

# Utilisation de cuivre par les paysans bio suisses dans différentes cultures

Bernhard Speiser<sup>1</sup>, Esther Mieves<sup>2</sup> et Lucius Tamm<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut de recherche de l'agriculture biologique FiBL, 5070 Frick, Suisse

<sup>2</sup>Universität Kassel, Fachgebiet Ökologischer Pflanzenschutz, 37213 Witzenhausen, Allemagne

Renseignements: Bernhard Speiser, e-mail: bernhard.speiser@fibl.org



**Figure 1** | Dans ce vignoble, le dépôt bleu sur les échelas témoigne d'une utilisation de quantités élevées de cuivre depuis des décennies (photo datant de 1989). (Photo: Andreas Häseli, FiBL)

## Introduction

Dès les années 1880, le cuivre a été utilisé dans les vignobles suisses pour lutter contre le mildiou (*Plasmopara viticola*). Entre 1920 et 1960, le cuivre a été abondamment utilisé; de nombreux vigneron ont appliqué en moyenne jusqu'à 50 kg/ha/an (Räz *et al.* 1987) (fig. 1). En Allemagne, les quantités appliquées ont parfois atteint 80 kg/ha/an, voire plus (Kühne *et al.* 2009).

Aujourd'hui, la quantité maximale autorisée de fongicides à base de cuivre est limitée. La limite se réfère toujours à la proportion de cuivre pur contenu dans les substances actives (hydroxyde de cuivre, oxychlorure de cuivre, bouillie bordelaise, etc.). En Suisse, les quantités maximales autorisées de fongicides à base de cuivre sont définies: (i) par l'autorité compétente en matière d'autorisation des produits phytosanitaires (Office fédéral de l'agriculture, OFAG) pour l'agriculture d'une manière générale; (ii) par l'ordonnance sur l'agriculture biologique pour l'ensemble des producteurs bio, et (iii) par les cahiers des charges de Bio Suisse pour ses membres.

Selon l'index des produits phytosanitaires de l'OFAG, la quantité de cuivre pur autorisée est de 4 kg/ha/an pour la plupart des cultures et 6 kg/ha/an pour la vigne. L'ordonnance sur l'agriculture biologique limite à 4 kg/ha/an la quantité maximale de cuivre pour la vigne. Il s'agit d'une moyenne à respecter sur une période de cinq ans; ponctuellement, jusqu'à 6 kg/ha/an peuvent être utilisés certaines années. En outre, Bio Suisse fixe une limite de 2 kg/ha/an pour les cultures de petits fruits et de 1,5 kg/ha/an pour les fruits à noyaux. S'il existe un risque élevé d'infection par le feu bactérien, jusqu'à 4 kg/ha/an peuvent être appliqués sous réserve d'une autorisation cantonale.

Comme le cuivre s'accumule dans le sol, son utilisation en agriculture biologique fait l'objet de critiques récurrentes. Il est en outre généralement admis que les quantités maximales autorisées sont réellement utilisées. Cette étude part de l'hypothèse que, au contraire, les quantités de cuivre utilisées par les agriculteurs bio suisses sont plus faibles, car ils sont conscients de la problématique du cuivre et font de gros efforts pour en minimiser l'application. L'enquête menée auprès de paysans bio décrite dans cet article présente pour la première fois des valeurs chiffrées des quantités de cuivre effectivement utilisées en pratique.

## Méthodes

### Enquête

Dans le cadre de cette étude, 38 producteurs de Bio Suisse ont été interrogés. L'enquête se fonde sur l'enregistrement des traitements phytosanitaires destiné au contrôle d'exploitation et couvre la période 2009–2012. Pour les fruits et les légumes, un nombre limité de producteurs ont été interrogés, sélectionnés parmi les fournisseurs les plus importants d'un détaillant particulier. Les agriculteurs interrogés assurent une part considérable de la production biologique suisse (tabl. 1). Toutefois, ils ne sont pas nécessairement représentatifs en termes de taille d'exploitation ni de répartition géographique. Selon toute vraisemblance, la taille des exploita-

tions ayant fait l'objet de l'enquête est supérieure à la moyenne et la Suisse orientale est surreprésentée.

Pour la viticulture, un appel a été lancé auprès de producteurs de Bio Suisse, parmi lesquels douze vigneron ayant déclaré utiliser du cuivre sur leur exploitation ont été choisis. Quelques exploitations viticoles importantes ne figuraient pas dans cette liste, contrairement à la sélection de producteurs de fruits et légumes. De plus, la proportion de surfaces plantées en variétés fongirésistantes dans les exploitations étudiées était supérieure à celle observée dans l'ensemble de la Suisse. L'estimation de la moyenne pondérée par la surface (voir ci-dessous) permet toutefois de corriger ce biais.

### Évaluation

La moyenne pondérée par la surface, calculée pour l'ensemble des producteurs et de la période, a été utilisée pour exprimer la quantité de cuivre appliquée pour chaque culture.

À partir des données relatives aux légumes de plein champ et aux pommes de terre, la quantité moyenne de cuivre utilisée pour les surfaces d'assolement (pour l'ensemble des cultures) a été estimée comme suit: (i) parmi les cultures d'assolement, les pommes de terre, les carottes, les céleris et les choux peuvent être traités au cuivre; (ii) la quantité pondérée par la surface de cuivre utilisée pour ces quatre cultures a été déterminée; (iii) sur une exploitation modèle étudiée de façon plus précise, l'ensemble de ces quatre cultures représentait 52 % des surfaces d'assolement; (iv) cette donnée a été utilisée pour estimer la quantité de cuivre appliquée sur l'ensemble des surfaces d'assolement (l'ensemble des cultures = 100 % des surfaces).

Les données relatives à la vigne ont été exploitées séparément selon les deux groupes de variétés: les variétés européennes et les variétés fongi-résistantes, les premières étant nettement plus sensibles au mildiou. La quantité moyenne de cuivre appliquée sur les vignobles bio a été estimée comme suit: (i) dans les vignobles bio suisses, la proportion de variétés européennes est estimée à 75 % et celle des variétés fongi-résistantes à 25 % (communication personnelle d'Andreas Häseli, FiBL). (ii) Les quantités moyennes de cuivre appliquées sur les deux groupes de variétés ont été déterminées séparément. (iii) Ensuite, la moyenne pondérée par la surface a été calculée pour les deux groupes de variétés.

### Résultats

La quantité moyenne de cuivre utilisée varie fortement selon la culture (tabl. 1). Dans le cas des pommes, des petits fruits, des choux, des tomates et des concombres,

**Résumé** ■ Aujourd'hui, l'utilisation de fongicides à base de cuivre est soumise à des limites quantitatives. Pour les producteurs biologiques suisses, les limites applicables sont fixées par l'autorité compétente en matière d'autorisation des produits phytosanitaires, par l'ordonnance sur l'agriculture biologique et par les cahiers des charges de Bio Suisse. Les quantités maximales s'élèvent à 1,5 kg/ha/an pour les fruits à noyaux, à 2 kg/ha/an pour les petits fruits et à 4 kg/ha/an pour les autres cultures. Une enquête a été menée auprès des producteurs de Bio Suisse pour savoir quelles quantités de cuivre étaient réellement appliquées en pratique. Les producteurs ont été interrogés sur les quantités de cuivre utilisées sur la période 2009–2012. La quantité moyenne de cuivre utilisée pour les surfaces d'assolement et pour les surfaces viticoles a été estimée. La quantité moyenne de cuivre utilisée pour les pommes, toutes les espèces de petits fruits, les choux, les tomates, les concombres et les variétés résistantes de vigne, est inférieure à 1 kg/ha/an. Pour les poires, les abricots et les carottes, elle est comprise entre 1 et 2 kg/ha/an et pour les cerises, les pommes de terre, les céleris et les variétés de vigne européennes traditionnelles, elle est supérieure à 2 kg/ha/an. La quantité moyenne de cuivre utilisée est de 0,7 kg/ha/an sur les surfaces d'assolement et de 2,5 kg/ha/an sur les surfaces viticoles. Cette enquête montre que les paysans bio suisses utilisent nettement moins de cuivre que les quantités maximales autorisées. Toutefois, l'apport de cuivre dans l'environnement doit encore être réduit. Pour cela, l'agriculture biologique poursuit aujourd'hui une stratégie combinée, qui comprend la culture de variétés résistantes, des adaptations de la conduite culturale, des optimisations de l'application de cuivre et l'utilisation de produits de substitution.

elle est inférieure à 1 kg/ha/an. Dans celui des poires, des abricots et des carottes, elle se situe entre 1 et 2 kg/ha/an, et dans le cas des cerises, des pommes de terre et des céleris, elle est supérieure à 2 kg/ha/an. En viticulture, la quantité de cuivre appliquée sur les variétés fongi-résistantes est près de six fois moindre que celle utilisée pour les variétés européennes. La quantité de cuivre utilisée, ➤

**Tableau 1 | Producteurs interrogés, quantité moyenne de cuivre utilisée et part réellement utilisée de la quantité maximale autorisée pour différentes cultures. Les quantités maximales autorisées varient selon la culture (voir introduction)**

Culture	Producteurs interrogés		Quantité de cuivre (kg/ha/an)	Part réellement utilisée de la quantité maximale autorisée (%)
	Nombre	Part de la surface bio (%)		
<b>Cultures fruitières</b>	<b>13</b>			
Pommes	10	50	0,9	60
Poires	6	50	1,2	80
Abricots	3	40	1,7	43
Cerises	2	10	2,5	63
Mûres	2	50	0,6	30
Fraises	5	30	0,4	20
Myrtilles, framboises, groseilles	5	30	0,1	5
<b>Pommes de terre et légumes</b>	<b>7</b>			
Pommes de terre	6	10	2,8	70
Carottes	4	*	1,4	35
Céleris	3	*	2,7	68
Choux	6	*	0,1	3
<i>Estimation des surfaces d'assolement</i>			0,7	
<b>Cultures en serres</b>	<b>6</b>			
Tomates	5	*	0,2	5
Concombre	6	*	0,1	3
<b>Vignes</b>	<b>12</b>			
Variétés européennes	8	11	2,9	73
Variétés fongî-résistantes	9	8	0,5	13
<i>Estimation des surfaces de vignobles</i>			2,5	

\*La part de la surface bio n'a pas pu être déterminée pour ces cultures.

estimée à partir d'une surface d'assolement moyenne, s'élève à 0,7 kg/ha/an, tandis que la quantité estimée à partir d'une surface moyenne de vignoble est de 2,5 kg/ha/an.

La part réellement utilisée de la quantité maximale de cuivre autorisée varie fortement selon les cultures (tabl. 1, dernière colonne). Dans le cas des fraises, des myrtilles, des framboises, des groseilles, des choux, des tomates, des concombres, la part utilisée est inférieure à 25 % de la quantité maximale autorisée. Dans le cas des abricots, des mûres et des carottes, la part utilisée est comprise entre 25 et 50 % de la quantité maximale et dans celui des pommes, des poires, des cerises, des pommes de terre et des céleris, elle est supérieure à 50 % de celle-ci. En viticulture, la part appliquée rapportée à la quantité maximale autorisée diffère fortement selon qu'il s'agit de variétés fongî-résistantes ou de variétés européennes. En ce qui concerne la culture de fruits à pépins et à noyaux, seuls quelques producteurs utilisent la quantité maximale autorisée. Dans les autres cultures, aucun des agriculteurs interrogés n'atteignait cette limite.

## Discussion

Cette enquête montre que les paysans bio suisses utilisent en moyenne nettement moins de cuivre que les quantités maximales autorisées. Les effets de l'utilisation du cuivre doivent être évalués en fonction des quantités réellement appliquées. Dans certaines cultures, elles peuvent être 10 à 30 fois plus faibles que les quantités maximales autorisées.

Les producteurs interrogés utilisent volontairement des quantités inférieures aux limites autorisées. Cette réduction n'est possible qu'en luttant par d'autres moyens contre les maladies. Selon la culture, différentes solutions sont disponibles (voir plus loin). Pour pouvoir minimiser les applications de cuivre sur leur exploitation, les producteurs doivent cependant être prêts à consentir des frais plus élevés et/ou à prendre davantage de risques.

Les producteurs de fruits et légumes interrogés assurent une part sensible de la production biologique suisse. En revanche, les données relatives à la viticulture n'incluent pas certaines exploitations viticoles impor-



**Figure 2 |** Une application sous les feuilles des produits phytosanitaires permet une meilleure pulvérisation à la surface inférieure du limbe. Dans les cultures de pommes de terre, cette technique ne convient que jusqu'à la fermeture des rangs. Par la suite, les «Droplegs» s'empêtreraient dans les plants et les endommageraient. (Photo: Bernhard Speiser, FiBL)

tantes, de sorte que la quantité moyenne de cuivre utilisée a dû être extrapolée. Les quantités de cuivre appliquées, déterminées pour l'agriculture biologique suisse, sont du même ordre de grandeur que les quantités utilisées par les paysans bio allemands. Les agriculteurs interrogés lors des enquêtes les plus récentes des associations agricoles allemandes utilisent environ 1 à 2 kg/ha/an selon les cultures (Kanthak *et al.* 2014).

Le cuivre est souvent utilisé aussi en production intégrée et conventionnelle pour les raisons suivantes: (i) le cuivre est la seule substance active autorisée pour lutter contre certaines maladies; (ii) pour la gestion des résistances; (iii) pour des raisons de coûts. Une étude allemande montre que les quantités de cuivre utilisées par unité de surface dans la plupart des cultures en agriculture conventionnelle sont plus faibles qu'en agriculture biologique. Cette différence s'explique par le fait que de nombreux autres fongicides sont autorisés en agriculture conventionnelle (Kühne *et al.* 2009).

### Possibilités actuelles de réduction du cuivre

L'agriculture biologique poursuit aujourd'hui une stratégie combinée destinée à minimiser l'utilisation du cuivre: cultiver des variétés résistantes ou tolérantes, adapter la conduite culturale, optimiser les applications de cuivre et utiliser des produits de substitution.

L'intérêt des variétés résistantes apparaît clairement dans cette enquête, particulièrement en viticulture où les quantités de cuivre appliquées sur les variétés fongi-résistantes sont six fois plus faibles que sur les variétés européennes. Une application minimale de cuivre est toutefois conseillée, même sur les variétés

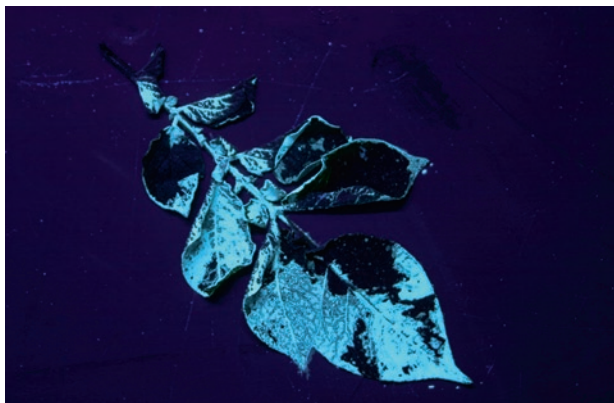
de vignes résistantes, pour éviter l'apparition de souches de mildiou résistantes. Diverses variétés résistantes de pommiers, requérant une utilisation minimale de cuivre, sont également disponibles. La culture de ces variétés est cependant freinée par les besoins du marché, par exemple par la demande de la variété Gala, très appréciée, mais sensible à la tavelure. Grâce à un intense effort de marketing du commerce de détail, la proportion de variétés résistantes a pu être continuellement augmentée et représente actuellement plus de 40 % en Suisse. De même, il existe aujourd'hui diverses variétés de pommes de terre résistantes, mais leur commercialisation se heurte aux mêmes obstacles que celle des variétés résistantes de pommiers ou de vignes.

Cette enquête met également en lumière l'importance de la conduite culturale en particulier pour les cultures en serres. L'humidité de l'air dans les serres peut être régulée de façon à éviter les infections. L'application de cuivre n'est alors nécessaire qu'en périodes de forte humidité prolongées, pendant lesquelles la régulation de l'humidité est insuffisante. Dès lors, la quantité moyenne utilisée sur les tomates et les concombres est très faible mais pas nulle.

L'enquête montre également l'influence de la conduite culturale pour la production de cerises. Ainsi, dans un verger haute-tige en plein air, un producteur doit utiliser jusqu'à 4 kg de cuivre/ha/an. Un autre producteur de cerises de table exploite un verger moderne avec protection contre les intempéries. Cette pratique réduit si fortement le risque d'infection par la tavelure, la cylindrosporiose, la pourriture amère et en partie également la moniliose, que les traitements par le cuivre peuvent être considérablement réduits. Dans l'optique d'une minimisation de l'utilisation du cuivre, les vergers modernes avec protection contre les intempéries sont à privilégier, alors que, du point de vue de la préservation des paysages, les vergers haute-tige sont plus avantageux.

L'efficacité de la réduction du dosage de cuivre peut être optimisée par les mesures techniques suivantes: (i) les modèles prévisionnels permettent de faire coïncider le mieux possible les applications de cuivre avec les périodes d'infection anticipées. Les modèles utilisés en pratique sont, par exemple, RIMpro (tavelure de la pomme), Vitimeteo-Plasmopara (mildiou de la vigne) et phytoPRE (mildiou de la pomme de terre). (ii) Les techniques modernes favorisent l'application uniforme du dépôt de cuivre sur les surfaces supérieure et inférieure de la feuille (fig. 2 et 3). Compte tenu de l'action purement protectrice du cuivre, l'application doit être homogène pour être efficace. (iii) Les formulations modernes





**Figure 3** | En mélangeant une substance fluorescente à la bouillie pulvérisée, il est possible d'observer sous lumière ultra-violette comment le dépôt se distribue sur les feuilles. Cette méthode permet de vérifier l'efficacité de nouvelles techniques d'application. (Photo: Bernhard Speiser, FiBL)

de cuivre permettent d'obtenir une bonne répartition à la surface des feuilles et offrent une meilleure résistance à la pluie, ce qui permet de réduire les doses.

Les produits de substitution contribuent également à réduire l'utilisation de cuivre. Le soufre, l'argile et le bicarbonate de potassium figurent parmi les constituants habituels du programme de traitement des producteurs bio suisses et remplacent les applications de cuivre à de nombreux stades de culture. En Allemagne, l'utilisation de sulfure de calcium est répandue en agriculture biologique. Il est appliqué du début des cultures jusqu'en milieu de saison et le produit peut être utilisé pendant la phase d'infection. En Suisse, l'utilisation de sulfure de calcium comme produit phytosanitaire est encore soumise à autorisation; ce produit ne peut donc pas être utilisé actuellement. L'application de phosphonate de potassium (phosphite de potassium) comme produit de substitution fait encore l'objet de discussions. En Allemagne, ce produit a été utilisé en viticulture bio jusqu'en 2013. Actuellement, son emploi en agriculture biologique n'est pas autorisé; une demande d'autorisation dans l'UE a cependant été déposée. Il est peu probable que cette demande aboutisse. Les critiques portent en particulier sur la présence de résidus de phosphonate dans les produits récoltés et dans le vin (EGTOP 2014).

### Autres sources de cuivre

Cette étude traite de l'application de fongicides à base de cuivre. Il existe cependant d'autres sources de cuivre dans l'environnement. En agriculture, des quantités considérables de cuivre proviennent de l'épandage d'engrais de ferme, d'engrais commerciaux, de composts et de résidus de fermentation. Dans une étude autrichienne, la charge moyenne de cuivre due à l'épandage de fumier

a été estimée à près de 0,2 kg/ha/an pour le fumier de volaille, à 3 kg/ha/an pour le fumier de porc et à 1,5 kg/ha/an pour le fumier de dinde (Zethner *et al.* 2007). La teneur en cuivre dans les engrais dépend directement du contenu en cuivre des aliments. En particulier, les aliments pour porcelets sont fortement enrichis en cuivre. Pour minimiser également cet apport de cuivre, Bio Suisse a fixé des limitations strictes pour la teneur en cuivre des aliments bio pour animaux. Par exemple, selon la liste contraignante des aliments pour animaux, la teneur autorisée en cuivre dans la nourriture pour porcelets conforme au cahier des charges de Bio Suisse est de 6 mg/kg, alors que, dans la nourriture conventionnelle 170 mg/kg sont autorisés.

Par ailleurs, il existe également des sources non agricoles importantes de cuivre. Les plus importantes sont le trafic routier (abrasion des freins), les conduites d'eau potable, les lignes électriques aériennes et les toitures (Hillenbrand *et al.* 2005). La quantité totale de cuivre due au trafic routier dans l'environnement est nettement plus élevée que la charge due aux fongicides. Toutefois, l'apport par unité de surface résultant du trafic est vraisemblablement plus faible, car ces émissions concernent des surfaces non agricoles et les eaux.

## Conclusions

L'apport de cuivre dans l'environnement doit encore être réduit. Toutefois, renoncer totalement aux fongicides à base de cuivre est actuellement impossible tant en agriculture biologique que conventionnelle. Il est en revanche possible de réduire davantage l'utilisation de cuivre, en affinant la stratégie de réduction du cuivre décrite schématiquement ci-dessus et en la mettant résolument en œuvre.

Le développement de nouveaux types de fongicides pourrait être un facteur décisif en vue d'une suppression totale du cuivre. Actuellement, différents projets de recherche visant à trouver des alternatives au cuivre sont en cours. Le projet CO-FREE a pour objet de faire progresser simultanément le développement de nouveaux fongicides, l'élaboration de nouveaux modèles prévisionnels et l'amélioration de l'acceptation de variétés résistantes par le marché. ■

### Remerciements

Nous tenons à remercier pour leur précieuse collaboration le détaillant et tous les producteurs qui ont participé à cette étude.

**Riassunto****Usi di rame in diverse colture da parte di biocontadini svizzeri**

I quantitativi di fungicidi a base di rame sono attualmente limitati. Per i bioproduttori svizzeri valgono le limitazioni imposte dal servizio di omologazione per prodotti fitosanitari, dall'Ordinanza bio e dalle direttive di Bio Suisse. I quantitativi massimi ammessi ammontano a 1,5 kg/ha/anno per frutta a granella, a 2 kg/ha/anno per bacche e a 4 kg/ha/anno per le altre colture. Abbiamo analizzato quanto rame viene impiegato effettivamente nella pratica. Per questa valutazione abbiamo interrogato diversi produttori di Bio Suisse in merito all'uso di rame negli anni 2009–2012. Da questi dati abbiamo estrapolato l'uso medio di rame sulle superfici di avvicendamento e nei vigneti. Per quanto riguarda le mele, tutte le specie di bacche, i cavoli, i pomodori, i cetrioli e le varietà di vite resistenti, l'impiego medio di rame è risultato inferiore a 1 kg/ha/anno. Per le pere, le albicocche e le carote il valore si è situato tra 1 e 2 kg/ha/anno e per le ciliegie, le patate, il sedano e le varietà di vite europee tradizionali ha superato 2 kg/ha/anno. L'uso medio di rame su superfici di avvicendamento è risultato pari a 0,7 kg/ha/anno, nei vigneti 2,5 kg/ha/anno. Da questo sondaggio emerge che i contadini bio svizzeri spargono nettamente meno rame di quanto è permesso. L'agricoltura biologica persegue attualmente una strategia combinata per minimizzare l'uso di rame, che implica la coltivazione di varietà resistenti, adeguamenti nella gestione delle colture, ottimizzazione dell'uso di rame e impiego di prodotti alternativi.

**Bibliographie**

- EGTOP, 2014. Final Report on Plant Protection Products (II). [www.ec.europa.eu/agriculture/organic](http://www.ec.europa.eu/agriculture/organic).
- Hillenbrand T., Toussaint D., Böhm E., Fuchs S., Scherer U., Rudolphi A. & Hoffmann M., 2005. Einträge von Kupfer, Zink und Blei in Gewässer und Böden – Analyse der Emissionspfade und möglicher Emissionsminderungsmaßnahmen. Texte 19 / 05. Umweltbundesamt, Dessau.
- Kanthak S., Kienzle J. & Patzwahl W., 2014. Saisonberichte und Stand der Umsetzung der Kupferminimierungsstrategie. Présentations au séminaire professionnel sur le cuivre 2014 du 21 novembre 2014 à Berlin. <http://kupfer.jki.bund.de>.

**Summary****Crop-specific copper applications by Swiss organic farmers**

There are currently quantitative restrictions on the use of copper-based fungicides. In Switzerland, restrictions are imposed on organic farmers by the licensing authority for pesticides, the Swiss Organic Farming Ordinance and the Bio Suisse Standards. The maximum permitted quantities are 1.5 kg/ha/a in pome fruit, 2 kg/ha/a in soft fruit and 4 kg/ha/a in other crops. We have examined the actual quantities of copper applied on farms. For this study, we surveyed Bio Suisse producers on their use of copper-based fungicides in the years 2009–2012 and extrapolated the average quantities of copper applied on crop rotation plots and viticulture plots. Average copper applications were less than 1 kg/ha/a in apples, all soft fruit species, cabbages, tomatoes, cucumbers and resistant grape cultivars. Between 1 and 2 kg/ha/a were applied to pears, apricots and carrots, whereas cherries, potatoes, celeriac and traditional European grape cultivars received more than 2 kg/ha/a. Copper was applied at average rates of 0.7 kg/ha/a in crop rotation plots and 2.5 kg/ha/a in viticulture plots. This survey shows that Swiss organic farmers apply significantly less copper than the maximum permitted quantities. The organic farming sector is pursuing a combined strategy for minimizing copper applications that involves resistant cultivars, adaptations in crop husbandry, optimized copper applications and the use of alternative products.

**Key words:** Bio Suisse, copper fungicides, plant protection, organic farming, Switzerland.

- Kühne S., Strassemeyer J. & Rossberg D., 2009. Anwendung kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel in Deutschland. *Journal für Kulturpflanzen* 6, 126–130.
- Rätz B., Schüepp H. & Siegfried, W., 1987. Hundert Jahre Plasmopara-Bekämpfung und Kupfereintrag in die Rebberge. *Schweizerische Zeitschrift für Obst- und Weinbau* 123, 272–277.
- Zethner G., Sattelberger R. & Hanus-Illnar, A., 2007. Kupfer und Zink im Wirtschaftsdünger von Schweine- und Geflügelmastbetrieben. Umweltbundesamt, REP-0073, Vienne.