

Evaluation de l'impact des insecticides sur la durabilité dans les cultures

Patrik Mouron¹, Chiara Calabrese¹, Stève Breitenmoser², Simon Spycher³ et Robert Baur³

¹Station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Tänikon 1, 8356 Ettenhausen, Suisse

²Station de recherche Agroscope Changins-Wädenswil ACW, 1260 Nyon 1, Suisse

³Station de recherche Agroscope Changins-Wädenswil ACW, 8820 Wädenswil, Suisse

Renseignements: Patrik Mouron, e-mail: patrik.mouron@agroscope.admin.ch, tél. +41 44 377 72 23



Lorsqu'un traitement contre le doryphore ou les criocères des céréales s'avère nécessaire dans les cultures conventionnelles, c'est en appliquant Audienz (spinosad) que l'impact sur la durabilité est le moins important en termes de préservation des auxiliaires, de risque écologique et de rentabilité. (Photos: ART, Gabriela Brändle)

Introduction

Les prestations écologiques requises (PER) supposent des restrictions dans l'application d'insecticides dans les cultures de céréales et de pommes de terre selon l'annexe 6, chiffre 6.2 de l'Ordonnance sur les paiements directs (RS 910.13). Les insecticides peu sélectifs susceptibles de perturber l'effet régulateur des auxiliaires ne peuvent être utilisés qu'après l'octroi d'une autorisation spéciale délivrée par le service phytosanitaire cantonal compétent. Cette règle PER est remise en question par les agricultrices et les agriculteurs et par les organes d'exécution proprement dits. Les agriculteurs considèrent la demande d'une autorisation spéciale comme une entrave administrative et déplorent que les produits nécessitant une autorisation spéciale soient plus actifs et soient également moins chers que les produits applicables sans autorisation. Quant aux organes d'exécution proprement dits, ils souhaiteraient réduire le coût des autorisations spéciales. C'est pourquoi, dans le cadre de la politique agricole 2014–2017, l'OFAG souhaiterait revoir les règles PER remises en question et si nécessaire

les adapter. Afin d'effectuer cet examen sur des bases scientifiques actuelles, en 2012, l'OFAG a chargé Agroscope d'effectuer l'étude présentée ici. Un groupe d'experts a été formé pour l'étude, comprenant des scientifiques, mais aussi des spécialistes cantonaux de la protection des plantes et des agriculteurs.

Méthode

Déroulement de l'évaluation de l'impact sur la durabilité

L'impact sur la durabilité a été évalué selon le schéma de la méthode «SustainOS». Cette méthode a été développée entre 2008–2010 dans le cadre du projet UE ENDURE (<http://www.endure-network.eu/>), afin de comparer les stratégies de protection des plantes dans les cultures fruitières et testée dans cinq pays européens (Naef et al. 2011; Mouron et al. 2012).

Paramètres contextuels et paramètres-cibles

La description du système pour les céréales et les pommes de terre a été effectuée sur une parcelle modèle d'un hectare pendant une année, sachant que les valeurs (p.

ex. pour les quantités de récolte) sont basées sur la moyenne annuelle et qu'elles sont, de l'avis des experts, représentatives de la Suisse. Toutes les activités ont été définies, du travail du sol jusqu'à la récolte. L'étude repose sur l'hypothèse que les seuils de tolérance étaient dépassés pour les criocères des céréales (*Oulema* spp.) et pour le doryphore (*Leptinotarsa decemlineata* [Say 1824]) et les pucerons (différentes espèces) dans les cultures de pommes de terre. Concernant les maladies fongiques, on suppose une pression moyenne dans les deux cultures. Les principaux paramètres-cibles étaient que les récoltes soient acceptées à la livraison, et que les bonnes pratiques de gestion des résistances soient respectées.

Variantes de protection des plantes

Compte tenu des paramètres contextuels et des paramètres-cibles fixés, le groupe d'experts a défini des plans de protection des plantes adaptés à la pratique. Pour le choix des insecticides, trois variantes de base ont été définies par rapport au respect des auxiliaires:

Variantes A: Sans restrictions. C'est-à-dire que tous les insecticides autorisés en 2012 peuvent être employés sans autorisation spéciale.

Variantes B: Restrictive. Seuls peuvent être utilisés les insecticides qui n'avaient pas besoin d'une autorisation pour les PER en 2012.

Variantes C: Autorisations spéciales comme en 2012. les autorisations spéciales sont acceptées lorsque le seuil de tolérance est dépassé et que l'application d'inhibiteurs de mue n'est plus suffisamment efficace contre les larves des criocères des céréales et du doryphore.

Le tableau 1 récapitule toutes les variantes de protection des plantes définies par le groupe d'experts. Seule l'application des insecticides est modulée. Concernant les fongicides, les herbicides et les régulateurs de croissance, les mêmes hypothèses sont posées pour toutes les variantes d'une même culture. Comme les insecticides sont souvent épanchés mélangés à un fongicide, le nombre de trajets est souvent inférieur au nombre de produits phytosanitaires épanchés.

La combinaison utilisée comme référence est celle appliquée le plus fréquemment selon le groupe d'experts.

Méthodes d'analyse quantitatives

La méthode et les résultats de l'analyse de préservation des auxiliaires (*Coccinellidae*, *Chrysopidae*, *Syrphidae* et hyménoptères parasitoïdes) font l'objet d'un autre article dans ce numéro de Recherche Agronomique Suisse (Breitenmoser et Baur 2013).

Résumé Dans le cadre des prestations écologiques requises (PER), l'utilisation d'insecticides homologués dans les cultures de céréales et de pommes de terre en Suisse requiert des autorisations spéciales lorsque les produits sont considérés comme peu respectueux des auxiliaires. Pour évaluer l'effet de cette directive PER, une variante de référence appliquant la directive a été comparée à d'autres variantes avec insecticides. L'impact sur la durabilité a également été évalué, à l'aide de la méthode SustainOS. Celle-ci prend en compte non seulement la préservation des auxiliaires, mais aussi les risques écotoxicologiques et la rentabilité. Les résultats montrent que, pour lutter contre les criocères des céréales, une application unique d'**Audienz** (spinosad) améliorerait significativement la durabilité par rapport aux insecticides de référence (**Nomolt** [téflubenzuron] + **Biscaya** [thiaclopride]). Dans le cas du doryphore par contre, où **Audienz** est considéré comme la référence, aucune alternative n'a pu être trouvée pour améliorer la durabilité. L'étude montre également que les variantes utilisant **Novodor** (*Bacillus thuringiensis*) préservent certes les auxiliaires, mais impliquent un risque accru pour les récoltes et des coûts plus élevés. Par conséquent, on peut recommander de ne pas modifier la directive PER pour le doryphore et de l'adapter pour les criocères des céréales.

L'analyse du risque écologique pour les organismes vivant dans l'eau et le sol a été réalisée à l'aide du modèle «Synops» développé à l'Institut Julius-Kühn (Gutsche et Strassemeyer 2007). La simulation prend en compte les poissons, les invertébrés aquatiques, les plantes aquatiques, les algues et les vers de terre. Pour le calcul des risques, la toxicité (Toxicity) du principe actif pour ces groupes d'organismes est mise en relation avec sa concentration (Exposure). Cette méthode permet d'obtenir le rapport Exposure-Toxicity-Ratio (ETR) comme mesure du risque, sachant que: $ETR = Exposure / Toxicity$.

Pour l'analyse économique, un calcul des coûts complets a été effectué pour chaque variante de protection des plantes. Le calcul des coûts complets oppose les prestations, composées des recettes et des paiements directs, aux coûts de production totaux, eux-mêmes

Tableau 1 | Définition des variantes insecticides selon l'hypothèse que les seuils de tolérance sont dépassés pour les criocères des céréales et pour le doryphore et les pucerons dans les cultures de pommes de terre

Céréales							
Variante	Insecticide (nom commercial)	Quantité de principe actif (substance active g/ha)	Coûts de produits (CHF/ha)	Risque de récolte par rapport aux insecticides (variabilité)	Fongicides/ Herbicides/Régulateurs de croissance (nombre)	Mélanges de réservoir (nombre)	Total des passages (nombre)
A1	Biscaya*	58	33	+/- 5 %	2/ 1/ 1	1	4
B1	Nomolt et Audienz*	60 et 48	78 et 62	+/- 7 %	2/ 1/ 1	1	5
B2	Audienz*	48	62	+/- 7 %	2/ 1/ 1	1	4
C1 Référence	Nomolt et Biscaya*	60 et 58	78 et 33	+/- 5 %	2/ 1/ 1	1	4
Pommes de terre							
A1	Karate* et Biscaya*	8 et 48	18 et 33	+/- 15 %	13/ 2/ 0	3	14
A2	Biscaya* (2x)	48 (2x)	33 (2x)	+/- 15 %	13/ 2/ 0	3	14
B1	Nomolt, Audienz et Plenum*	38, 24 et 150	49, 31 et 84	+/- 15 %	13/ 2/ 0	4	14
B2	Novodor, Audienz et Plenum*	120, 24 et 150	192, 31 et 84	+/- 15 %	13/ 2/ 0	4	14
B3	Novodor (2x) et Plenum*	120 (2x) et 150	192 (2x) et 84	+/- 20 %	13/ 2/ 0	4	14
C1 Référence (D ≠ P)	Audienz et Plenum*	24 et 150	31 et 84	+/- 15 %	13/ 2/ 0	3	14
C2 (D + P)	Audienz et Biscaya*	24 et 48	31 et 33	+/- 15 %	13/ 2/ 0	3	14

*Insecticides nécessitant une autorisation spéciale selon la règle PER de 2012.

(D ≠ P): Les doryphores ne sont pas présents en même temps que les pucerons.

(D + P): Les doryphores sont présents en même temps que les pucerons.

Insecticides: dans les céréales: contre les criocères des céréales; insecticides dans les pommes de terre: contre le doryphore et les pucerons

Nom commercial (principe actif/ catégorie) des insecticides: **Audienz** (spinosad/ spinosyne); **Biscaya** (thiaclopride/ néonicotinoïde); **Karate** (lambda-cyhalothrine/ pyrèthriné); **Nomolt** (téflubenzuron/ inhibiteur de mue); **Novodor** (*Bacillus thuringiensis*/ bioinsecticide); **Plenum** (pymétrozine/ pyridine-azométhrine).

Pour les maladies fongiques et les adventices, l'hypothèse est celle d'une pression moyenne.

Nombre de fongicides / herbicides/ régulateurs de croissance dans les céréales: 2/ 1 / 1 avec pour les fongicides (principes actifs): **Amistar Xtra** (azoxystrobine, cyproconazole) et **Input** (spiroxamine, prothioconazole); nombre de fongicides / herbicides dans les pommes de terre: 13/ 2 de la totalité pour les fongicides 5x **Mancozeb** (= 4,5 x dose complète); pour toutes les variantes de protection des plantes d'une culture, on a choisi le même plan de traitement pour les fongicides.

Les prix se réfèrent aux produits phytosanitaires pour les cultures en plein champ, moyenne 2009–2011, sans rabais (Brenner et Hochstrasser 2011).

composés des coûts spécifiques et des coûts de structure, afin de déterminer les bénéfices ou les pertes. Si par exemple, le seuil de rentabilité est juste atteint, cela signifie que les coûts de production totaux sont couverts, y compris le salaire horaire pris comme hypothèse, soit CHF 28.–/h (Gazzarin 2011). De même, un revenu du travail calculé supérieur à CHF 28.–/h, signifie qu'un bénéfice a été réalisé. Les coûts totaux de protection des plantes comprennent outre le coût des produits, le coût du travail, des machines et des bâtiments (Gazzarin 2011), ce qui explique que le nombre des passages influe considérablement sur le niveau des coûts.

Evaluation de l'impact sur la durabilité

La figure 1c-e présente l'arbre d'évaluation tel qu'il a été utilisé dans cette étude. Les attributs ont été sélectionnés selon la méthode SustainOS et classés par ordre hiérarchique. Les attributs de base (en gris) se réfèrent aux résultats des analyses quantitatives. Seul l'attribut de base «risque de récolte» repose sur une estimation du groupe d'experts. Dans notre étude, aucune analyse de cycle de vie n'a été effectuée car les variantes se différencient peu les unes des autres en termes d'énergie et

de consommation des ressources. Les attributs écologiques sont représentés du côté gauche de l'arbre d'évaluation (en bleu) et les attributs économiques du côté droit (en rouge). Tous les attributs de l'arbre d'évaluation ont été pondérés de la même manière, à l'exception du risque chronique (pondération de 67 %) et du risque aigu (pondération de 33 %). Le risque chronique s'est vu accorder plus de poids, car dans la pratique des cultures de céréales et de pommes de terre, les concentrations élevées nécessaires pour obtenir des effets aigus sont plus rares que les concentrations généralement basses liées aux risques chroniques potentiels.

Pour intégrer les résultats quantitatifs des analyses dans les attributs de base évalués, cinq catégories d'évaluation ont été définies par rapport à la variante de référence (VR): 1 = bien plus mauvaise que VR; 2 = plus mauvaise que VR; 3 = semblable à VR; 4 = meilleure que VR; 5 = bien meilleure que VR.

Comme les résultats de l'analyse de préservation des auxiliaires et des risques écologiques étaient disponibles pour cinq catégories d'évaluation, il allait de soi de les attribuer aux catégories relatives de durabilité. Les attributs de base de la durabilité économique (coûts de pro-

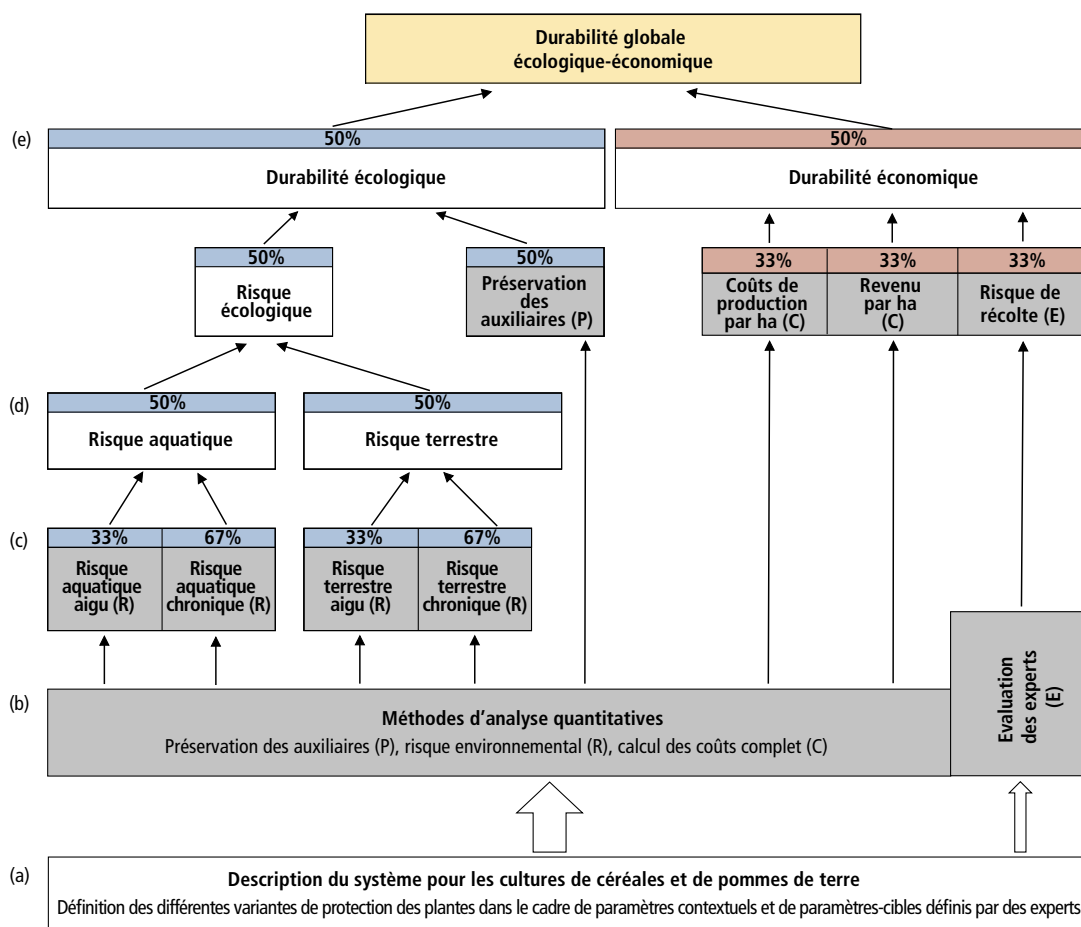


Figure 1 | Illustre les différentes étapes de l'évaluation de l'impact sur la durabilité, telle qu'appliquée aux céréales et aux pommes de terre par le groupe d'experts de cette étude.

duction par ha, revenu par ha et risque de récolte) ont été attribués aux catégories de durabilité 1 à 5 en raison de leur effet sur le salaire horaire. Pour les catégories d'évaluation 2 et 4, la limite à partir de laquelle la différence par rapport au salaire horaire était considérée comme significative a été fixée à $\pm 5\%$ par le groupe d'experts. Pour les catégories d'évaluation 1 et 5, la limite a été fixée à $\pm 20\%$ par rapport à VR. Lorsque le salaire horaire s'écartait moins de $\pm 5\%$ par rapport à la variante de référence, il était attribué à la catégorie d'évaluation 3 (comme la VR). Comme le salaire horaire calculé de la variante de référence est de CHF 25.– pour les céréales et de CHF 39.– pour les pommes de terre, voici comment se répartit l'évaluation de la durabilité par culture:

Céréales: limites pour la catégorie 4 et 5 (4 meilleure et 5 bien meilleure que VR), lorsque les coûts sont de CHF 66.– resp. 266.– /ha inférieurs par rapport à VR; limites pour la catégorie 2 et 1 (2 mauvaise, 1 bien plus mauvaise que VR), lorsque les coûts sont de CHF 67.– resp. 266.– /ha plus élevés que VR. Coûts totaux de production de VR: CHF 5596.– /ha

Pommes de terre: limites pour la catégorie 4 et 5, lorsque les coûts sont de CHF 163.– resp. 968.– /ha inférieurs par rapport à VR; limites pour la catégorie 2 et 1, lorsque les coûts sont de CHF 240.– resp. 1024.– /ha plus élevés que la référence. Coûts totaux de production de VR: CHF 17483.– /ha

Résultats pour les céréales

La variante de référence – pour laquelle on a d'abord employé l'inhibiteur de mue **Nomolt** contre les criocères des céréales, puis après obtention d'une autorisation spéciale le néonicotinoïde **Biscaya** – représente selon les experts la situation correspondant aux règles PER en 2012. L'analyse de la référence montre que **Nomolt** n'agit parfois pas de manière fiable contre les larves des criocères des céréales du fait de sa période d'action limitée et que **Biscaya** obtient certes de très bons résultats, mais nuit gravement aux auxiliaires. La durabilité globale écologique et économique de cette variante de référence est dépassée par deux des trois variantes alternatives. La figure 2a montre qu'il s'agit des variantes B2 (**Audienz**) et A1 (**Biscaya**), qui obtiennent des évaluations de durabi-

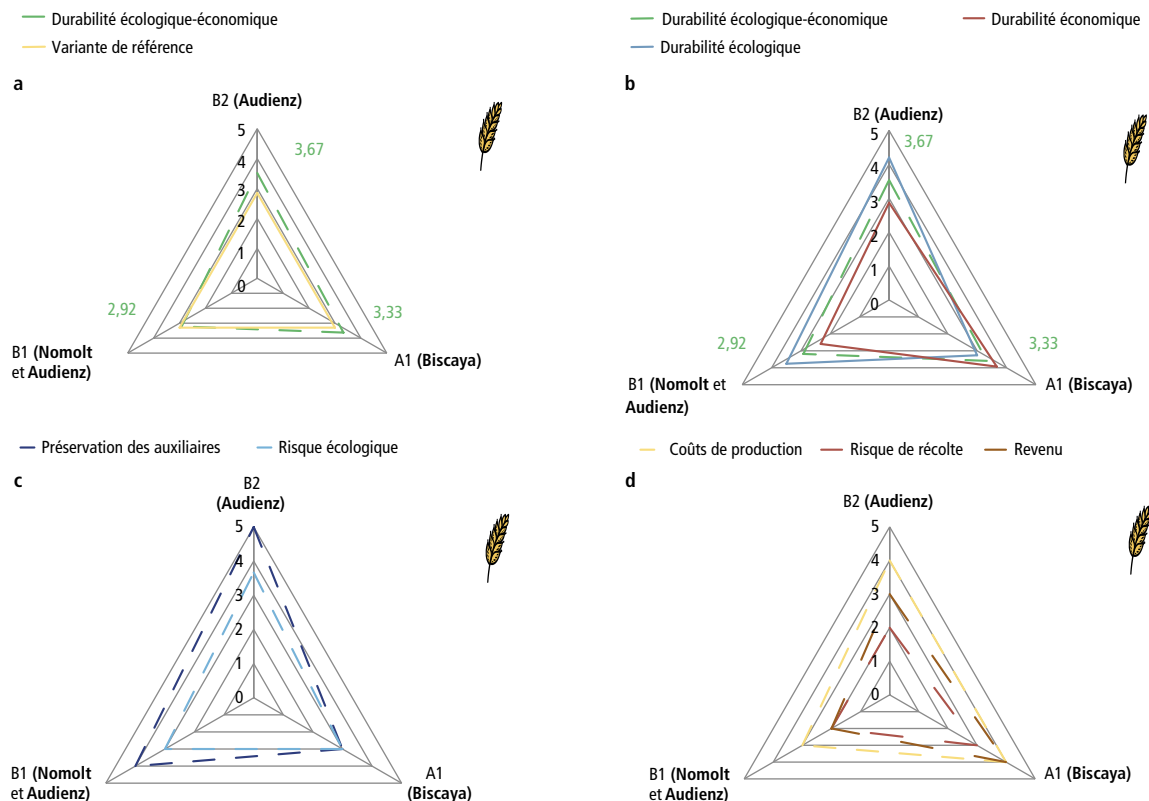


Figure 2 | Résultats de l'évaluation de l'impact sur la durabilité des insecticides utilisés contre les criocères des céréales.

lité globale nettement supérieures à 3,0. La durabilité globale de la variante B1 (Nomolt et Audienz) est légèrement moins bonne que celle de la variante de référence. Les figures 2b-d permettent de suivre les résultats de la durabilité globale par rapport aux niveaux des attributs secondaires. Il est intéressant de voir que les deux meilleures variantes obtiennent un meilleur classement de durabilité globale que la variante de référence, ce, pour des raisons très différentes. La variante B2 (Audienz) a un net avantage par rapport à la variante de référence pour la durabilité écologique où elle obtient une note de 4,33 (fig. 2b). Ceci s'explique par une préservation nettement meilleure des auxiliaires (5,0) et un meilleur facteur de risque écologique (3,67) (fig. 2c). En ce qui concerne les attributs économiques, la variante B2 (Audienz) a toutefois des avantages et des inconvénients par rapport à la variante de référence. Tandis que le risque de récolte est plus élevé et par conséquent les quantités de récolte prévues plus faibles (fig. 2d), les coûts de production sont plus bas, car elle économise un passage (CHF 77.-/ha pour la machine et la main-d'œuvre) et les coûts de Nomolt (CHF 78.-/ha). Comme cet avantage de coûts arrive tout juste à compenser les recettes plus basses (quantités de récolte inférieures), le revenu obtenu ne se distingue pas de manière significative de la variante de référence.

Dans la variante A1, qui par rapport à la référence, renonce à l'emploi de Nomolt et applique une fois Biscaya, le risque de récolte ne s'accroît pas grâce à l'efficacité très élevée de Biscaya, ce qui veut dire que la quantité de récolte attendue est la même que dans la variante de référence. Par conséquent, l'avantage en termes de coûts (pas de Nomolt et un passage en moins) se traduit par une amélioration du revenu en conséquence (fig. 2d).

Résultats pour les pommes de terre

La variante de référence qui représente la pratique actuelle dans le respect des règles PER en 2012, prévoit un traitement avec Audienz contre le doryphore (aucune autorisation spéciale nécessaire) et un traitement contre les pucerons avec Plenum (autorisation spéciale exigée) à supposer que les deux ravageurs aient dépassé le seuil de tolérance. La durabilité globale écologique-économique de la variante de référence n'est dépassée par aucune des six variantes alternatives. Parmi les variantes alternatives, la variante B2, dans laquelle contrairement à la variante de référence une application supplémentaire du bioinsecticide (*Bacillus thuringiensis*) a lieu avant l'emploi d'Audienz, est celle qui atteint la meilleure rentabilité globale, avec 3,0, soit presque aussi

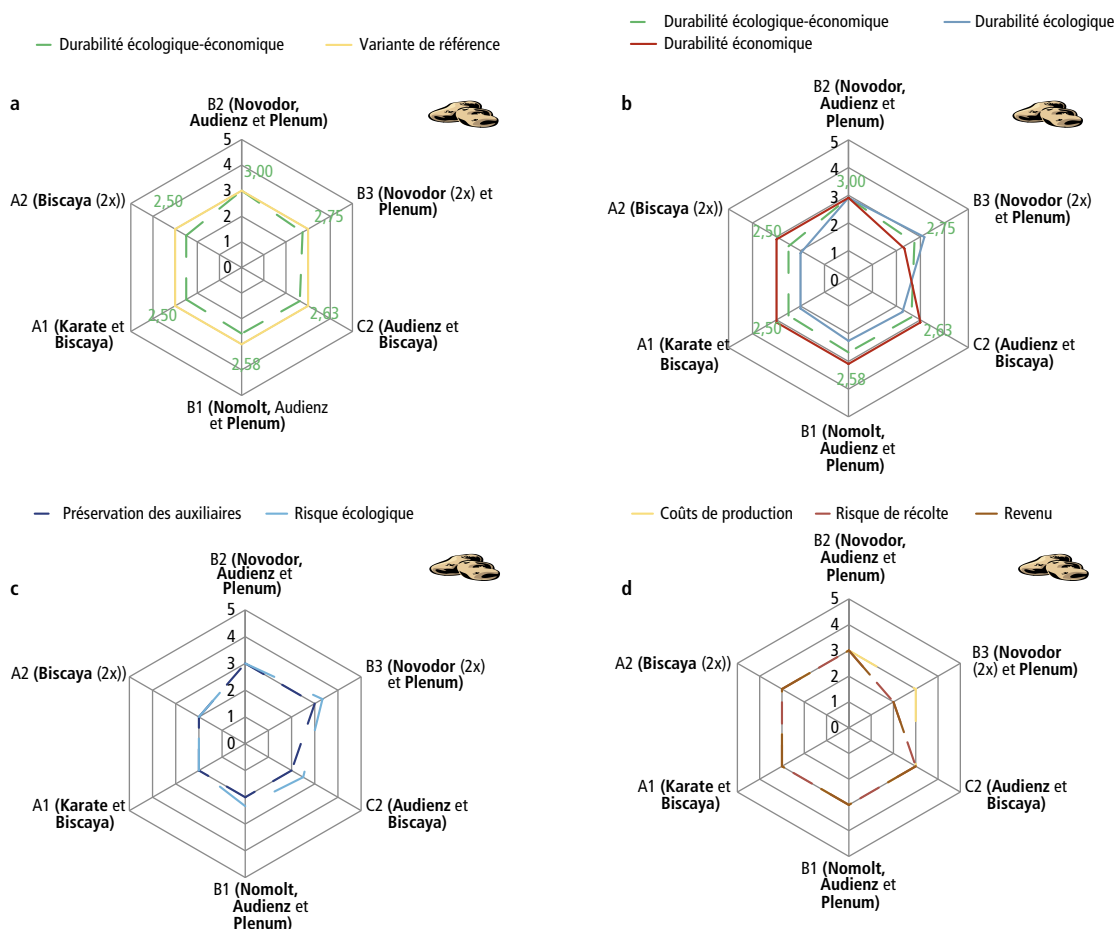


Figure 3 | Résultats de l'évaluation de l'impact sur la durabilité des insecticides utilisés contre le doryphore et les pucerons.

bien que la référence (fig. 3a). Les figures 3b-c montrent que la variante B2 ne se distingue pas non plus de manière significative de la variante de référence pour tous les attributs secondaires, puisqu'elle obtient partout la note de 3,0. Cela peut paraître étonnant au vu des coûts de production, parce que B2 comprend un traitement supplémentaire à base de **Novodor** par rapport à la référence. C'est pourquoi toutes les variantes comprennent un total de 14 passages. Effectivement, cela entraîne des coûts supplémentaires de CHF 192.-/ha, ce qui se traduit par une baisse de moins de 5 % du salaire horaire. On ne comptabilise aucun coût supplémentaire pour les machines et la main-d'œuvre, car 14 passages par hectare et par an ont été définis à la base pour la variante de référence et les variantes alternatives. Comme ces passages sont essentiellement dus à l'épandage de fongicides (tabl. 1), des insecticides supplémentaires peuvent être ajoutés dans le réservoir et épandus simultanément.

La variante B3 (deux fois **Novodor** et **Plenum**), qui contrairement à la variante de référence applique deux fois **Novodor** contre le doryphore au lieu d'une fois

Audienz, obtient 2,75 comme note de durabilité globale (fig. 3a), bien que la double application de **Novodor** lui apporte des avantages par rapport à la référence en ce qui concerne le risque écologique (3,33) et qu'elle obtienne un résultat semblable à celui de la variante de référence pour la préservation des auxiliaires (fig. 3c). Les avantages écologiques vont toutefois de pair avec des coûts supplémentaires de CHF 353.-/ha. Cette variante n'apportant aucun atout en termes de risque de récolte, son revenu est également plus bas que celui de la variante de référence. Globalement, les inconvénients économiques priment sur les avantages écologiques dans la variante B3 par rapport à la variante de référence (fig. 3b).

Les quatre autres alternatives (C2, B1, A1, A2) affichent toutes le même profil. Aucune ne se distingue de manière significative de la variante de référence en termes de rentabilité alors qu'elles affichent des inconvénients évidents en termes de durabilité écologique (fig. 3b, 3c).

Les variantes étudiées emploient l'insecticide **Plenum** (pyméthroline) contre les pucerons dans les pommes de terre. Il est également possible d'utiliser **Teppeki** (flo-

nicamide). **Plenum** comme **Teppeki** peuvent être considérés comme des produits neutres sans effets secondaires sur les auxiliaires (cf. article correspondant dans ce numéro, Breitenmoser et Baur 2013).

Discussion

Cette étude a montré que lorsque le seuil de tolérance était dépassé, aussi bien pour les criocères des céréales que pour le doryphore, **Audienz** préserve davantage les auxiliaires que **Biscaya**, ce qui veut dire qu'**Audienz** satisfait mieux l'objectif de la règle PER. Si, outre l'effet sur les auxiliaires, d'autres attributs autant écologiques qu'économiques, **Audienz** montre encore une durabilité globale plus élevée que **Biscaya**. Actuellement, l'utilisation d'**Audienz** ne nécessite pas d'autorisation spéciale dans les cultures de pommes de terre dans le cadre des PER. L'idée serait donc d'ajouter les surfaces de céréales aux surfaces d'application autorisées. Le risque de résistances contre **Audienz** s'en trouverait-il accru? Le groupe d'experts de l'étude est d'avis qu'aussi longtemps que le pourcentage de surface «Extensio» (stricte interdiction des herbicides et des fongicides) reste d'environ 50 % et plus dans les céréales et que la fréquence des traitements insecticides dans les cultures céréalières reste faible en moyenne, le risque que des résistances se développent devrait être minime. Il ne faut pas oublier non plus que lorsque la pression des criocères des céréales est faible, un traitement de **Nomolt** devrait suffire. Dans les pommes de terre, où la tolérance aux dommages est très faible, en pratique, presque personne ne se fierait seulement à **Nomolt** ou **Novodor**. La toxicité des produits pour les abeilles n'a pas été évaluée de manière explicite comme attribut de durabilité, car selon les experts, les abeilles ne sont pas présentes en grand nombre, ni dans les céréales, ni dans les pommes de terre. Il reste néanmoins un risque lorsque l'offre de fleurs est pauvre dans la région et que parallèlement, les abeilles sont attirées dans les céréales ou dans les pommes de terre par le miélat produit par les pucerons.

Pendant les études, on a constaté que les données relatives à l'effet des insecticides sur les auxiliaires ne s'appuyaient souvent pas assez sur des relevés actuels de terrain. Par ailleurs, on ne peut pas exclure que les fongicides eux-mêmes, surtout en cas d'applications répétées sur la même parcelle et durant la même année, comme c'est le cas pour les pommes de terre, aient un impact très négatif sur les auxiliaires. Là non plus, on ne dispose pratiquement d'aucune donnée de terrain. Comme à partir de 2014, la protection intégrée des plantes sera introduite sur l'ensemble du territoire de tous les pays de l'UE, les données de terrain sur la protec-

tion des auxiliaires susciteront davantage d'intérêt – chez les utilisateurs comme chez les fabricants de produits phytosanitaires.

Conclusions

Dans l'hypothèse d'un dépassement des seuils de tolérance pour les criocères des céréales et le doryphore, l'évaluation de l'impact des insecticides sur la durabilité a permis d'étudier différentes variantes de protection des plantes adaptées à la pratique. On a constaté qu'il s'agissait essentiellement de comparer les deux insecticides **Audienz** (spinosad/ spinosyne) et **Biscaya** (thiaclopride/néonicotinoïde). A partir de cette étude, les recommandations suivantes peuvent être établies pour les règles PER:

- Parmi les insecticides étudiés, on pourrait désormais également autoriser l'application d'**Audienz** (spinosad) contre les criocères des céréales, sans exigence d'autorisation spéciale dans le cadre de l'Ordonnance sur les paiements directs pour les PER. Par contre, l'emploi de **Biscaya** devrait continuer à nécessiter une autorisation spéciale, car cet insecticide préserve nettement moins les auxiliaires. Le net avantage d'**Audienz** en ce qui concerne la préservation des auxiliaires par rapport à **Biscaya** s'accompagne toutefois de quelques inconvénients économiques. Tous les attributs étudiés confondus, **Audienz** n'en affiche pas moins la meilleure durabilité. L'autorisation d'**Audienz** dans les céréales simplifierait également l'application de la législation en cas de forte pression des ravageurs, car un produit efficace serait alors disponible sans autorisation spéciale.
- Concernant la lutte contre le doryphore, l'étude a confirmé qu'**Audienz** pouvait continuer à être utilisé sans autorisation spéciale et qu'il préserve nettement mieux les auxiliaires dans cette culture que **Biscaya**. Contre les pucerons dans les pommes de terre de consommation, on pourrait désormais autoriser l'emploi des deux insecticides **Plenum** et **Teppeki** sans autorisation spéciale, car ils ne nuisent pas davantage aux auxiliaires dans l'ensemble du système, pas plus qu'ils n'augmentent les risques écologiques. ■

Remerciement

Nous remercions l'Office fédéral de l'agriculture OFAG de nous avoir confié le mandat et financé le projet «Evaluation de la durabilité des autorisations spéciales pour les insecticides utilisés contre le doryphore et les criocères des céréales». Nous tenons également à remercier tous les membres du groupe d'experts.

Informations supplémentaires

Sur Internet, il est possible de consulter les descriptions détaillées et les résultats des plans de traitement, de l'analyse de préservation des auxiliaires, du risque écologique (Synops) et du calcul des coûts complets ainsi que le nom des membres du groupe d'experts: <http://www.agroscope.admin.ch/> → Recherche avancée/ Critère de recherche: Mouron; Secteur: Publications

Riassunto

Valutazione della sostenibilità di insetticidi nella coltivazione di cereali e patate in Svizzera

Nel quadro della prova che le esigenze ecologiche sono rispettate (PER), in Svizzera, per la coltivazione di patate e di cereali, occorrono autorizzazioni speciali per quegli insetticidi che non rispettano gli organismi utili. Per verificare l'efficacia di questa condizione PER, è stata confrontata una variante di riferimento, che rappresenta le attuali condizioni PER, con altre varianti di insetticidi. A tale scopo è stata effettuata una valutazione della sostenibilità secondo il metodo SustainOS che, oltre alla salvaguardia degli organismi utili, presta attenzione anche ai rischi ecotossicologici e agli aspetti economici. I risultati mostrano che, contro la criocera del frumento, l'impiego unico di **Audienz** (Spinosad) migliorerebbe in modo significativo la sostenibilità rispetto alla variante di riferimento (**Nomolt** [Teflubenzuron] più **Biscaya** [Thiacloprid]). Nel caso della dorifora della patata, invece, in cui è preso come riferimento **Audienz**, non è stata trovata alcuna alternativa che potrebbe presentare una migliore sostenibilità. Inoltre lo studio mostra che le varianti con **Novodor** (*Bacillus thuringiensis*) pur conservando bene gli organismi utili, presentano un notevole rischio correlato al raccolto e costi elevati. Di conseguenza si raccomanda il mantenimento delle condizioni PER riguardanti la dorifora della patata e l'adeguamento di quelle per la criocera del frumento.

Bibliographie

- Breitenmoser S. & Baur R., 2013. Influence des insecticides sur les auxiliaires dans les céréales et pommes de terre. *Recherche Agronomique Suisse* 4 (9), 376–383.
- Brenner H. & Hochstrasser M., 2011. Pflanzenschutzmittel im Feldbau. Datenblätter Ackerbau, Agridea, Lindau.
- Gazzarin Ch., 2011. Coûts-machines 2011. Rapport ART 747, Station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Ettenhausen.
- Gutsche V. & Strassemeyer J., 2007: SYNOPSIS – ein Modell zur Bewertung des Umwelt-Risikopotentials von chemischen Pflanzenschutzmitteln. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* 59 (9), 197–210.
- Mouron P., Aubert U., Heijne B., Naef A., Strassemeyer J., Hayer F., Gaillard G., Mack G., Hernandez J., Avilla J., Solé J., Sauphanor B., Alaphilippe A., Patocchi A., Samietz J., Höhn H., Bravin E., Lavigne C., Bohanec M.

Summary

Sustainability assessment of insecticides in Swiss grain and potato production

As part of the Proof of Ecological Performance (PEP), Switzerland requires special permits to be obtained for the use in cereals and potato production of authorised insecticides which have a potential to impact beneficial arthropods. In order to test the impact of this PEP requirement, a reference variant illustrating the current PEP requirements was compared with other insecticide variants. For this purpose, a sustainability assessment taking account of ecotoxicological risks and economic viability in addition preservation of beneficials was performed according to the «SustainOS» methodology. The results show that the one-off use of **Audienz** (spinosad) against cereal-leaf beetle would significantly improve sustainability vis-à-vis the reference (**Nomolt** [teflubenzuron] plus **Biscaya** [thiacloprid]). In the case of Colorado beetle, however, where **Audienz** is considered the reference, no alternative which would exhibit better sustainability could be found. Furthermore, the study shows that variants with **Novodor** (*Bacillus thuringiensis*) are friendly to beneficials, but pose an increased risk to yield and incur higher costs. Consequently, it can be recommended that the PEP requirements with respect to Colorado beetle be retained and adapted for cereal-leaf beetle.

Key words: sustainable agriculture, plant protection strategies, wheat, potato, full cost calculation, ecological risk assessment (Synops).

- & Bigler F., 2012. A Multi-attribute Decision Method for Assessing the Overall Sustainability of Crop Protection Strategies: A Case Study Based on Apple Production in Europe. In: Marta-Costa A. A., Silva E. (Eds.), *Methods and Procedures for Building Sustainable Farming Systems*, Springer, 123–137.
- Mouron P., Heijne B., Naef A., Strassemeyer J., Hayer F., Avilla J., Alaphilippe A., Höhn H., Hernandez J., Gaillard G., Mack G., Solé J., Sauphanor B., Samietz J., Patocchi A., Bravin E., Lavigne C., Bohanec M., Aubert U. & Bigler F., 2012. Sustainability assessment of crop protection systems: SustainOS methodology and its application for apple orchards. *Agricultural Systems* 113, 1–15.
- Naef A., Mouron P. & Höhn H., 2011. Production de pommes: évaluation de la durabilité de stratégies phytosanitaires. *Recherche Agronomique Suisse* 2 (7+8), 334–341.



Agrarforschung Schweiz / Recherche Agronomique Suisse AFOS-RAS

Zusätzliches Material zu

Mouron P., Calabrese C., Breitenmoser St., Spycher S. & Baur R., 2013.

Nachhaltigkeitsbewertung von Insektiziden im Getreide- und Kartoffelanbau der Schweiz.

Agrarforschung Schweiz 4 (9): 368-375.

Nachhaltigkeitsbewertung von Insektiziden im Getreide- und Kartoffelanbau der Schweiz

Patrik Mouron¹, Chiara Calabrese¹, Stève Breitenmoser², Simon Spycher³, Robert Baur³

Auskünfte: Patrik Mouron, E-Mail: patrik.mouron@agroscope.admin.ch

¹ Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Tänikon 1, 8356 Ettenhausen, Schweiz

² Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW, Route de Duillier 50, Postfach 1012, 1260 Nyon 1, Schweiz

³ Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW, Schloss 1, Postfach, 8820 Wädenswil, Schweiz

Expertengruppe		
	Person	Organisation
1	Frei Christoph	Landwirt, Weizen und Kartoffeln; Plattform Ackerbau
2	Häberli Hansjakob	Landwirt, Weizen; LOBAG, Präsident Pflanzenbaukommission
3	van der Veer Simon	Landwirt; Kartoffel; Lehrer am Inforama Zollikofen
4	Vonlanthen Irene	Kartoffel, VSKP, Vertretung für Ruedi Fischer
5	Gygax Michel	Kt. BE, Fachstelle Pflanzenschutz
6	Hochstrasser Markus	Kt. ZH, Fachstelle Pflanzenschutz
7	Emmenegger Joseph	Kt. FR, Fachstelle Pflanzenschutz
8	Mouron Patrik	Agroscope ART (Projektleiter; Nachhaltigkeitsbewertung)
9	Calabrese Chiara	Agroscope ART (Wiss. Projektmitarbeiterin; Vollkostenanalyse)
10	Spycher Simon	Agroscope ACW (Synops-Analyse)
11	Baur Robert	Agroscope ACW (Analyse Nützlingsschonung)
12	Breitenmoser Stève	Agroscope ACW (Analyse Nützlingsschonung)
13	Nyffenegger Laurent	BLW, FB Öko- und Ethoprogramme
14	Cerutti Fabio	BLW, FB Pflanzenschutzmittel
15	de Loriol Arnaud	BLW, FB Pflanzliche Produkte



Resultate der Analyse des ökologisches Risikos: Synops-Modell

Tabelle 0.1. Vergleichende Risikobewertung für aquatische Organismen für die in der Systembeschreibung definierten 5 Varianten für Getreide bzw. die 7 Varianten für Kartoffeln

Kultur	Variante	akute aquatische ETR	Kategorie	Ausschlaggebender Wirkstoff	chronische aquatische ETR	Kategorie
Getreide	A1	0.012	3	<i>Thiacloprid</i>	0.116	4
	B1	0.024	3	<i>Teflubenzuron</i>	0.722	4
	B2	0.0007	1	<i>Spinosad</i>	0.053	3
	C1 (RV)	0.024	3	<i>Teflubenzuron</i>	0.700	4
Kartoffeln	A1	0.57	4	<i>lambda-Cyhalotrin</i>	0.323	4
	A2	0.0155	3	<i>Thiacloprid</i>	0.144	4
	B1	0.014	3	<i>Teflubenzuron</i>	0.401	4
	B2	0.0003	1	<i>Spinosad</i>	0.019	3
	B3	<0.0001	1	<i>Pymetrozine</i>	0.002	2
	C1 (RV)	0.0003	1	<i>Spinosad</i>	0.019	3
	C2	0.0093	2	<i>Thiacloprid</i>	0.096	3

Legende:

ETR	< 0.001	0.001 – 0.01	0.01 – 0.1	0.1 – 1	>1
Kategorie	1	2	3	4	5
Bezeichnung	tief	leicht	mittel	erhöht	hoch

ETR: Exposure Toxicity Ratio = Exposure / Toxicity

Tabelle 0.2. Vergleichende Risikobewertung für Regenwürmer für die in der Systembeschreibung definierten Varianten für Getreide und Kartoffeln

Kultur	Variante	akute aquatische ETR	Kategorie	chronische aquatische ETR	Kategorie	Ausschlaggebender Wirkstoff (Chronische ETR)
Getreide	A1	0.0003	1	0.475	4	<i>Thiacloprid</i>
	B1	0.0001	1	0.015	3	<i>Spinosad</i>
	B2	<0.0001	1	0.013	3	<i>Spinosad</i>
	C1 (RV)	0.0003	1	0.436	4	<i>Thiacloprid</i>
Kartoffeln	A1	0.0003	1	0.459	4	<i>Thiacloprid</i>
	A2	0.0005	1	0.697	4	<i>Thiacloprid</i>
	B1	<0.0001	1	0.022	3	<i>Spinosad</i>
	B2	<0.0001	1	0.022	3	<i>Spinosad</i>
	B3	<0.0001	1	0.021	3	<i>Pymetrozine</i>
	C1 (RV)	<0.0001	1	0.022	3	<i>Spinosad</i>
	C2	0.0003	1	0.426	4	<i>Thiacloprid</i>

Legende:

ETR	< 0.001	0.001 – 0.01	0.01 – 0.1	0.1 – 1	>1
Kategorie	1	2	3	4	5
Bezeichnung	tief	leicht	mittel	erhöht	hoch

ETR: Exposure Toxicity Ratio = Exposure / Toxicity



Schema der Vollkostenberechnung

Die Kosten spielen eine wichtige Rolle für die Bewertung der Nachhaltigkeit eines Systems. Die Vollkostenanalyse hat zum Ziel, die entstandenen Kosten einer PS-Variante zu berechnen. Gleichzeitig kann die Wirtschaftlichkeit des Prozesses kontrolliert und eine Erfolgsbewertung ermöglicht werden. Die Berechnung erfolgt nach folgenden Formeln jeweils für 1 Hektare:

Produktionskosten = Direktkosten + Strukturkosten

Direktkosten =

- + Kosten der Pflanzenschutzmittel (Mittelwert von 2009/11)
- + Düngungskosten (Mittelwert von 2009/11)
- + Saatgutkosten
- + andere Direktkosten

Strukturkosten =

- + Arbeitskosten (28.- Fr./h)
- + Maschinenkosten (inkl. Abschreibung)
- + Gebäudekosten
- + Zinskosten (3.0% bis 3.75%)
- + Bodenzins (729 CHF)
- + andere Strukturkosten

Total Leistungen (Fr./ha) = (Verkaufte Menge * Preis) + Direktzahlungen

Verkaufte Menge = Erntemenge * Erntesicherheit (%)

Kalkulierter Gewinn/Verlust pro ha = Total Leistung - Produktionskosten

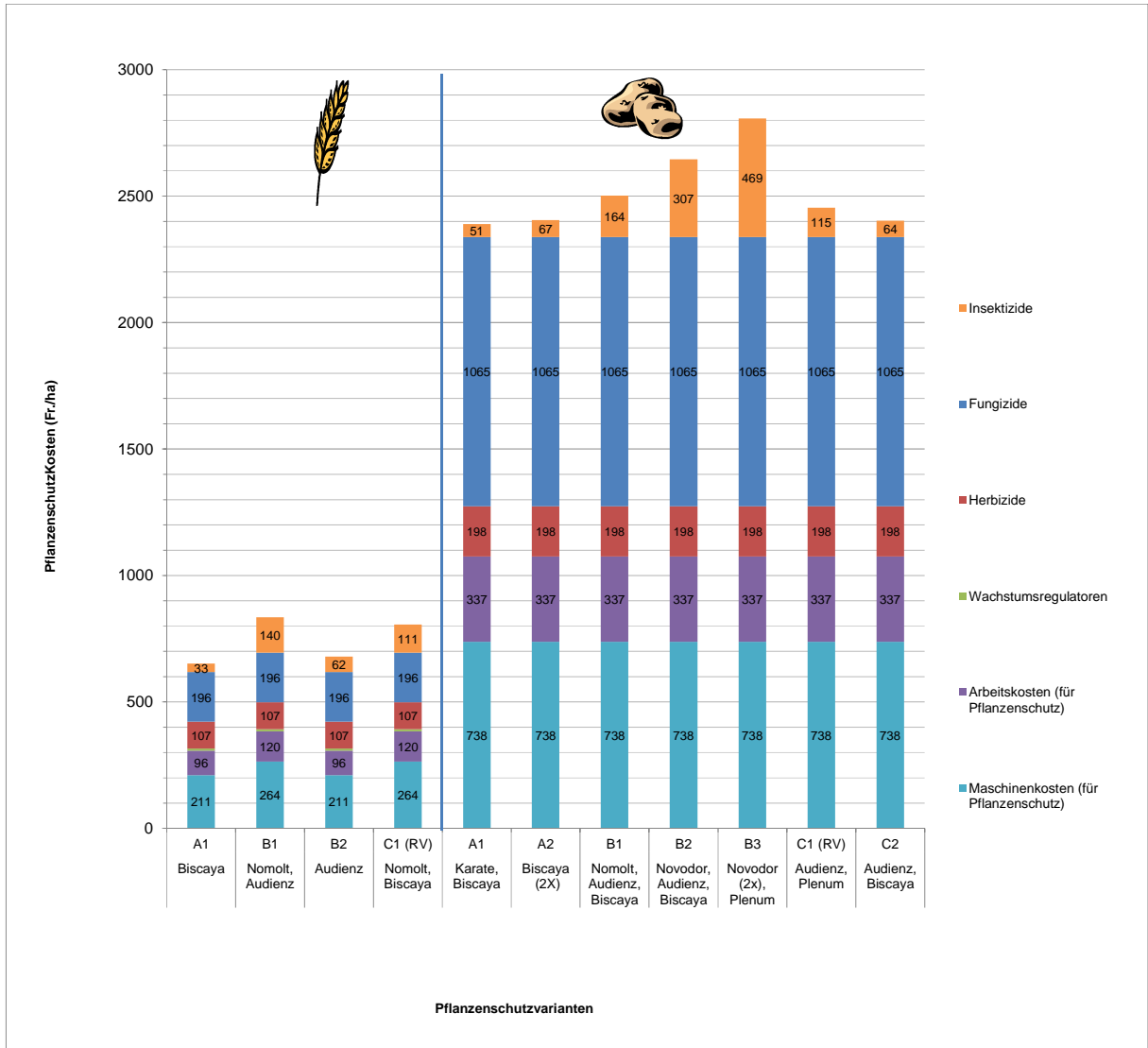
Arbeitseinkommen interne AK (Fr./ha) = Arbeitskosten + Gewinn resp. Verlust

Stundenlohn interne AK = $\frac{\text{Arbeitseinkommen interne AK pro ha}}{\text{Arbeitsstunden pro ha}}$

Die Vollkostenrechnung stellt der betriebswirtschaftlichen Leistung, bestehend aus Erntemenge, Preis und Direktzahlungen, die gesamten Produktionskosten inklusive Lohnkosten von 28.- Fr./h (Gazzarin, 2011) gegenüber, um den Gewinn respektive den Verlust zu ermitteln. Ein Gewinn von 0.- Fr./ha bedeutet deshalb, dass die totalen Produktionskosten gedeckt sind, inklusive dem angenommenen Lohnanspruch von 28.- Fr./h. Analog bedeutet ein berechnetes Arbeitseinkommen von mehr 28.- Fr./h, dass ein Gewinn erwirtschaftet wurde.



Resultate der betriebswirtschaftlichen Analyse: Vollkostenrechnung






Überblick Varianten		Einheiten	Grundvarianten			
Winterweizen, 1ha			A1	B1	B2	C1
			Referenz			
Behandlungen						
Anzahl_Behandlungen_Insektizid	#		1.0	2.0	1.0	2.0
Anzahl_Behandlungen_Fungizid	#		2.0	2.0	2.0	2.0
Anzahl_Behandlungen_Herbizid	#		1.0	1.0	1.0	1.0
Anzahl_Behandlungen_Wachstumsregulatoren	#		1.0	1.0	1.0	1.0
Total Behandlungen	#		5.0	6.0	5.0	6.0
Anzahl Tank-Mischungen	#		1.0	1.0	1.0	1.0
Total Fahrten	#		4.0	5.0	4.0	5.0
Kosten PSM						
Kosten_Insektizid	Fr./ha		33	140	62	111
Anteil Insektizidkosten an PSM-Kosten			10%	31%	17%	26%
Anteil Insektizidkosten an PSM-Kosten			5%	17%	9%	14%
Anteil Insektizidkosten an totalen Produktionskosten			1%	2%	1%	2%
Kosten_Fungizid	Fr./ha		196	196	196	196
Kosten_Herbizid	Fr./ha		107	107	107	107
Kosten_Wachstumsregulatoren	Fr./ha		8	8	8	8
Total Kosten (PSM)	Fr./ha		344	450	372	422
Arbeitskosten PS	Fr./ha		96	120	96	120
Maschinenkosten PS	Fr./ha		211	264	211	264
Total Kosten (PS)	Fr./ha		651	834	680	806
Anteil der Totalkosten	%		11.8%	14.6%	12.2%	14.2%
Saatgut	Fr/ha		258	258	258	258
Dünger total	Fr/ha		328	328	328	328
Waaglohn, Hagelversicherung, Beiträge	Fr/ha		469	464	464	469
Total Direktkosten	Fr/ha		1398	1500	1422	1476
Total Arbeit Kosten	Fr/ha		907	931	907	931
Arbeit_Kosten ohne PS	Fr/ha		810	810	810	810
Total Maschinen Kosten	Fr/ha		1645	1698	1645	1698
Maschinen_Kosten ohne PS	Fr/ha		1434	1434	1434	1434
Gebäudekosten (ohne Unterbringung Maschinen)	Fr/ha		75	75	75	75
Zinskosten	Fr/ha		33	35	34	34
Bodenzins	Fr/ha		729	729	729	729
Andere Strukturkosten	Fr/ha		739	739	739	739
Total Strukturkosten	Fr/ha		4127	4205	4127	4205
Produktionskosten						
Produktionskosten per kg	Fr./kg		0.73	0.77	0.75	0.75
Produktionskosten per ha	Fr./ha		5525	5705	5549	5681
Leistung						
Leistung per kg (mit DZ)	Fr./kg		0.78	0.79	0.79	0.78
Leistung per ha	Fr./ha		5962	5879	5879	5962
Erwarteter Ertrag gemäss Erntesicherheit	dt/ha		76.00	74.40	74.40	76.00
Erntesicherheit	%		95%	93%	93%	95%
Gewinn; Verlust pro kg	Fr./kg		0.06	0.02	0.04	0.04
Kalkulierter Gewinn; Verlust pro ha	Fr./ha		437	174	330	281
Arbeitsproduktivität	Leistung pro Akh		184	177	182	179
Arbeitsstunden	h/ha		32	33	32	33
Kalkulierter Arbeitslohn interne AK pro ha	Fr./ha		1343	1104	1236	1211
Kalkulierter Stundenlohn interne AK	Fr./h		41.5	33.2	38.2	36.4
Leistung per kg (ohne DZ)	Fr./kg		0.56	0.56	0.56	0.56
Preis für Speisewaren	Fr./dt		52			
Preis für Abgang (Stroh)	Fr./dt		11			

PSM: Pflanzenschutzmittel; PS = Pflanzenschutz



Überblick Varianten		Einheiten		Grundvariante						
Speisekartoffel, 1ha				A1	A2	B1	B2	B3	C1	C2
				Referenz						
Behandlungen										
Anzahl_Behandlungen_Insektizid	#	2	2	3	3	3	2	2		
Anzahl_Behandlungen_Fungizid	#	13	13	13	13	13	13	13		
Anzahl_Behandlungen_Herbizid	#	2	2	2	2	2	2	2		
Total Behandlungen	#	17	17	18	18	18	17	17		
Anzahl Tank-Mischungen	#	3	3	4	4	4	3	3		
Anzahl Fahrten	#	14	14	14	14	14	14	14		
Kosten PSM										
Kosten_Insektizid	Fr./ha	51	67	164	307	469	115	64		
Anteil Insektizidkosten an PSM-Kosten		4%	5%	11%	20%	27%	8%	5%		
Anteil Insektizidkosten an PS-Kosten		2%	3%	7%	12%	17%	5%	3%		
Anteil Insektizidkosten an totalen Produktionskosten		0.3%	0.4%	0.9%	1.7%	2.6%	0.6%	0.4%		
Kosten_Fungizid	Fr./ha	1065	1065	1065	1065	1065	1065	1065		
Kosten_Herbizid	Fr./ha	198	198	198	198	198	198	198		
Total Kosten (PSM)	Fr./ha	1314	1330	1427	1570	1731	1378	1327		
Arbeitskosten PS	Fr./ha	337	337	337	337	337	337	337		
Maschinenkosten PS	Fr./ha	738	738	738	738	738	738	738		
Total Kosten (PS)	Fr./ha	2390	2405	2503	2646	2807	2454	2403		
Anteil des Totalkosten	%	13.5%	13.6%	14.0%	14.7%	15.5%	13.8%	13.6%		
Saatgut	Fr./ha	3280	3280	3280	3280	3280	3280	3280		
Dünger total	Fr./ha	788	788	788	788	788	788	788		
Waaglohn, Hagelversicherung, Beiträge	Fr./ha	977	977	977	977	928	977	977		
Total Direktkosten	Fr./ha	6360	6375	6473	6616	6728	6424	6373		
Total Arbeit Kosten	Fr./ha	5634	5634	5634	5634	5634	5634	5634		
Arbeit_Kosten ohne PS	Fr./ha	5297	5297	5297	5297	5297	5297	5297		
Total Maschinen Kosten	Fr./ha	4544	4544	4544	4544	4544	4544	4544		
Maschinen_Kosten ohne PS	Fr./ha	3805	3805	3805	3805	3805	3805	3805		
Gebäudekosten (ohne Unterbringung Maschinen)	Fr./ha	75	75	75	75	75	75	75		
Zinskosten	Fr./ha	95	96	97	99	101	96	96		
Bodenzins	Fr./ha	729	729	729	729	729	729	729		
Andere Strukturkosten	Fr./ha	261	261	261	261	261	261	261		
Total Strukturkosten	Fr./ha	11338	11339	11340	11342	11344	11339	11338		
Produktionskosten										
Produktionskosten per kg	Fr./kg	0.391	0.391	0.393	0.396	0.420	0.392	0.391		
Produktionskosten per ha	Fr./ha	17698	17714	17813	17958	18072	17763	17711		
Leistung										
Leistung per kg (ohne DZ)	Fr./kg	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34		
Leistung per ha	Fr./ha	16918	16918	16918	16918	16156	16918	16918		
Erwarteter Ertrag gemäss Erntesicherheit	dt/ha	453	453	453	453	430	453	453		
Erntesicherheit	%	0%	0%	0%	0%	5%	0%	0%		
Gewinn; Verlust pro kg	Fr./kg	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.04	-0.02	-0.02		
Kalkulierter Gewinn; Verlust pro ha	Fr./ha	-780	-796	-895	-1040	-1916	-845	-793		
Arbeitsproduktivität	Leistung pro Akh	84	84	84	84	80	84	84		
Arbeitsstunden	h/ha	201	201	201	201	201	201	201		
Kalkulierter Arbeitslohn interne AK pro ha	Fr./ha	4854	4838	4739	4594	3718	4789	4841		
Kalkulierter Stundenlohn interne AK	Fr./h	24.1	24.0	23.6	22.8	18.5	23.8	24.1		
Preis für Speisewaren	Fr./dt	42.68								
Preis für Erleseabgang	Fr./dt	6.50								

PSM: Pflanzenschutzmittel; PS = Pflanzenschutz



Resultate der Analyse der Nützl意思sschonung

Resultate der Analyse der Nützl意思sschonung sind in einem separaten Artikel in dieser Ausgabe der Agrarforschung beschrieben in:

Breitenmoser, St., Baur, R., 2013. Einfluss von Pflanzenschutzstrategien auf Nützl意思ge im Ackerbau. *Agrarforschung Schweiz* 4 (9), 376-383.

Auskünfte: Stève Breitenmoser, steve.breitenmoser@agroscope.admin.ch