

Résidus d'asulame dans les fleurs de dent-de-lion après un traitement herbicide

B. JEANGROS¹ et N. DELABAYS, Agroscope RAC Changins, case postale 254, CH-1260 Nyon 1
P. EDDER², D. ORTELLI et C. CORVI, Service de protection de la consommation, case postale 76,
CH-1205 Genève Plainpalais

 E-mail: bernard.jeangros@rac.admin.ch
Tél. (+41) 22 36 34 444.

Résumé

L'application d'herbicides à base d'asulame sur les prairies pourrait être à l'origine de la présence de sulfanilamide dans certains échantillons de miel suisse. En effet, cet antibiotique de la famille des sulfamidés est aussi un produit de dégradation de l'asulame. Afin de préciser les risques liés à l'utilisation de ces herbicides, une prairie permanente riche en dents-de-lion a été traitée avant ou au début de leur floraison. Les résidus d'asulame et de sulfanilamide dans les capitules de dent-de-lion en fleur ont été analysés par chromatographie liquide. Des teneurs très élevées en asulame ont été observées dans les capitules qui fleurissaient au moment du traitement herbicide. Par contre, quel que soit le moment d'application de l'herbicide, les capitules en fleur une semaine ou plus après le traitement en contenaient beaucoup moins. On trouve aussi du sulfanilamide dans les fleurs de dent-de-lion, mais en quantités relativement faibles. Nos résultats étayent l'hypothèse d'une implication de l'asulame dans la contamination du miel par le sulfanilamide et justifient une modification des conditions d'homologation des herbicides à base d'asulame: ils doivent être appliqués uniquement sur des surfaces herbagères exemptes de plantes en fleur.



montré que quinze échantillons étaient contaminés par du sulfanilamide, dans des teneurs comprises entre 2 et 227 $\mu\text{g/kg}$ (KAUFMANN et KAENZIG, 2004). Dans quatre cas, la concentration en sulfanilamide était supérieure à la valeur de tolérance suisse qui est de 50 $\mu\text{g/kg}$. La présence de sulfanilamide dans des échantillons de miel est difficile à expliquer, car il s'agit d'un ancien agent antibactérien et non d'un médicament particulièrement efficace. En outre, le sulfanilamide est aujourd'hui difficile à obtenir sur le marché. KAUFMANN et KAENZIG (2004) ont alors proposé une autre source de contamination: l'utilisation d'herbicides à base d'asulame, produits homologués en Suisse pour la lutte contre les rumex dans les prairies, les pâturages et les vergers. La figure 1 montre que les structures chimiques de l'asulame et du sulfanilamide sont très proches. L'asulame est connu pour se dégrader en sulfanilamide et plusieurs autres métabolites (ANONYME, 1995). Des recherches de résidus d'asulame ont donc été me-

Introduction

En 2000, une étude de grande envergure concernant la présence de résidus d'antibiotiques dans des miels suisses a été menée sur plus de 800 lots (BOGDANOV et FLURI, 2000). Cette étude a révélé que 6% des échantillons contenaient des résidus d'antibiotiques, dont certains (2,5%) à des teneurs supérieures aux valeurs limites ou de tolérance de la législation en vigueur. A l'échelle internationale, les antibiotiques, comme la streptomycine, les tétracyclines ou les sulfamidés, sont fréquemment utilisés en apiculture pour

lutter contre certaines maladies bactériennes des abeilles, comme la loque américaine ou la loque européenne. Ces maladies sont redoutées par les producteurs de miel car elles peuvent se propager rapidement et détruire entièrement un rucher. La thérapie au moyen d'antibiotiques est autorisée dans certains pays, mais demeure formellement interdite dans d'autres, comme la Suisse.

Dans l'étude mentionnée précédemment, 4% des échantillons contenaient des sulfamidés: dans la majorité des cas, il s'agissait de sulfathiazole, mais certains échantillons (1,3%) contenaient du sulfanilamide. Plus récemment, une autre campagne de contrôle menée par les laboratoires cantonaux de Zurich et Argovie sur plus de 350 miels suisses a

¹Avec la collaboration technique de L. Stévenin et C. Bertola.

²Avec la collaboration technique de C. Riva.

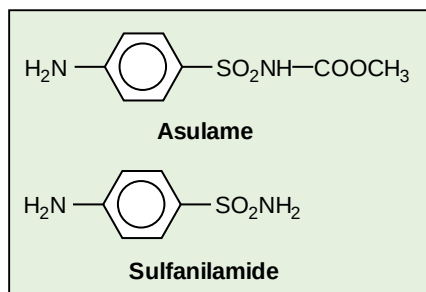


Fig. 1. Structure chimique de l'asulame et de son produit majeur de dégradation, le sulfanilamide.

nées sur les quinze miels présentant des résidus de sulfanilamide: tous en contenaient, dans des concentrations comprises entre 1 et 200 µg/kg.

Les herbicides à base d'asulame sont des outils importants pour la maîtrise des rumex, principale mauvaise herbe des prairies et des pâturages dans de nombreuses régions. Par rapport à d'autres matières actives également utilisables et homologuées en Suisse pour des applications de surface, comme le thifensulfuron-méthyle par exemple, l'asulame offre une meilleure sélectivité vis-à-vis des plantes fourragères, en particulier vis-à-vis des légumineuses. Ainsi, cette matière active est intéressante pour lutter contre les rumex dans les prairies temporaires qui présentent souvent une forte proportion de trèfle ou de luzerne. Divers essais ont montré que l'efficacité de l'asulame était maximale lors de traitements au printemps, sur des rosettes de rumex bien développées et sans hampes florales, à une époque où les dents-de-lion sont souvent en pleine floraison.

Depuis plusieurs années, le Service de protection de la consommation de Genève (SPCo) effectue également des contrôles sur les résidus d'antibiotiques dans les miels vendus sur le marché suisse. Une vaste campagne d'analyses a été menée en 2000 sur environ 500 miels, suisses et surtout étrangers. Parmi ces échantillons, deux miels suisses ont révélé des résidus de sulfanilamide. Par contre, tous les miels étrangers étaient exempts de sulfanilamide et d'asulame.

Afin d'évaluer les risques de contamination du miel dus aux traitements à l'asulame sur des prairies riches en dents-de-lion, la Station fédérale de recherches agronomiques Agroscope RAC Changins et le SPCo ont décidé conjointement de rechercher ces résidus d'asulame et de sulfanilamide dans l'herbe et surtout dans les fleurs de dent-de-lion. Si ces substances ont souvent été analysées dans le miel, on sait mal en revanche ce qu'elles deviennent dans les plantes, après l'application

d'un herbicide à base d'asulame. Dans cette étude, la RAC était chargée des traitements herbicides et de la collecte des échantillons d'herbe et de fleurs. Le SPCo a effectué les analyses de résidus d'asulame et de sulfanilamide. Ce premier article est consacré aux résultats obtenus dans les capitules de dent-de-lion et à l'évaluation des risques de contamination du miel. Un second article, en préparation, portera sur les résidus d'asulame et de sulfanilamide dans l'herbe.

Matériel et méthodes

Lieu d'essai

L'essai s'est déroulé sur une prairie permanente située sur le domaine expérimental de La Frêta (commune de Bullet, Jura vaudois) à 1200 m d'altitude. La composition botanique de la prairie était dominée par la dent-de-lion (*Taraxacum officinale*), le pâturin commun (*Poa trivialis*), le dactyle (*Dactylis glomerata*) et le trèfle blanc (*Trifolium repens*).

Dispositif expérimental

L'essai comprenait quatre procédés:

- H1) traitement herbicide deux semaines avant le début de la floraison de la dent-de-lion (25.04.2003),
- H2) traitement herbicide une semaine avant le début de la floraison de la dent-de-lion (1.05.2003),
- H3) traitement herbicide au début de la floraison de la dent-de-lion (environ 10% de capitules en fleur; 8.05.2003),
- T) témoin non traité.

Les traitements ont été effectués avec un herbicide à base d'asulame (*Asulox*, de la firme Maag, 400 g/l d'asulame). L'herbicide a été appliqué à la dose de 4 l/ha (160 mg/m² d'asulame), avec une barre de traitement de 3 m portée par une automotrice (400 l/ha de bouillie, buses XR teejet, 3 bars). Les parcelles de 3 × 15 m étaient séparées par des bandes-tampon non traitées de 2 m de largeur au moins.

Prélèvement des échantillons

Cinq séries de prélèvements, espacées d'une semaine, ont été effectuées: la première a eu lieu le jour du 1^{er} traitement (25.04.2003, dent-de-lion au stade rosette) et la dernière deux semaines après le 3^e traitement (22.05.2003, dent-de-lion au stade fin floraison). Chacune des douze parcelles a été subdivisée en cinq sous-parcelles de 3 × 3 m, une sous-parcelle différente étant utilisée lors de chaque série de prélèvements. Le jour du traitement, les prélèvements ont été effectués environ deux heures après l'application de l'herbicide.

L'herbe a été coupée à l'aide d'une tondeuse à main, 3 cm au-dessus du sol et sur une surface variant de 3 m² (1^{er} prélèvement) à 1 m² (dernier prélèvement) selon la quantité d'herbe. La totalité de l'échantillon d'herbe a été pesée, puis deux sous-échantillons ont été formés: environ 100 g d'herbe ont été congelés et 200 à 300 g ont été pesés à l'état frais, triés, séchés et finalement pesés à l'état sec. A partir de la 3^e série de prélèvements, des échantillons de 100 à 120 capitules de dent-de-lion en pleine floraison ont été cueillis, puis congelés.

Analyses des teneurs en sulfanilamide et en asulame

Dans cette étude, 32 échantillons d'herbe et 25 échantillons de capitules de dent-de-lion ont été analysés. Dans le miel, l'analyse des résidus de sulfamidés, comme le sulfanilamide, et d'asulame est généralement effectuée par chromatographie liquide, après transformation chimique préalable des substances (dérivatisation) permettant leur détection par fluorimétrie (DISERENS et SAVOY-PERROUD, 2002; SCHWAIGER et SCHUCH, 2000) ou par spectrométrie de masse en mode tandem (VERZEGNASSI *et al.*, 2002; KAUFMANN *et al.*, 2002). Cette dernière méthode est surtout utilisée pour s'assurer de l'identité d'une substance suspecte lors de la recherche de résidus dans des matrices complexes comme le miel ou les viandes. Dans notre cas, comme l'identité des sub-

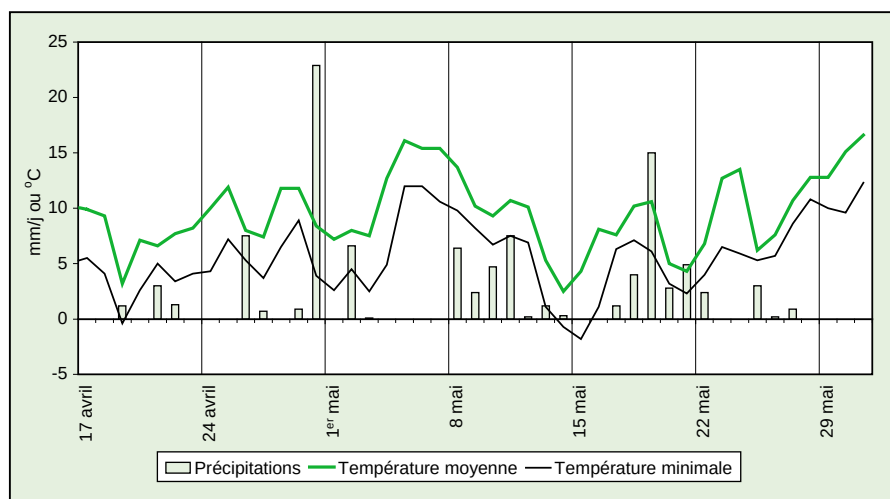


Fig. 2. Températures et précipitations journalières à La Frêta du 17 avril au 31 mai 2003.

stances à rechercher dans nos échantillons était établie, la sélectivité de la première méthode donne des garanties suffisantes et c'est celle que nous avons utilisée.

Résultats et discussion

Conditions météorologiques et caractéristiques du couvert végétal

Les conditions météorologiques pendant l'essai sont décrites dans la figure 2. Il a souvent plu, mais jamais immédiatement après un traitement. Les températures sont restées supérieures à 0 °C pendant toute la durée de l'essai, sauf à la mi-mai où nous avons enregistré des températures négatives pendant deux jours.

La croissance du couvert végétal a été rapide entre le 25 avril (1^{re} série de prélèvements) et le 22 mai (5^e série). La quantité d'herbe récoltée a en effet été multipliée en moyenne par six (tabl. 1). La comparaison des quantités d'herbe dans les différents procédés montre que les traitements à l'asulame n'ont pas eu d'effet négatif sur la croissance de l'herbe. La proportion de dents-de-lion a varié de 36 à 52% selon le procédé et la date de prélèvement. Dans l'ensemble, les traitements à l'asulame n'ont pas eu non plus d'effet négatif sur la proportion de dents-de-lion, ce qui confirme la bonne sélectivité de ce produit.

Les conditions météorologiques qui ont prévalu durant la réalisation de cette expérimentation, de même que le développement de la végétation de la prairie, sont globalement caractéristiques pour la région concernée et peuvent donc être considérés comme parfaitement représentatifs pour une région de montagne.

Asulame dans les capitules de dent-de-lion

Les teneurs en asulame des capitules de dent-de-lion prélevés dans les parcelles non traitées (procédé T) sont basses, inférieures à 0,05 mg par kg de matière fraîche (tabl. 2). Cette teneur correspond à la limite de détection de la méthode d'analyse utilisée.

Dans les parcelles traitées à différents stades (H1 à H3), la teneur moyenne la plus élevée (14,35 mg/kg MF) a été observée dans le procédé H3, seul procédé où nous avons pu prélever des capitules en fleur le jour d'un traitement. Lorsque le traitement herbicide est réalisé en période de floraison, les concen-

Tableau 1. Quantité d'herbe et proportion de dents-de-lion lors des cinq prélèvements (prélèvement à 3 cm au-dessus du sol; moyennes de deux à quatre échantillons).

Procédé Date du traitement herbicide ¹		T –		H1 25.04.2003		H2 01.05.2003		H3 08.05.2003	
		Moyenne	se	Moyenne	se	Moyenne	se	Moyenne	se
Date de prélèvement		Quantité d'herbe (g MS/m ²)							
1	25.04.2003	42	6	50	11	–	–	–	–
2	01.05.2003	76	7	93	10	91	8	–	–
3	08.05.2003	173	17	172	23	190	23	183	20
4	15.05.2003	274	12	260	28	247	27	266	31
5	22.05.2003	286	5	280	18	274	33	321	18
Date de prélèvement		Proportion de dent-de-lion (%)							
2	01.05.2003	49	3	48	2	50	3	–	–
3	08.05.2003	45	4	42	5	52	4	42	2
4	15.05.2003	36	5	46	6	44	5	47	9
5	22.05.2003	39	5	46	7	43	7	48	0

¹Voir texte pour plus de détails sur les traitements herbicides. MS: matière sèche. se: écart-type de la moyenne. –: pas d'observation.

Tableau 2. Teneurs en asulame et en sulfanilamide des capitules de dent-de-lion (moyennes de deux à quatre échantillons).

Procédé Date du traitement herbicide ¹		T –		H1 25.04.2003		H2 01.05.2003		H3 08.05.2003	
		Moyenne	se	Moyenne	se	Moyenne	se	Moyenne	se
Date de prélèvement		Asulame (mg/kg MF)							
3	08.05.2003	< 0,05		1,09	0,12	0,93	0,17	14,35	1,45
4	15.05.2003	–		0,20	0,02	1,10	0,00	0,67	0,13
5	22.05.2003	< 0,05		0,20	0,06	0,78	0,21	0,31	0,03
Date de prélèvement		Sulfanilamide (µg/kg MF)							
3	08.05.2003	< 5		9	4	9	4	280	50
4	15.05.2003	–		< 5		10	3	< 5	
5	22.05.2003	< 5		< 5		5	1	< 5	

¹Voir texte pour plus de détails sur les traitements herbicides. MF: matière fraîche. se: écart-type de la moyenne. –: pas d'analyse.

trations en asulame dans les capitules le jour de l'application sont donc particulièrement élevées.

Après le traitement, la teneur en asulame des capitules diminue rapidement, puisqu'elle atteint au maximum 1,10 mg/kg

MF dans les échantillons prélevés une semaine ou plus après le traitement herbicide (tabl. 2 et fig. 3). En deux semaines, les concentrations d'asulame retrouvées dans les capitules sont en moyenne divisées par un facteur 20.

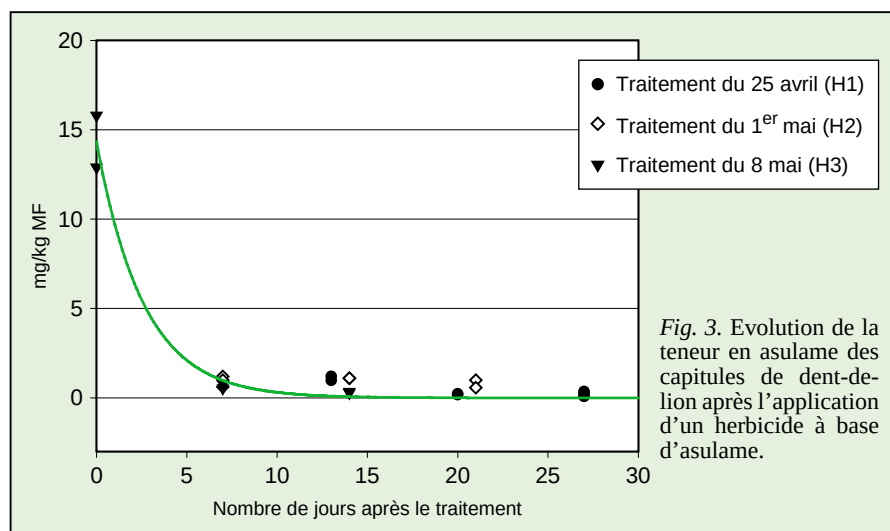


Fig. 3. Evolution de la teneur en asulame des capitules de dent-de-lion après l'application d'un herbicide à base d'asulame.

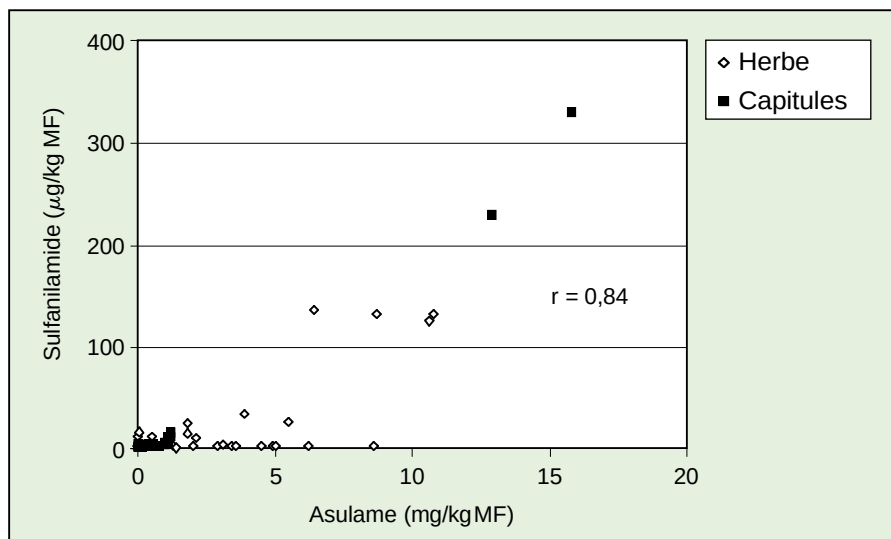


Fig. 4. Relation entre les teneurs en asulame et en sulfanilamide dans les échantillons d'herbe et de capitules de dent-de-lion (n = 57).

Toutefois, bien qu'ils se soient développés après le traitement, ces capitules contiennent des quantités non négligeables d'asulame, ce qui confirme la nature systémique de cet herbicide.

Sulfanilamide dans les capitules de dent-de-lion

Les teneurs en sulfanilamide sont beaucoup plus basses que les teneurs en asulame (tabl. 2). Les échantillons prélevés dans le procédé non traité (T) contiennent toujours moins de 5 µg/kg MF de sulfanilamide (limite de détection).

La teneur la plus élevée (près de 300 µg/kg MF) a été observée dans les capitules prélevés immédiatement après le traitement herbicide (procédé H3 le 8 mai). Dès que le traitement date d'une semaine ou plus, la teneur en sulfanilamide des capitules est très faible, elle ne dépasse plus 10 µg/kg MF.

On observe une forte corrélation entre les teneurs en sulfanilamide et en asulame sur l'ensemble des échantillons de capitules et d'herbe (fig. 4). Les teneurs en sulfanilamide supérieures à 100 µg/kg MF proviennent toujours d'échantillons dont la teneur en asulame dépasse 6 mg/kg MF. Cette relation entre ces deux substances corrobore les données rapportées à ce jour dans la littérature pour le miel (KAUFMANN et KAENZIG, 2004; BOGDANOV et EDDER, 2004).

Les concentrations en asulame et en sulfanilamide des capitules exposés à un traitement herbicide ne nous renseignent pas directement sur celles du nectar. D'autre part, nous manquons de références pour préciser la relation entre les teneurs du nectar et celles qui sont retrouvées dans le miel. Pour cela, des

essais beaucoup plus complexes, comprenant le butinage par des abeilles des fleurs traitées avec de l'asulame et l'analyse du miel correspondant, devraient encore être réalisés.

Néanmoins, nos résultats vont bien dans le sens d'une implication de l'asulame dans la contamination des miels par le sulfanilamide. Ils montrent que ce sont surtout les traitements pendant la floraison des dents-de-lion qui posent problème et que c'est principalement de l'asulame qui est butiné et transporté par les abeilles, la dégradation de l'herbicide en sulfanilamide se déroulant essentiellement dans les ruches, au cours de la transformation du nectar en miel. Assurément, comme le suggèrent KAUFMANN et KAENZIG (2004), une modification des conditions d'homologation de cet herbicide se justifie. Pour ce qui concerne spécifiquement le problème des résidus d'asulame et de sulfanilamide dans le miel, une limitation de l'utilisation de l'herbicide à des surfaces herbagères exemptes de plantes en fleur diminuerait déjà considérablement les risques de contamination. Cette mesure pragmatique, si elle est bien comprise et respectée par les exploitants, pourrait permettre de maintenir l'homologation des herbicides à base d'asulame en Suisse.

Bibliographie

- ANONYME, 1995. Reregistration Eligibility Decision Asulam. US Environmental Protection Agency, Office of Prevention Pesticides and Toxic Substances, EPA 738-R-95-024 (Washington DC: US EPA) (available at: <http://www.epa.gov/REDs/0265.pdf>).
- BOGDANOV S., EDDER P., 2004. Contamination du miel par un sulfonamide due à l'utilisation d'un herbicide employé en agriculture. *Revue suisse d'Apiculture* **11-12**, 25-29.

Conclusions

- ❑ Les capitules de dent-de-lion en fleur au moment du traitement herbicide contiennent des concentrations élevées en asulame.
- ❑ Dans les semaines qui suivent le traitement, la teneur en asulame des capitules diminue rapidement; deux semaines après le traitement, elle est en moyenne vingt fois plus basse.
- ❑ On trouve de l'asulame dans les capitules qui n'étaient pas présents au moment du traitement, ce qui confirme la nature systémique de cette matière active.
- ❑ Après un traitement à l'asulame, on trouve aussi du sulfanilamide dans les fleurs de dent-de-lion, mais en quantités beaucoup plus faibles que pour l'asulame.
- ❑ Nos résultats étayent l'hypothèse d'une implication de l'asulame dans la contamination du miel par le sulfanilamide.
- ❑ Pour ce qui concerne spécifiquement ce risque de contamination du miel, une modification des conditions d'homologation des herbicides à base d'asulame se justifie: leur utilisation doit se limiter à des surfaces herbagères exemptes de plantes en fleur.

BOGDANOV S., FLURI P., 2000. Honigqualität und Antibiotikarückstände. *Schweizerische Bienen-Zeitung* **123**, 407-410.

DISERENS J. M., SAVOY-PERROUD M.-C., 2002. Determination of sulfonamide residues in honey. Poster presented at the 4th International symposium on hormone and veterinary drugs residue analysis, Antwerp, 4-7 June 2002.

KAUFMANN A., KAENZIG A., 2004. Contamination of honey by the herbicide asulame and its antibacterial active metabolite sulfanilamide. *Food Additives and Contaminants* **21**, 564-571.

KAUFMANN A., ROTH S., RYSER B., WIDMER M., GUGGISBERG D., 2002. Quantitative LC-MS/MS determination of sulfonamides and some other antibiotics in honey. *J.A.O.A.C. Int.* **85**, 853-860.

SCHWAIGER I., SCHUCH R., 2000. Bound Sulfathiazole Residues in Honey – Need of a Hydrolysis Step for the Analytical Determination of Total Sulfathiazole Content in Honey. *Deutsche Lebensmittel Rundschau* **96**, 93-98.

VERZEGNASSI L., SAVOY-PERROUD M.-C., STADLER R. H., 2002. Application of liquid chromatography-electrospray ionization tandem mass spectrometry to the detection of 10 sulfonamides in honey. *J. Chromatogr. A* **977**, 77-87.

Summary

Asulam residues in dandelion flowers after a herbicide treatment

The application of asulam-based herbicides on grassland could explain the finding of sulfanilamide in some Swiss honeys. In fact, this antibiotic belonging to the sulfonamides is produced during the breakdown of asulam. To assess the risks related to the use of these herbicides, a permanent meadow with a high proportion of dandelions was sprayed before or at the beginning of dandelion flowering. Asulam as well as sulfanilamide residues were analyzed in dandelion flowers by liquid chromatography. Very high asulam contents were observed in flowers collected just after the herbicide application. However, asulam residues in the flowers collected one or more weeks after the herbicide application were much lower, independently of the time of spraying. We also found sulfanilamide in dandelion flowers, but at relatively low levels. Our results support the hypothesis that asulam is involved in the contamination of honey by sulfanilamide and justify a modification of the registration conditions for asulam-based herbicides in Switzerland: these must be applied only on grassland free of flowering plants.

Key words: permanent grassland, dandelion, herbicide, asulam, sulfanilamide, honey.

Zusammenfassung

Asulamrückstände in Löwenzahnblüten nach einer Herbizidbehandlung

Die Anwendung von Asulamherbiziden auf Wiesen könnte das Vorhandensein von Sulfanilamid in gewissen Schweizer Bienenhonig erklären. Tatsächlich ist dieses Antibiotikum der Familie des Sulfonamids ein Abbauprodukt von Asulam. Um die Risiken beim Gebrauch dieser Herbizide festzulegen, wurde eine Naturwiese, reich an Löwenzahn, vor und bei Blühbeginn behandelt. Die Asulam- und Sulfanilamidrückstände in den blühenden Blütenköpfen wurden mit Hilfe der flüssigen Chromatographie analysiert. Sehr hohe Asulamgehalte wurden in den Blütenköpfen zur Zeit der Behandlung beobachtet. Dagegen, unabhängig vom Behandlungszeitpunkt, enthalten sie eine Woche oder noch später nach der Behandlung viel weniger Asulam. Man fand auch Sulfanilamid in den Löwenzahnblüten, aber in relativ geringen Mengen. Unsere Ergebnisse untermauern die Hypothese, dass Asulamherbizide bei der Honigverunreinigung mit Sulfanilamid verwickelt sind. Dies rechtfertigt eine Änderung der Zulassungsbedingungen bei Asulamherbiziden. Diese Herbizide dürfen nur auf Futterbauflächen frei von blühenden Pflanzen verwendet werden.

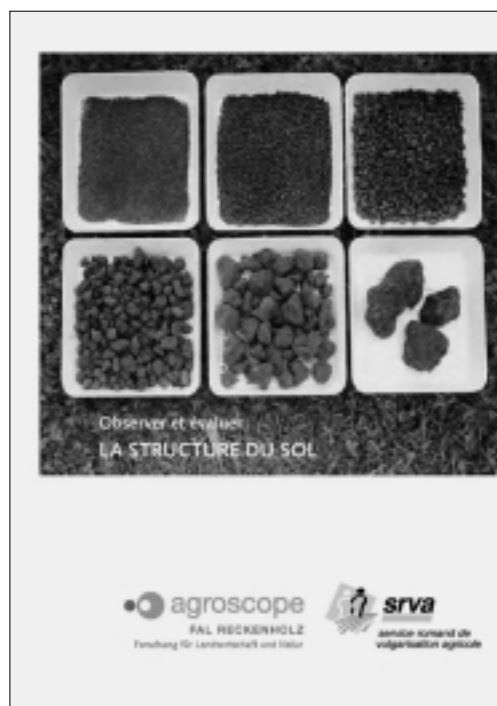
Riassunto

Residui d'asulam nei fiori di dente di leone dopo un trattamento erbicida

L'applicazione di erbicidi a base d'asulam sui prati potrebbe spiegare la presenza di sulfanilamide in certi campioni di miele svizzero. Infatti questo antibiotico della famiglia dei sulfamidici è un prodotto della degradazione dell'asulam. Per precisare i rischi legati all'utilizzazione di questi erbicidi, un prato permanente ricco in dente di leone è stato trattato prima o all'inizio della fioritura del dente di leone e i residui d'asulam e di sulfanilamide nei capolini di dente di leone in fiore sono stati analizzati per cromatografia liquida. Dei tenori molto elevati in asulam sono stati osservati nei capolini che erano in fiore al momento del trattamento erbicida. Invece, qualunque sia il momento d'applicazione dell'erbicida, i capolini in fiore una settimana o più dopo il trattamento contengono molto meno asulam. Si trova anche della sulfanilamide nei fiori di dente di leone, ma in quantità relativamente debole. I nostri risultati sostengono l'ipotesi di un'implicazione dell'asulam nella contaminazione del miele attraverso la sulfanilamide e giustifica una modificazione delle condizioni d'omologazione degli erbicidi a base d'asulam: devono essere applicati unicamente su delle superfici erbose esenti da piante in fiore.

Chronique

Structure du sol: un nouvel outil de travail pour l'observation au champ



La structure du sol et sa stabilité sont des éléments-clés pour la gestion durable de sa fertilité. Le nouveau cahier de la FAL 50 «Observer et évaluer la structure du sol» permet à la pratique d'analyser et d'interpréter de façon simple et méthodique la qualité de la structure des horizons de surface des sols agricoles. L'évaluation peut se faire jusqu'à une profondeur de 50 cm. L'ouvrage est conçu en six chapitres, dont chacun commence avec une brève présentation du contenu et une définition des termes techniques utilisés. Sur 27 planches photographiques, différents types d'unités structurales sont présentés en grandeur nature. La longue expérience des auteurs, spécialistes de la pédologie et de la cartographie des sols, est à la base de ce manuel qui utilise des caractéristiques visuelles pour la description de l'état de la structure. Ce cahier se présente sous forme de classeur et les feuilles laminées sont conçues pour une utilisation à l'extérieur.

La parution de cet ouvrage a été possible grâce à la collaboration entre Gerhard Hasinger du Service romand de vulgarisation agricole (SRVA) et Jakob Nievergelt, Milan Petrasek et Peter Weisskopf d'Agroscope FAL Reckenholz.

Le cahier de la FAL 50 «Observer et évaluer la structure du sol» peut être commandé au prix de CHF 45.–, ou de € 30, auprès du Service romand de vulgarisation agricole, avenue des Jordils 1, CH-1000 Lausanne 6, tél. 021 619 44 70, fax 021 617 02 61, www.srva.ch

ou à la Bibliothèque Agroscope FAL Reckenholz, Reckenholzstrasse 191, 8046 Zurich, bibliothek@fal.admin.ch, tél. 044 377 72 64, fax 044 377 72 01, www.reckenholz.ch, Rubrique >Publications/Cahier de la FAL.