de profondeur avec semis (MS 442), 3) application d'un herbicide sélectif contre les dicotylédones (Banvel Extra; 6 l par ha; substances actives: MCPA + Mecoprop-P + Dicamba), 4) arrachage de toutes les plantes de séneçons, 5) réduction de l'intensité d'exploitation à une coupe annuelle et 6) un procédé témoin sans intervention ni modification des pratiques. Les procédés ont été établis en juin 2007 sur des parcelles d'essai de 3 m × 5 m en trois répétitions. La moitié de chaque parcelle d'essai (3 m × 2,5 m) a été sursemée avec MS 442 en juillet 2007 et avril 2008 (site split-plot). Dans le cas du procédé avec extensification du mode d'exploitation, la fauche annuelle n'a eu lieu qu'en septembre. Les parcelles de ce procédé n'ont reçu aucun engrais, alors que tous les autres procédés (y compris le procédé témoin) ont été fauchés deux fois par an et ont reçu un apport de 30 kg d'azote, 9 kg de phos- ➤

Résumé

Le séneçon aquatique (*Senecio aquaticus* Hill) est en progression dans les prairies permanentes agricoles, où sa toxicité constitue un danger pour les bovins et autres animaux de rente. Six méthodes de lutte contre *S. aquaticus* ont été étudiées sur cinq prairies suisses infestées: rénovation de la prairie après labour, rénovation après fraissage, lutte chimique, arrachage, extensification de l'utilisation à une coupe par année et un procédé témoin sans intervention. La réserve de graines de *S. aquaticus* dans le sol a aussi été étudiée.

A court terme, la lutte chimique et l'extensification ont été les plus efficaces pour réduire la population de *S. aquaticus* (jusqu'à 88 % de réduction). Les autres méthodes de lutte n'ont pas été efficaces. Trois ans après les interventions, le nombre de séneçons était encore le plus faible dans les parcelles traitées à l'herbicide ou extensifiées. Cependant, la population de *S. aquaticus* y atteignait le même niveau qu'avant le début de l'essai. *S. aquaticus* constitue une grande réserve de graines dans le sol avec plus de 1000 graines viables par m². Cette réserve de graines a contribué à l'échec des mesures de lutte, car toutes les plantes de séneçon ayant été éliminées ont été remplacées par des plantules.

Cette étude montre que la lutte contre les populations établies de *S. aquaticus* ayant pu constituer une réserve de graines dans le sol reste difficile. Les interventions contre cette espèce doivent être répétées sur plusieurs années jusqu'à épuisement de la réserve de graines. Il faut donc impérativement prévenir la constitution d'une telle réserve et commencer la lutte le plus rapidement possible.

Tableau 1 | Environnement, sol et gestion des cinq sites avec surfaces d'essai pour la lutte contre *Senecio aquaticus*. Tous les sites se situent au centre de la zone de répartition géographique de *S. aquaticus* en Suisse

Site	altitude	C organique	Phosphore AAE	Potassium AAE	Fumure azotée	Nombre de défoliations
	[m]	[%] [†]	[mg/kg]*	[mg/kg]*	[kg ha ⁻¹ an ⁻¹]**	[an ⁻¹ ***]
Kriens I	810	6,1	13,5	93,7	30	2
Kriens II	800	4,5	21,2	91,7	136	5
Kriens III	810	7,1	10,0	83,4	0	1
Rothenthurm	910	27,4	86,0	240,2	30	2
Sattel [†]	780	6,3	26,0	128,2	76	4

[†]Exploitation bio.

[‡]La texture et les éléments nutritifs du sol ont été mesurés au printemps 2007 avant le début de l'essai. Les analyses sont décrites en détails dans Suter & Lüscher (2008).

[§]AAE: Extraction à l'acétate d'ammonium + EDTA.

[¶]Quantité d'azote disponible pour les plantes; moyenne 2004–2006.

^{**}Fréquence d'exploitation jusqu'en 2006.



Figure 2 | *Senecio aquaticus* atteint une taille de 20 à 50 cm et forme une rosette de feuilles près du sol, qui demeure en grande partie intacte pendant la floraison. Certains individus forment plusieurs centaines de graines par an avec un pappus qui permet la dispersion par le vent. (photo: ART)

phore et 14 kg de potassium par hectare et par an. Pour éviter que des graines de séneçon ne se dispersent en dehors des parcelles, les parcelles d'essai ont été protégées de juin à septembre par un filet d'un mètre de haut (largeur des mailles: 4 mm).

En mai 2007, avant l'application des mesures, tous les individus de *S. aquaticus* ont été comptés sur quatre m² par parcelle d'essai; ce comptage a été réitéré en septembre/octobre 2007, 2008 et 2009. De surcroît, en juillet 2008, on a également dénombré les individus fleuris sur la même surface de relevé. Ces relevés étaient censés mettre en évidence à quel point le *S. aquaticus* est capable de produire des graines, seulement une année après l'application des mesures de lutte. Les données ont été mises en valeur à l'aide de modèles linéaires généralisés, sachant que le nombre de plantes au début de l'essai a été inséré dans le modèle à titre de covariable.

Enfin, en mai 2007, des échantillons de sol ont été prélevés sur les parcelles témoins des cinq sites d'essai et préparés selon Ter Heerdt et al. (1996). Les graines ainsi récoltées dans le sol ont été placées dans une serre pen-

dant une période de huit semaines jusqu'à la germination (moyennes des températures journalières/nocurnes: 24/18 °C). Les plantules de *S. aquaticus* ont été comptées lorsqu'elles avaient atteint 2 à 3 cm (les cotylédons et deux autres feuilles sont visibles), ce qui permettait d'assurer une identification correcte de l'espèce.

Résultats

Effets de courte durée, efficacité limitée après 3 ans

Quatre mois après l'application, ce sont le traitement herbicide ($P < 0,001$) et la fauche annuelle unique ($P < 0,01$) qui ont permis de réduire le plus efficacement le nombre d'individus de *S. aquaticus* (fig. 3, année 1). L'arrachage des plantes n'a pratiquement pas réduit la population de *S. aquaticus*, de même que le labour suivi d'un nouveau semis. Il faut ajouter qu'après fraisage et nouveau semis, le nombre d'individus a même augmenté. En général, les mesures de lutte ont diminué le diamètre des rosettes, l'application d'herbicides ayant eu un effet nettement significatif (tabl. 2, année 1). Ces effets de courte durée ainsi que les effets sur trois ans

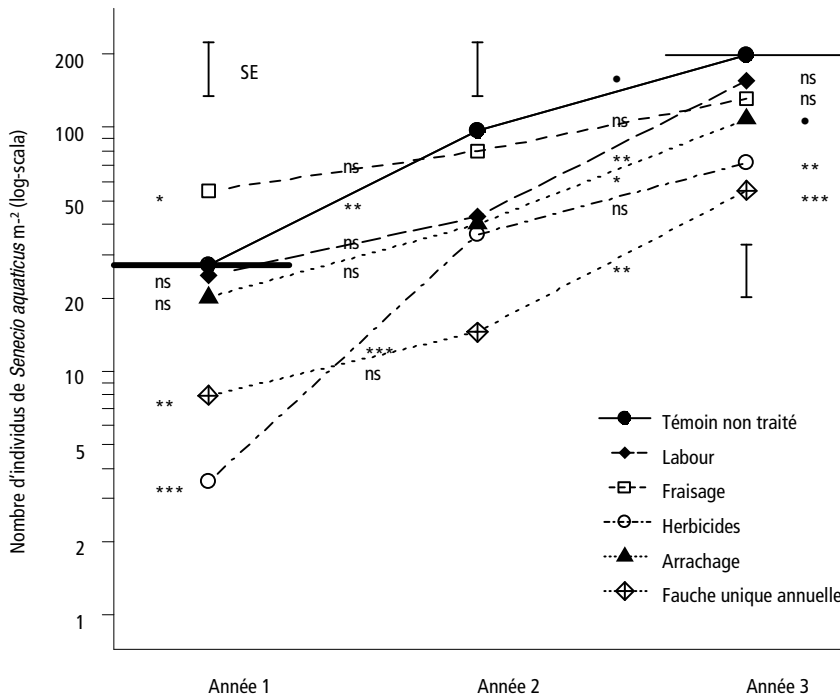


Figure 3 | Effet de six mesures de lutte sur le nombre d'individus de *Senecio aquaticus*. La figure présente les moyennes basées sur un modèle linéaire généralisé. L'année 1 indique l'effet à court terme, quatre mois après l'application des mesures. SE = 1 erreur standard; — = niveau de la parcelle témoin l'année 1 et 3. Les moyennes ont été testées entre les années ainsi que par rapport à la parcelle témoin pour les années 1 et 3. ***: $P \leq 0,001$; **: $P \leq 0,01$; *: $P \leq 0,05$; •: $P \leq 0,1$; ns: non significatif.

détaillés ci-après ont été constatés sur les cinq sites (pour des résultats par site, voir Suter et Lüscher 2011).

La fréquence de *S. aquaticus* s'est généralement accrue au fil des trois années d'essai (fig. 3). Après l'application d'herbicides, un nombre significativement plus élevé d'individus a par exemple été constaté la deuxième année par rapport à la première année ($P < 0,001$). Une hausse similaire a été relevée entre les années 2 et 3 ($P < 0,01$) avec le procédé de fauche annuelle unique. Indépendamment de ces résultats, un effet de report a été constaté et les mesures les plus efficaces à court terme se sont également avérées les plus efficaces au bout de trois ans. En général, le nombre d'individus de *S. aquaticus* après trois années d'essai se situait au même niveau ou à un niveau plus élevé que celui de la parcelle témoin sans intervention à l'année 1. Quelle que soit l'année, il n'a pas été possible d'identifier un effet significatif du sursemis sur le nombre d'individus de *S. aquaticus* ($P > 0,5$; aucun autre résultat publié). L'année 3, le diamètre des rosettes était réduit uniquement dans le procédé de labour et celui de fauche annuelle unique. Après application d'herbicides, les rosettes étaient même plus grandes (tabl. 2).

Le nombre d'individus de *S. aquaticus* en fleurs durant la

deuxième année d'essai était en corrélation étroite avec le nombre de plantes végétatives durant la première année (comparer fig. 4 & 3; $R^2 = 0,88$; $P < 0,001$). On pouvait notamment observer un nombre significativement plus bas d'individus en fleurs après une application d'herbicides et une fauche annuelle unique, tandis

Tableau 2 | Effet des mesures de lutte sur le diamètre des rosettes (cm) de *Senecio aquaticus*. Le tableau indique la moyenne de tous les individus mesurés dans les trois répétitions et les cinq sites (15 parcelles par procédés); les moyennes ont été testées chaque année par rapport à la parcelle témoin. L'année 1 montre l'effet à court terme quatre mois après l'application des mesures

Mesure de lutte	Année 1	Année 1
Témoin non traité	11,1 (±0,82)	9,3 (±0,25)
Labour	8,8 (±0,70)†	8,3 (±0,21)*
Fraisage	8,7 (±0,57)†	9,3 (±0,43)ns
Herbicides	5,2 (±0,11)***	11,2 (±0,23)***
Arrachage	8,9 (±0,50)ns	9,5 (±0,29)ns
Fauche unique annuelle	10,4 (±0,94)ns	7,7 (±0,37)***

*** $P \leq 0,001$; ** $P \leq 0,01$; * $P \leq 0,05$; † $P \leq 0,1$; ns: non significatif.

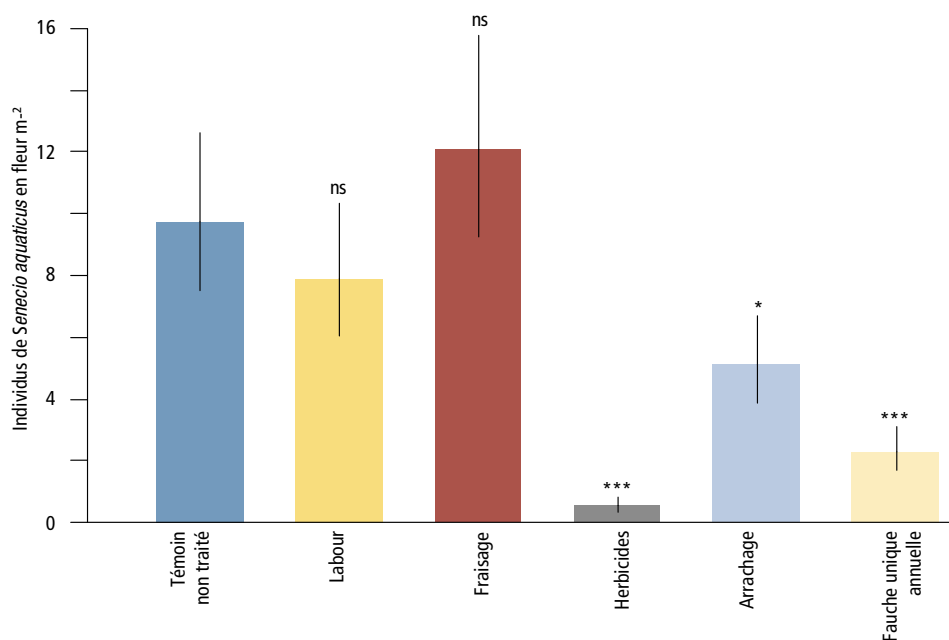


Figure 4 | Nombre d'individus de *Senecio aquaticus* en fleurs durant la deuxième année d'essai, c'est-à-dire une année après l'application des mesures de lutte. La figure présente les moyennes (± 1 erreur standard) basées sur un modèle linéaire généralisé. Les moyennes ont été testées par rapport à la parcelle témoin. ***: $P \leq 0,001$; *: $P \leq 0,05$; ns: non significatif.

qu'après labour et fraisage ce nombre était semblable à celui de la parcelle témoin.

Importante réserve de graines dans le sol

Senecio aquaticus forme de grosses réserves de graines dans la couche supérieure du sol (0–10 cm), avec en moyenne 1025 graines capables de germer par m² (tabl. 3). Il faut toutefois ajouter que les différences entre les sites et les grandes erreurs standards étaient le signe d'une grande variation dans l'espace. Pratiquement aucune graine de *S. aquaticus* n'a été trouvée plus en profondeur dans le sol (20–30 cm) de ces prairies permanentes.

Discussion

Le présent travail a étudié plusieurs mesures de lutte contre des populations établies de *S. aquaticus*. Au bout de trois ans, aucune des mesures n'a donné un résultat convaincant; parallèlement, une grande réserve de graines de *S. aquaticus* a été trouvée dans le sol et nous pensons que les deux observations sont en relation étroite. *S. aquaticus* est décrite comme une espèce bisannuelle (Hess *et al.* 1977). Pour maintenir la taille de la population à un niveau stable, un nombre important d'individus doit donc chaque année s'établir à partir des graines, ce qui suppose une production efficace de

graines. Une part de ces graines reste capable de germer pendant très longtemps et constitue une réserve dans le sol. Lorsque les conditions environnementales le permettent, *S. aquaticus* peut germer en permanence à partir des graines en réserve dans le sol.

Avec plus de 1000 graines par m², la réserve de *S. aquaticus* dans le sol est importante si l'on compare à d'autres espèces ayant des habitats similaires (Wellstein *et al.* 2007). De surcroît, l'espèce dispose d'un comportement de germination très efficace: les graines germent rapidement, ont une faculté de germination de plus de 70 %, et leur pouvoir de germination n'est pas diminué même après deux ans dans le sol (Suter et Lüscher 2012). Si le peuplement est lacunaire, *S. aquaticus* pourra tirer profit des ressources disponibles grâce à la germination rapide d'un grand nombre de graines. Comme un tel comportement durant les phases initiales de croissance est corrélé avec la fréquence d'une espèce dans le peuplement (Howard et Goldberg 2001), la germination rapide et efficace de *S. aquaticus*, associée à une grosse réserve de graines dans le sol, peut expliquer l'augmentation générale de la population dans les parcelles d'essai.

Les graines de *S. aquaticus* provenant des réserves du sol ont dû germer en continu pendant l'essai. Cette particularité apparaît le plus nettement avec l'arrachage. Ce traitement a permis d'éliminer totalement tous les individus de l'espèce, y compris les petites plantules; pourtant,

Tableau 3 | Nombre de graines de *Senecio aquaticus* capables de germer extraites de la couche supérieure du sol (0–10 cm) et d'une couche plus profonde (20–30 cm) pour les cinq sites d'essai. La figure représente les moyennes ($n = 3$; ± 1 erreur standard)

Site	Profondeur du sol	
	0–10 cm	20–30 cm
Kriens I	458 ($\pm 253,5$)	0
Kriens II	1542 ($\pm 480,5$)	42 ($\pm 41,7$)
Kriens III	1792 ($\pm 1358,5$)	0
Rothenthurm	1208 ($\pm 546,5$)	0
Sattel	125 ($\pm 125,0$)	‡

‡Aucune donnée du site de Sattel, car sol peu profond.

quatre mois plus tard, on comptait environ le même nombre de plantes de *S. aquaticus* qu'au préalable. Lorsqu'on arrache de nombreuses plantes, des lacunes se créent dans le peuplement, ce qui favorise la germination (Silvertown et Smith 1989). La technique de l'arrachage ne peut donc être recommandée que pour quelques individus. Lorsque la population est très abondante, la perturbation de la couche supérieure du sol due à l'arrachage est telle que la germination de *S. aquaticus* est favorisée par la disponibilité élevée en lumière.

Le traitement herbicide a été efficace une année durant, en accord avec les résultats de Forbes (1977). Dès la deuxième année, le nombre d'individus de *S. aquaticus* se situait toutefois au même niveau que dans la parcelle témoin au départ. D'une part, il se pourrait que de petites plantules protégées par les rosettes n'aient pas été touchées par les substances actives. D'autre part, la disparition des dicotylédones a pu créer des lacunes dans le peuplement. Dans l'un ou l'autre cas, les graines ou les petits individus de *S. aquaticus* ont pu profiter de la nouvelle lumière et du nouvel espace disponibles pour se développer. L'hypothèse de la germination accrue est renforcée par le fait que, la première année, il y avait beaucoup de petites plantes (tabl. 2), qui, la deuxième année, n'avaient pas encore atteint une taille suffisante à la formation de fleurs (fig. 4).

Le labour n'a pas donné de résultats satisfaisants bien qu'il soit utilisé avec succès en grandes cultures pour le contrôle des adventices. Comme on ne travaille en général pas le sol dans les prairies permanentes, on pourrait s'attendre à ce qu'un labour unique y soit plus efficace que dans les grandes cultures, travaillées régulièrement, sachant qu'on trouve moins de graines dans les couches plus profondes des surfaces non labourées que dans les

champs (Hoffman *et al.* 1998). Le résultat mitigé observé dans nos essais pourrait être dû à une préparation du lit de semences trop en profondeur qui aurait fait remonter les graines de *S. aquaticus* à la surface. Si l'on utilise le labour comme mesure de lutte, les rasettes doivent être réglées plutôt bas pour pouvoir enfouir la totalité de la couche herbeuse en profondeur. D'autres restrictions sont liées aux conditions du milieu, telles que des parties de terrain trop humides ou en pente. Lorsque les conditions le permettent, on peut essayer de labourer en profondeur et de ne préparer le lit de semences que dans la couche supérieure du sol avant de semer à nouveau pour contrôler la population de *S. aquaticus*. Étant donné les résultats obtenus ici, le succès d'une telle entreprise ne peut toutefois pas être garanti.

Tandis que le peuplement a pu exercer une certaine compétition à l'encontre de *S. aquaticus* après l'arrachage, celle-ci a totalement disparu après le fraissage. De plus, le fraissage a provoqué une perturbation encore plus grande de la couche supérieure de sol. On suppose que *S. aquaticus*, avec ses facultés germinatives très efficaces (Suter et Lüscher 2012), a dans ces conditions germé plus rapidement à partir des réserves de graines du sol que les espèces semées avec le mélange standard. Par conséquent, avec cette mesure, on a vu une augmentation non seulement du nombre total d'individus de *S. aquaticus*, mais aussi du nombre d'individus portant des fleurs.

Les bons résultats de la fauche annuelle unique peuvent être dûs à l'accumulation de biomasse jusqu'à la date de fauche en septembre. Dans les prairies exploitées de la zone expérimentale, *S. aquaticus* forme généralement des tiges et des fleurs après la première coupe en mai ou juin. Si l'on attend jusqu'à la fin de la période végétative pour procéder à cette coupe, la concurrence pour la lumière étouffe la croissance de *S. aquaticus*, car les feuilles de cette espèce se concentrent dans une rosette proche du sol (fig. 2) et les plantes d'une hauteur de 20 à 50 cm sont plus petites que de nombreuses autres espèces typiques des herbages. Avec une fauche annuelle unique, de nombreuses rosettes de *S. aquaticus* n'ont pas atteint la taille critique pour former des tiges, ce qu'a montré le nombre plus réduit d'individus en fleurs la deuxième année (fig. 4). De surcroît, avec une seule coupe tardive, la perturbation du sol était minimale. Par conséquent, la germination des graines était peu stimulée et les plantules éventuelles étaient très à l'ombre. Le succès de cette mesure à long terme est cependant douteux (fig. 3), surtout lorsque c'est la seule mesure appliquée. En outre, une extensification implique une baisse de rendements fourragers et une modification du peuplement, ce qui n'est pas souhaitable en règle générale.

Les mesures de régulation les plus efficaces la première année sont également celles qui avaient le plus de succès la troisième année. Toutefois, quelle que soit la mesure appliquée, au bout de trois ans, le nombre d'individus de *S. aquaticus* se situait au niveau de la parcelle témoin sans intervention au début de l'essai ou même à un niveau plus élevé (fig. 3). Dans notre expérience, en accord avec la pratique usuelle, les plantes fleuries n'ont pas été spécifiquement coupées. Certains individus pouvaient donc clore leur cycle de vie et former des graines, qui, après germination, venaient grossir le nombre d'individus de *S. aquaticus*. Ce point est particulièrement visible dans la parcelle témoin qui n'a été fauchée que deux fois par an; là aussi, le nombre de *S. aquaticus* a augmenté durant les trois ans d'essai. Si la formation de graines de *S. aquaticus* n'est pas stoppée, il faut donc s'attendre à une augmentation de la taille des populations dans les prairies agricoles. Cet effet est renforcé par la présence de lacunes et par la perturbation du sol (Suter et Lüscher 2008). Sachant que *S. aquaticus* refléurit déjà 20 jours après la coupe, une intensification du mode d'exploitation ne constitue pas non plus une option envisageable: les fréquences d'utilisation qui empêchent la formation des graines de l'espèce porteraient préjudice aux plantes fourragères cultivées.

Finalement, il faut retenir que les deux mesures les plus efficaces, à savoir le traitement herbicide et la fauche annuelle unique, étaient elles aussi trop peu efficaces après une seule application. Là aussi, des plantes de séneçons ont encore survécu (fig. 3 | 1 plante par m² = 10 000 par ha) et d'autres ont germé à partir des réserves de semences présentes dans le sol.

Conclusions

La régulation des populations de *S. aquaticus* établies avec de grosses réserves de graines dans le sol est un défi difficile. *S. aquaticus* étant capable de reconstituer de nouvelles populations à partir de quelques individus (Suter et Lüscher 2008), il faut viser une stratégie de tolérance zéro dans les prairies agricoles.

L'application d'une première mesure doit avoir pour but de réduire considérablement le nombre de plantes de *S. aquaticus*. Les individus ayant survécu et les nouveaux individus doivent ensuite être traités plante par plante (arrachage, herbicides), ce qui peut prendre plusieurs années jusqu'à épuisement des réserves de graines du sol (Suter et Lüscher 2011). Nous en concluons que la stratégie de lutte la plus efficace contre *S. aquaticus* est d'empêcher la formation de nouvelles populations dans les prairies agricoles en luttant contre l'espèce dès que quelques individus isolés apparaissent dans le peuplement, à un stade où aucune réserve de graines n'a encore été constituée dans le sol. La constitution d'une réserve de graines dans le sol doit à tout prix être empêchée.

Une gestion des prairies et des pâturages adaptée aux conditions du milieu semble décisive pour réduire les chances d'établissement de *S. aquaticus*. Selon Sebald et al. (1999), l'espèce se développe sur des surfaces humides qui sont actuellement exploitées de manière plus intensive que par le passé. Avec ce type de surfaces, il est donc particulièrement recommandé d'adapter la fréquence d'utilisation et la fumure et d'exploiter les parcelles en ménageant les sols. ■

Bibliographie

- Bosshard A., Joshi J., Lüscher A. & Schaffner U., 2003. Jakobs- und andere Kreuzkraut-Arten: eine Standortbestimmung. *Agrarforschung* **10** (6), 231–235.
- Forbes J. C., 1977. Chemical control of marsh ragwort (*Senecio aquaticus* Huds.) in established grasslands. *Weed Research* **17**, 247–250.
- Hess H. E., Landolt E. & Hirzel R., 1977. Flora der Schweiz, 2nd edn. Birkhäuser, Bâle, Suisse.
- Hoffman M. L., Owen M. D. K. & Bühler D. D., 1998. Effects of crop and weed management on density and vertical distribution of weed seeds in soil. *Agronomy Journal* **90** (6), 793–799.
- Howard T. G. & Goldberg D. E., 2001. Competitive response hierarchies for germination, growth, and survival and their influence on abundance. *Ecology* **82** (4), 979–990.
- Röder E., Wiedenfeld H. & Kersten R., 1990. The Pyrrolizidine Alkaloids of *Senecio aquaticus* Huds. *Scientia Pharmaceutica* **58**, 1–8.
- Sebald O., Seybold S., Philippi G. & Wörz A. (eds), 1999. Die Farn- und Blütenpflanzen Baden-Württembergs. Ulmer, Stuttgart, Allemagne.
- Silvertown J. & Smith B., 1989. Mapping the microenvironment for seed germination in the field. *Annals of Botany* **63** (1), 163–168.
- Suter D., Rosenberg E., Frick R. & Mosimann E., 2008. Standardmischungen für den Futterbau. *Agrarforschung* **15** (10), 1–12.
- Suter M. & Lüscher A., 2007. Beeinflusst die Bewirtschaftung das Wasser-Kreuzkraut? *Agrarforschung* **14** (1), 22–27.
- Suter M. & Lüscher A., 2008. Occurrence of *Senecio aquaticus* in relation to grassland management. *Applied Vegetation Science* **11** (3), 317–324.
- Suter M. & Lüscher A., 2011. Measures for the control of *Senecio aquaticus* in managed grassland. *Weed Research* **51**, 601–611.
- Suter M. & Lüscher A., 2012. Rapid and high seed germination and large soil seed bank of *Senecio aquaticus* in managed grassland. *The Scientific World Journal* DOI:10.1100/2012/723808.
- Ter Heerdt G. N. J., Verweij G. L., Bekker R.M. & Bakker J.P., 1996. An improved method for seed-bank analysis: Seedling emergence after removing the soil by sieving. *Functional Ecology* **10** (1), 144–151.
- Wellstein C., Otte A. & Waldhardt R., 2007. Seed bank diversity in mesic grasslands in relation to vegetation type, management and site conditions. *Journal of Vegetation Science* **18** (2), 153–162.

Riassunto

È possibile controllare il senecio acquatico nelle superfici inerbite agricole?

Negli ultimi anni è stata osservata a più riprese la presenza di senecio acquatico (*Senecio aquaticus* Hill) nelle superfici inerbite agricole sfruttate. Questa specie è tossica per i bovini e altri animali da reddito. Per la regolazione del *S. aquaticus* sono stati testati, nell'ambito di una prova su campo in sei aziende svizzere, sei procedimenti: risemina di una miscela per prati dopo l'aratura, risemina dopo la fresatura, applicazione di un erbicida selettivo, sradicamento o taglio, gestione estensiva mediante un unico sfalcio annuo e una superficie di controllo non trattata. Inoltre è stata analizzata la banca di semi del *S. aquaticus* nel suolo. L'applicazione di erbicidi e lo sfalcio annuo unico hanno avuto a breve termine il miglior effetto e hanno ridotto il numero di individui di *S. aquaticus* fino ad un massimo dell' 88 %; per i restanti misure non è stato riscontrato alcun effetto evidente. Tre anni dopo l'applicazione anche attraverso i migliori provvedimenti non è stata osservata nessuna riduzione rispetto alla superficie di controllo non trattata all'inizio dell'esperimento. Lo *S. aquaticus* ha costituito una grande banca di semi nel suolo con più di 1000 semi germinabili per metro quadrato. Ciò ha contribuito all'insuccesso delle misure per la regolazione, poiché tutti gli individui della specie eliminati sono stati sostituiti, attraverso la germinazione, da nuove piante. Concludiamo che la regolazione di grandi popolazioni di *S. aquaticus* rappresenta una sfida considerevole. Le misure devono essere applicate ripetutamente per diversi anni fino a quando la banca di semi sia esaurita.

Summary

Can *Senecio aquaticus* be controlled in agricultural grassland?

In recent years, *Senecio aquaticus* has become increasingly abundant in agricultural grassland of medium-to-high management intensity in Switzerland, Southern Germany and Austria, where its toxicity poses a threat to animal health. This study aimed to identify measures for controlling *S. aquaticus*. A detailed field experiment was set up at five sites in Switzerland to test the effectiveness of six treatments: ploughing followed by re-sowing with a ley mixture; harrowing followed by re-sowing; application of a selective herbicide; pulling or digging up individual specimens; mowing once a year; and a control in which no measure was applied. In addition, the soil the seed bank of *S. aquaticus* was recorded prior to the study.

In the short-term, herbicide application and mowing once a year were the most effective measures for controlling *S. aquaticus*, reducing specimens by up to 88 %. No clear effects were observed for the remaining measures. Three years after application, the measures that were most effective in the short-term still performed best, but hardly any significant reduction was achieved compared to pre-treatment conditions. Because *S. aquaticus* formed large seed banks of over 1000 germinable seeds per m², elimination of individual plants resulted in germination and replacement with new seedlings, thereby contributing to the failure of the treatments.

We therefore conclude that controlling established populations of *S. aquaticus* remains a challenge, requiring the repeated application of measures over several years until the seed bank is depleted. For this reason, the formation of populations with a soil seed bank of *S. aquaticus* should be prevented by any means.

Key words: control measures, re-sowing, herbicide, pulling/digging, ploughing, one annual mowing.