

Contributions de la recherche à l'intensification écologique pour une production végétale durable

Lukas Bertschinger¹, Robert Baur¹, Christoph Carlen², Jürg Frey¹, Bernard Jeangros³, Willy Kessler⁴, Olivier Viret³ et Jean-Philippe Mayor³

¹Agroscope, Institut des sciences en production végétale IPV, 8820 Wädenswil, Suisse

²Agroscope, Institut des sciences en production végétale IPV, 1964 Conthey, Suisse

³Agroscope, Institut des sciences en production végétale IPV, 1260 Nyon, Suisse

⁴Agroscope, Institut des sciences en durabilité agronomique IDU, 8046 Zurich Reckenholz, Suisse

Renseignements: Lukas Bertschinger, e-mail: lukas.bertschinger@agroscope.admin.ch



Visite d'essai: des contacts étroits avec la pratique sont indispensables pour développer des mélanges tréfle-graminée assurant une production fourragère performante et une rotation saine. (Photo: Andreas Lüscher, Agroscope)

Introduction

L'évolution des conditions économiques et climatiques ainsi que les exigences de la population représentent un défi de taille pour la production végétale suisse. Ce défi est-il aussi une chance?

Par le passé, Agroscope, centre de compétences de la Confédération pour la recherche et le développement agricole, a déjà joué un rôle de pionnier dans la conception de solutions pour une agriculture et une filière alimentaire compétitives et respectueuses de l'environnement. Des variétés de plantes cultivées et

des méthodes culturales ont été développées et proposées, qui permettaient de rentabiliser la production végétale tout en préservant l'environnement. Ces travaux ont largement contribué au développement de la production intégrée et à l'amélioration des méthodes de culture biologique (cf. p. ex. Baur et Gut 2000; Nemecek *et al.* 2011; Steiner 1977; Steffek *et al.* 2003; Viret 2014). Les innovations d'Agroscope permettent de poursuivre le développement des variétés de plantes cultivées et d'améliorer les méthodes et les systèmes de culture de façon à les adapter aux nouveaux enjeux.

Ces dernières années, les enjeux se sont déplacés dans la production végétale en Suisse. D'un côté, la collectivité exige plus que jamais des denrées alimentaires recourant le moins possible à des matières auxiliaires. D'un autre côté, l'agriculture doit être hautement productive. Du fait de l'augmentation croissante de la population et de l'urbanisation continue, l'agriculture doit également produire plus, alors qu'elle a moins de surfaces à sa disposition. La surface utilisée pour les grandes cultures a diminué de 25 % entre 1985 et 2009. Celle consacrée aux cultures fruitières, à la vigne et à l'horticulture a même diminué de 30 %. Durant cette période, 20 700 ha de terres assolées ont disparu, 44 % ont été sacrifiés pour de nouvelles agglomérations et 56 % ont été transformés en cultures spéciales, prairies permanentes ou pâturages attenants à la ferme (OFS 2015). Étonnamment toutefois, la valeur totale de la production réalisée sur les surfaces cultivées est restée largement constante. Mais à présent, la production végétale doit relever un nouveau défi: augmenter sensiblement la valeur de sa production, car la demande en denrées alimentaires augmente sans cesse. L'enjeu consiste à produire le plus possible en Suisse en évitant les pertes, dans un contexte où les surfaces à disposition se raréfient.

Nouvelles priorités

Si l'on parlait déjà de la nécessité d'une intensification écologique il y a 20–25 ans, il est question désormais de la renforcer: il s'agit d'accroître la valeur de la production agricole malgré la raréfaction des réserves foncières et en minimisant les impacts environnementaux négatifs. L'augmentation des prestations écosystémiques de la production primaire doit se faire de manière compétitive et durable. La formulation des différents enjeux varie (Cassmann 1999; Ritter 2015; Tottonell 2013), mais les faits et les enjeux proprement dits sont fondamentalement les mêmes.

Dans ce contexte, l'efficacité des ressources qui se raréfient (surfaces cultivées, éléments nutritifs, eau, etc.) doit être considérablement améliorée. Sur ce plan, augmenter le potentiel de rendement des plantes cultivées et l'exploiter constituent une approche décisive (Bommarco *et al.* 2012). Toutefois, il faut veiller à ne pas mettre en péril les acquis écologiques des dernières années (Agroscope 2013).

Agroscope traite cette thématique dans le cadre de 24 champs d'activité. L'intensification écologique est un pilier de la stratégie 2014–17 d'Agroscope (Agroscope 2013). Cet article donne un aperçu des solutions recherchées. >

Résumé ■ Dans le cadre de son programme d'activité 2014–17, Agroscope souhaite répondre par des solutions concrètes aux grands défis auxquels la production végétale suisse est confrontée. La compétitivité des cultures et un environnement sain sont prioritaires. La croissance démographique et la raréfaction des réserves foncières exigent une intensification écologique; c'est-à-dire, davantage de rendement et de qualité par unité de ressources investie tout en évitant les impacts indésirables sur l'environnement. Une prise en compte accrue des principes écologiques et l'utilisation de nouvelles technologies doivent contribuer à atteindre cet objectif. Afin de proposer des solutions pratiques aux agriculteurs à partir des données toujours plus complexes et précises fournies par la recherche, l'échange de connaissances entre recherche et pratique doit être intensif et continu et l'approche des problèmes de plus en plus globale.

Solutions pour la production végétale

Dans le contexte esquissé précédemment et en tenant compte du changement climatique et de la mobilité grandissante de la population (globalisation), la production végétale doit faire face à un défi de plus en plus grand: la menace en constante évolution que représentent les ravageurs, les maladies, mais aussi les nouvelles plantes envahissantes. Pour intensifier la production, il est important d'encourager des mécanismes de régulation naturels et de développer des procédés alternatifs, qui ont moins d'impact sur l'environnement. Au vu de la raréfaction des éléments nutritifs disponibles pour les plantes, des formes de fertilisation alternatives doivent être trouvées pour les cultures, ainsi que des cycles des éléments nutritifs localement aussi fermés que possible. Les pertes d'éléments nutritifs et de matières auxiliaires doivent être minimisées, et le potentiel de rendement des cultures accru. Enfin, la différence entre le potentiel de rendement et le rendement réel doit être réduite. Si les variétés de plantes cultivées, les mélanges de variétés et les méthodes culturales apportent des réponses à ces défis dans les conditions spécifiques à la Suisse, alors elles contribueront à la compétitivité, à la biodiversité et par conséquent à la résilience et à la durabilité de la production végétale suisse dans son ensemble (Lüscher *et al.* 2014).

La suite de l'article présente les travaux d'Agroscope, en cours et en projet, regroupés en trois domaines. Ces derniers se caractérisent également par une vision qui pourrait se concrétiser d'ici 15–20 ans. Des solutions plus concrètes, devant se réaliser d'ici 2017, sont également présentées pour répondre aux problèmes principaux.

Sélection, étude variétale, certification, ressources génétiques

Vision

L'agriculture suisse dispose de variétés de plantes cultivées, de clones de vigne et de mélanges de plantes fourragères permettant de répondre aux exigences des marchés, d'augmenter les rendements et la qualité des denrées alimentaires, de faire face aux bio-agresseurs, d'économiser des ressources et de limiter l'utilisation des intrants. Les ressources génétiques de plantes cultivées sont caractérisées, conservées, disponibles et contribuent au maintien et au développement de la biodiversité végétale.

Solutions aux principaux problèmes

- De nouvelles **variétés de blé et de soja** résistantes, peu exigeantes en intrants et adaptées à des systèmes de production durables (PER, extenso, bio) sont sélection-

nées et représentent une part importante des variétés recommandées par l'interprofession pour la culture en Suisse. Une partie de ces variétés est également cultivée à l'étranger.

- **Pour les principales espèces de trèfles et de graminées**, de nouvelles **variétés** sont sélectionnées. Celles-ci occupent les premières places sur la Liste des variétés recommandées de plantes fourragères et représentent 50 % ou plus des parts de marché en Suisse. Au moins une variété par espèce est reconnue comme variété «sélectionnée de manière biologique».
- Grâce à l'emploi des méthodes les plus modernes, la **sélection de pommes, de poires et d'abricots** propose surtout des variétés résistantes et robustes dont l'importance est significative pour la production et le marché. Ces variétés sont introduites sur le marché par un partenaire d'Agroscope et permettent une production compétitive de fruits sains dans le respect des ressources et de l'environnement.
- De nouveaux **cépages de vigne** résistants aux maladies fongiques, dotés d'une aire d'adaptation étendue et produisant des vins de haute qualité sont sélectionnés et permettent une diversification des types de vins produits en Suisse. Des nouveaux clones des cépages autochtones et traditionnels adaptés aux conditions climatiques et répondant aux attentes du marché sont homologués pour la filière de certification suisse.
- Les travaux de sélection des **plantes aromatiques et médicinales** aboutissent à des variétés homogènes avec un haut potentiel de valeur ajoutée pour les entreprises suisses, très résistantes et bien adaptées à la culture dans les régions de montagne suisses.
- Les performances des nouvelles **variétés suisses et étrangères de grandes cultures et de plantes fourragères** sont évaluées dans des réseaux d'expérimentation couvrant les différentes situations pédoclimatiques en Suisse. Ces évaluations permettent d'actualiser régulièrement les listes de variétés recommandées pour la culture en Suisse.
- La **certification des semences** aide la branche des semences à approvisionner le marché en semences saines, aptes à germer et correspondant à la variété déclarée. Elle assure ainsi à la pratique de pouvoir disposer des progrès génétiques et garantir la traçabilité exigée par les programmes avec label.
- Une partie des 10 000 accessions (variétés locales, lignées, cultivars récents ou anciens) de la **banque de gènes** est mise en culture annuellement pour permettre leur description et le renouvellement des ressources phylogénétiques. Un effort particulier est porté sur les variétés de légumes, de blé, d'orge et d'épeautre.

- La **conservation et l'assainissement des ressources phytogénétiques de pommes de terre et de baies** fournissent du matériel de multiplication sain et certifié, grâce à l'utilisation des méthodes modernes de la biotechnologie végétale (culture *in vitro* et autres).

Méthodes culturelles novatrices

Vision

Des méthodes culturelles permettant une utilisation toujours plus efficace des ressources qui se raréfient (sol, engrais, eau, énergie, travail, capital, etc.) sont mises à disposition de la production végétale suisse. Les coûts de production peuvent être réduits grâce à de nouveaux systèmes de culture, ce qui permet d'améliorer la compétitivité de la production végétale suisse. Des méthodes culturelles novatrices stimulent la biodiversité et renforcent la résilience des systèmes de culture. Elles contribuent à une sécurité alimentaire durable sans pour autant mettre en péril les acquis écologiques et sociaux de l'agriculture et de la filière alimentaire.

Solutions aux principaux problèmes

- Il existe des **mélanges de trèfles-graminées** de première qualité qui fournissent du très bon fourrage. Grâce à une utilisation ciblée de la biodiversité fonctionnelle, notamment de la fixation symbiotique de l'azote, ils se caractérisent également par une utilisation très efficace des ressources et une valeur d'assolement élevée.
- Pour les **grandes cultures**, de nouvelles méthodes de production sont proposées. Ces dernières adoptent les principes de l'agriculture de conservation et permettent de résoudre les contraintes majeures liées au phénomène de faim d'azote et au désherbage chimique durant l'interculture.
- Les bases scientifiques permettant une gestion plus efficace des **éléments nutritifs** dans la production végétale suisse sont complétées.
- Un indice de **nutrition phosphatée** tenant compte de la culture et du type de sol est proposé et de nouvelles sources de phosphore renouvelables sont valorisées.
- La teneur en protéines des **céréales panifiables** est maîtrisée, sans intensification de la fumure azotée, grâce à une cartographie des facteurs limitants, une meilleure connaissance de l'adaptation des variétés à ces contraintes et le recours à la télédétection, via un système d'avertissement.
- Des méthodes novatrices de gestion des **cultures fruitières**, telles que les méthodes d'éclaircissage non chimiques, rentables et pratiques, contribuent à une production de qualité.

- Des recommandations portant sur les stratégies d'irrigation et les systèmes de distribution d'eau permettent d'optimiser le rendement, la qualité et la consommation d'eau **en arboriculture et en viticulture**. Des recommandations sur les indicateurs de sécheresse basés sur de nouvelles méthodes de mesures et une transmission des données adéquate (TIC) permettent de gérer l'irrigation en économisant les ressources.
- Les recommandations d'Agroscope en matière de prévention et de techniques culturelles réduisent les pertes de récolte dues aux maladies transmises par le sol dans **les cultures maraîchères de plein champ, les cultures maraîchères sous serre ainsi que dans les cultures de petits fruits**. Les maladies transmises par le sol sont principalement causées par le champignon Chalara et la hernie des crucifères.
- De nouveaux procédés de production et de traitement post-récolte durables favorisant la qualité sont proposés aux diverses filières suisses, notamment pour **les baies et les plantes médicinales**.
- De nouvelles stratégies de production pour les **cultures sous serre et baies** permettant une réduction en eau et en intrants, ainsi qu'une amélioration de l'efficacité de la lumière, sont proposées aux serristes.
- Les pratiques **d'économies d'énergie en serre** (dés humidification thermodynamique, intégration de température, gestion des écrans) sont transférées et appliquées dans la pratique.

Protection phytosanitaire

Vision

Pour toutes les cultures, la protection phytosanitaire garantit la quantité et la qualité des rendements, condition nécessaire pour une production économiquement rentable. La protection phytosanitaires du futur se base sur les résultats et les méthodes de recherche les plus récents dans les domaines du diagnostic, de la biologie et de l'épidémiologie des organismes nuisibles. Des méthodes pratiques et modernes sont disponibles pour la prévision, le pronostic et le monitoring des organismes nuisibles, l'emploi des mécanismes de régulation naturels dans le cadre d'une protection phytosanitaire non-chimique et aussi pour une meilleure application des produits de traitement des plantes. De nouvelles méthodes sont proposées pour la production de semences et de plants sains et de haute qualité, qui apportent une plus-value en termes de production de qualité durable.

Solutions aux principaux problèmes

- Des informations et méthodes obtenues par l'étude des relations hôte-pathogène **en grandes cultures et en viticulture**, la recherche de produits naturels actifs, ➤

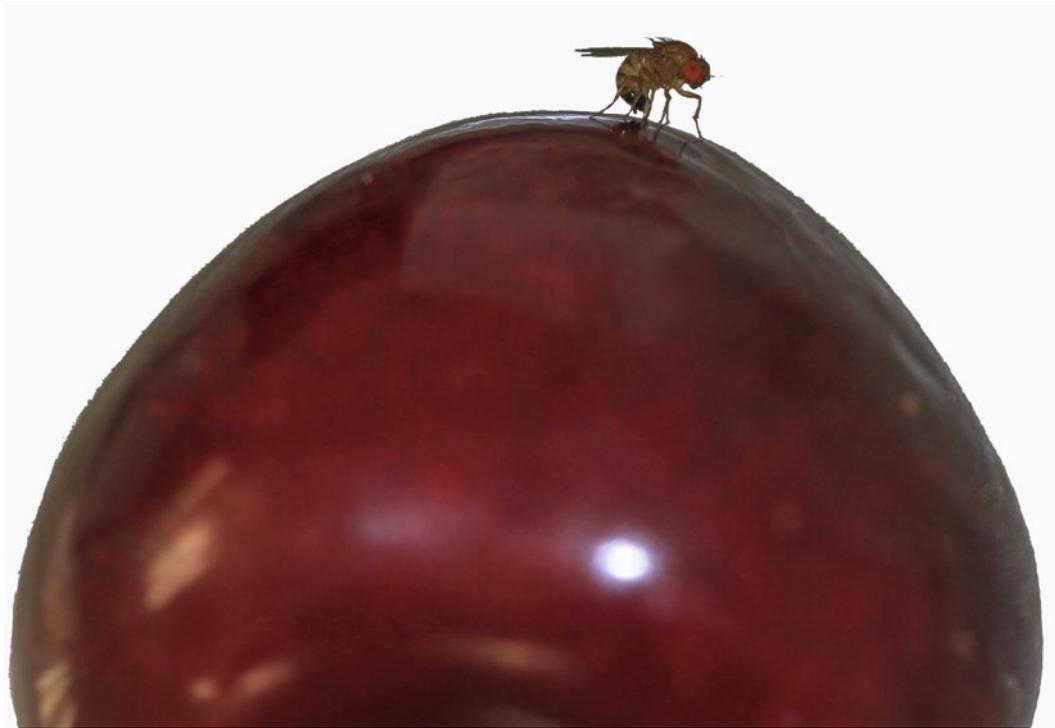


Figure 1 | En l'absence d'autres mesures efficaces et faisables, l'intensification écologique doit pouvoir s'appuyer sur des méthodes durables de protection des plantes faisant appel à un usage rationnel des produits phytosanitaires. Photo: drosophile du cerisier (*Drosophila suzukii*). (Photo: Stefan Kuske, Agroscope)

le suivi épidémiologique des pathogènes et la prévision des risques assurent une application ciblée des produits phytosanitaires. Le diagnostic des pathogènes et le soutien à la production de matériel de base pour la certification constituent le pilier d'une agriculture durable.

- La lutte contre les ravageurs **en grandes cultures et en viticulture** se base sur des informations et méthodes d'évaluation des risques et de nuisibilité des nouveaux ravageurs et sur l'actualisation des seuils de tolérance.
- La lutte contre les **mauvaises herbes**, les plantes invasives et les néophytes en grande culture s'oriente vers des stratégies intégrant les engrais verts et leurs propriétés allélopathiques, afin de minimiser ou même d'éviter l'utilisation des herbicides en agriculture.
- Un suivi national de la **résistance des adventices** aux herbicides permet d'élaborer des recommandations pour la gestion des adventices.
- Pour lutter contre le souchet comestible dans les **grandes cultures et les cultures maraîchères**, des stratégies combinant de façon optimale des mesures chimiques et non chimiques et s'appliquant à l'échelle de l'exploitation peuvent être recommandées.
- Des procédés alternatifs de traitement et de conditionnement des semences de **grandes cultures et de cultures maraîchères** sont testés et recommandés afin de remplacer les désinfectants chimiques des semences comme mesure standard.
- Des informations sont mises à disposition de la vulgarisation et de la branche agricole pour **toutes les cultures principales** quant à la présence et au développement des principaux ravageurs et maladies, afin que des mesures phytosanitaires pratiques de protection des plantes puissent être appliquées à temps.
- Des stratégies phytosanitaires sont disponibles pour lutter contre *Drosophila suzukii*, un important ravageur des **cultures fruitières, des baies et de la vigne**. Elles sont basées sur les dernières connaissances et combinent une lutte préventive avec des mesures non-chimiques et l'emploi ciblé de produits phytosanitaires conformément au monitoring et aux prévisions.
- En arboriculture, des mesures peuvent être appliquées pour minimiser le risque environnemental et pour utiliser de manière ciblée les produits phytosanitaires chimiques en combinaison avec des mesures alternatives d'entretien des cultures, de façon à assurer une protection phytosanitaire efficace et rentable.

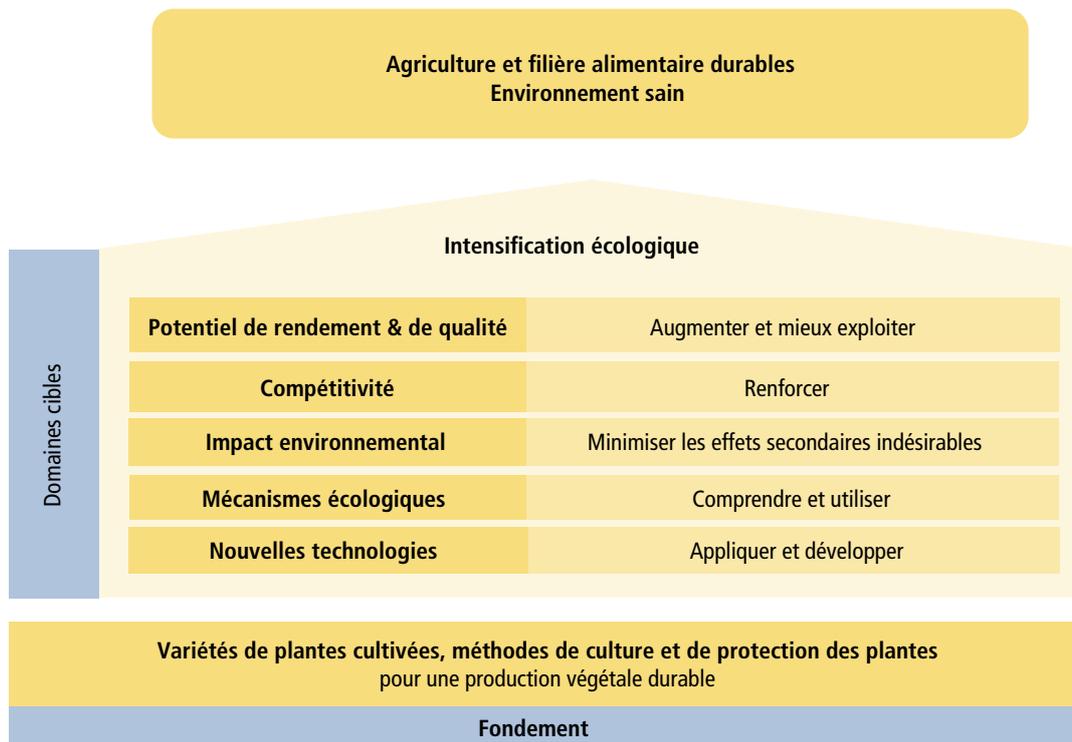


Figure 2 | Caractérisation de l'intensification écologique pour la production végétale suisse, programme d'activité Agroscope 2014–17.

- Pour lutter contre le feu bactérien dans les **cultures de fruits à noyaux**, il existe des stratégies éprouvées, basées sur des matières actives chimiques et biologiques, qui permettent, notamment lorsqu'elles sont employées avec des variétés robustes, de cultiver ces fruits sans employer d'antibiotiques.
- Pour lutter contre les principaux ravageurs, maladies et adventices problématiques des nombreuses **cultures de légumes de pleine terre**, des stratégies sont proposées afin d'assurer une protection phytosanitaire chimique respectueuse de l'environnement et garantissant la qualité et la sécurité des rendements.
- La **protection des végétaux au sud des Alpes** élabore une stratégie de gestion de la flavescence dorée de la vigne et un suivi des maladies et ravageurs récurrents et émergents liés à la situation géographique de cette région. Un système de dosage adapté aux surfaces foliaires pour les cultures maraîchères sous serre visant à réduire les intrants phytosanitaires est développé et la dynamique des populations de la chrysomèle des racines du maïs (*Diabotica virgifera*) est suivie.
- Des méthodes de diagnostic fiables sont proposées et des mesures préventives recommandées pour les **nématodes** dans toutes les cultures. Elles contribuent à la mise à disposition de plants de pommes de terre certifiés et à une production agricole de qualité pour d'autres cultures.
- Les **maladies à virus, à phytoplasmes et à bactéries** des plantes cultivées sont diagnostiquées par des méthodes moléculaires et sérologiques. Un suivi épidémiologique et la surveillance des maladies de quarantaine évitent la diffusion de problèmes phytosanitaires autrement insolubles. L'ancienne méthode ELISA est remplacée par une nouvelle méthode d'analyse des virus au service de la certification des plants de pomme de terre.
- La conservation et l'assainissement des ressources phytogénétiques de **pommes de terre et de baies** mettent à disposition du matériel de multiplication sain et certifié sur la base des méthodes modernes de la biotechnologie végétale (culture *in vitro* et autres), soutenant le «Plan d'action national pour la conservation des ressources phytogénétiques».
- Grâce aux **expertises** effectuées dans le cadre de la **procédure d'homologation** et portant sur l'efficacité des produits phytosanitaires, leur comportement dans l'environnement et la formation de résidus dans les récoltes, le risque pour l'homme et l'environnement peut être réduit.

- Le savoir d'experts sur la **technique d'application** des produits phytosanitaires est à disposition de la vulgarisation et des autorités. Il permet une réduction significative de la dérive de produits phytosanitaires, ce qui épargne largement les organismes non-cibles, évite la formation de résistances et réduit les résidus.
- Le développement des **indicateurs agro-environnementaux** «Utilisation de produits phytosanitaires» et «Risque pour les organismes aquatiques» montre dans quel sens va l'emploi des produits phytosanitaires dans l'agriculture et où il est encore nécessaire de faire des recherches pour minimiser leur utilisation.

Conclusions

Dans le cadre de 24 champs d'activité (Programme d'activité 2014–17), Agroscope élabore des solutions concrètes pour répondre aux défis de l'intensification écologique de la production végétale suisse. Ces solutions peuvent être attribuées à cinq domaines cibles (fig. 1). Les différents projets étudient et développent des **solutions** pour la pratique agricole, mais traitent également de questions et de problèmes pour le conseil politique et les tâches légales.

Les problématiques confiées à Agroscope par la pratique sont aussi exigeantes et complexes que les réalités dans lesquelles évoluent l'agriculture et la filière alimen-

taire. Dans une perspective plus large, le défi majeur est néanmoins simple: **produire plus avec moins** – ou plus précisément: les variétés de plantes cultivées ainsi que les méthodes de culture et de protection phytosanitaire doivent permettre de produire encore plus de denrées alimentaires de qualité, tout en minimisant les intrants et les pertes, en tenant davantage compte des mécanismes de régulation naturelle et en respectant au mieux l'environnement.

Bien souvent, les praticiens et les chercheurs doivent faire face à des contradictions dans leur travail, par exemple entre les objectifs de la production et ceux de l'environnement. Les résoudre constitue le plus grand défi créatif. La recherche doit promouvoir cet effort. **Mettre fin à ces contradictions** donne de nouvelles chances à la production végétale suisse.

Une intensification majeure des connaissances par unité de surface est nécessaire (Buckwell *et al.* 2014) ainsi qu'un **échange solide et continu des connaissances entre la pratique et la recherche**, afin de pouvoir relever les défis mentionnés. Pour pouvoir tirer parti des connaissances toujours plus approfondies obtenues grâce à des méthodes de mesures toujours plus précises et plus rapides, la recherche doit elle aussi favoriser une **approche de plus en plus globale**. ■

Riassunto

Contributi della ricerca di Agroscope verso l'intensificazione ecologica per una produzione vegetale svizzera sostenibile

Nell'ambito del suo programma d'attività 2014–17, Agroscope intende affrontare con soluzioni concrete le grandi sfide della produzione vegetale svizzera. La concorrenzialità produttiva e un ambiente sano sono gli obiettivi primari. La crescita demografica e la scarsità di superfici agricole di riserva esigono un'intensificazione ecologica, vale a dire un aumento della resa e della qualità per unità di risorse investita evitando nel contempo effetti indesiderati sull'ambiente. Un incremento dell'orientamento verso i principi ecologici e l'uso di nuove tecnologie devono contribuire al raggiungimento di questi obiettivi. Un intenso e continuo scambio di conoscenze tra pratica e ricerca e un approccio orientato verso una metodologia di lavoro più globale rappresentano una necessità affinché si possa proporre alla pratica soluzioni applicabili derivanti da dati di ricerca sempre più completi e precisi.

Bibliographie

- Agroscope. 2013. Planification stratégique 2014–17. Agroscope, Schwarzenburgstrasse 161 Liebefeld, 3003 Berne, 26 p.
- Baur R. & Gut D., 2000. Begrünungspflege und Biodiversität im Deutschschweizer Rebbau. *Agrarforschung* 7 (9), I–VIII.
- Bundesamt für Statistik, 2015. Die Bodennutzung in der Schweiz. Auswertungen und Analysen. Bearbeitet von David Altwegg und Sektion Geoinformation. ISBN 978-3-303-02125-5. 60 p.
- Bommarco R., Kleijn D. & Potts S. G., 2012. Ecological intensification: harnessing ecosystem services for food security. *Trends in Ecology and Evolution* 28 (4), 230–238.
- Cassmann K.G., 1999. Ecological intensification of cereal production systems: yield potential, soil quality, and precision agriculture. *Proc. Natl. Sci. U.S.A.* 96, 5952–5959.
- Buckwell A., Uhre A. N., Williams A., Polakova J., Blum W. E. H., Schoeger J., Lait G. J., Heissenhuber A., Schiessl P., Krämer C. & Haber W., 2014. The sustainable intensification of European Agriculture. A review sponsored by the RISE foundation. Center for European Policy Studies (CEPS). 96p. Accès: http://www.risefoundation.eu/images/pdf/si%202014_%20full%20report.pdf
- Lüscher A., Mueller-Harvey I., Soussana J. F., Rees R.M. & Peyraud J. L., 2014. Potential of legume-based grassland-livestock systems in Europe: a review. *Grass and Forage Science* 69, 206–228.

Summary

Contributions of Agroscope's research to ecological intensification for sustainable crop production in Switzerland

Agroscope's working programme 2014–17 aims at providing specific solutions for key challenges of Swiss crop production. The competitiveness of crop production and a healthy environment are overarching objectives. The critical context exacerbated by population growth and scarcity of land reserves requires ecological intensification: increasing yields and food quality per invested resource unit while avoiding undesirable side effects on the environment. This effort shall be supported by a strengthened guidance by ecological principles and the use of new technologies. An intensive and continuous knowledge exchange between practitioners and research representatives is needed in order to facilitate that feasible problem solutions evolve based on increasingly comprehensive and precise research data.

Key words: ecological intensification, research strategy, sustainability, breeding, variety testing, certification, genetic resources, resource efficiency, crop production, resilience, crop protection, problem solutions.

- Nemecek T., Dubois D., Huguenin-Elie O. & Gaillard G., 2011. Life cycle assessment of Swiss farming systems: I. Integrated and organic farming. *Agricultural Systems* 104/3, 217–232.
- Ritter M., 2015. Nachhaltige Intensivierung: Chance für die Schweizer Landwirtschaft? Referat anlässlich der 82. Delegiertenversammlung der Schweizer Gemüseproduzenten, 24 mai 2015, Arbon.
- Steffek R., Bylemans D., Nikolova G., Carlen C., Faby R., Daugaard H., Tirado L., Pommier J. J., Tuovinen T., Nyerges K., Manici L., Macnaeidhe F., Trandum N., Wander J., Evenhuis B., Labanowska B., Bielenin A., Svensson B., Fitzgerald J., & Blumel S., 2003. Status of integrated strawberry production practices within Europe in relation to IOBC standards. *Pflanzenschutzberichte* 61 (1), 29–39.
- Steiner H., 1977. Vers la production agricole intégrée par la lutte intégrée. *Bull.OILB/SROP* 1977/4, 153 pp.
- Tittonell Pablo. 2014. Ecological intensification of agriculture – sustainable by nature. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 2014, 8, 53–61.
- Viret O., 2014. Integrated grape production in Switzerland and its ecological impact in reducing pesticide use. *Integrated protection and production in Viticulture IOBC-WPRS Bulletin* 105, 1–9.