

# Systèmes agroforestiers novateurs – monitoring des opportunités et limites

Monika Kuster<sup>1</sup>, Felix Herzog<sup>1</sup>, Maik Rehnus<sup>2</sup> et Jean-Pierre Sorg<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, 8046 Zurich

<sup>2</sup>Sciences environnementales, EPF-Zurich

Renseignements: Felix Herzog, e-mail: felix.herzog@art.admin.ch, tél. +41 44 377 74 45



Les systèmes agroforestiers modernes peuvent être gérés de manière efficace. Il faut un monitoring à long terme pour évaluer leur rentabilité et leurs services environnementaux.

## Introduction

### Agroforesterie – tradition d’avenir

En Europe, depuis le XVII<sup>e</sup> siècle, les arbres hautes-tiges font partie intégrante du paysage agricole (Herzog 1998). En Suisse aussi, les vergers, les champs d’arbres fruitiers et les haies ont longtemps fait partie de l’image typique du paysage agricole. Cependant, depuis les années 1950, les arbres fruitiers hautes-tiges dispa-

raissent de plus en plus du paysage culturel suisse. De 1950 à 2000, près de 80 % des arbres fruitiers hautes-tiges ont été éliminés des surfaces agricoles (Walter et al. 2010). Ce recul n’a pas pu être enrayeré par les paiements directs écologiques introduits au début des années 1990. La promotion d’une agriculture novatrice est un aspect fondamental pour un petit pays comme la Suisse. Au bout du compte, les systèmes d’exploitation, qui combinent plantes boisées (arbres, arbustes) et grandes cultures et/ou systèmes herbagers dans le temps et dans

l'espace, aussi appelés systèmes agroforestiers, se caractérisent par une plus grande productivité, car ils utilisent les ressources comme la lumière, l'eau et les éléments nutritifs de manière plus efficace (Sereke 2012). La combinaison des arbres et des sous-cultures permet une diversification des revenus (Bender *et al.* 2009). Parallèlement, les arbres fruitiers hautes-tiges offrent un habitat à différentes espèces animales, notamment des oiseaux menacés comme le rouge-queue à front blanc ou la huppe fasciée (Kaeser *et al.* 2010, Walter *et al.* 2010). Le bois sert à emmagasiner le carbone et ces systèmes permettent de lutter contre l'érosion et les pertes d'éléments nutritifs (Briner *et al.* 2011, Käser *et al.* 2011). L'agroforesterie peut donc être considérée comme une chance pour l'agriculture et comme une contribution à l'intensification écologique qu'on attend d'elle aujourd'hui, intensification qui est censée accroître la productivité, sans augmenter la consommation ni la dégradation des ressources naturelles.

#### Monitoring des systèmes agroforestiers en Suisse

La station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon ART a pu montrer à l'aide de modèles que les systèmes agroforestiers étaient productifs et intéressants du point de vue économique à long terme (Sereke 2012). Pour valider de telles données et évaluer la productivité effective de systèmes agroforestiers sélectionnés, il faut néanmoins avoir recours à des données empiriques. C'est la seule façon de vérifier si le potentiel des systèmes agroforestiers peut véritablement se concrétiser ou si ce ne sont pas plutôt les inconvénients qui prévalent: exigences plus élevées par rapport à la technique d'exploitation, investissement et affectation des surfaces à long terme. Les données empiriques peuvent être obtenues soit à l'aide d'expériences, soit grâce au suivi scientifique de parcelles déjà en place dans des exploitations agricoles sous la forme d'un monitoring (Brix *et al.* 2009, Kaeser *et al.* 2011). Comme il n'existe pas d'essai de terrain en Suisse et que les informations sur la rentabilité et l'acceptation du système ne peuvent être relevées que dans les exploitations, un instrument de monitoring a été conçu spécialement pour les systèmes agroforestiers pratiqués sur des exploitations. Depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2012, le monitoring est en place sur les parcelles décrites ci-après.

#### Trois exemples de systèmes agroforestiers novateurs

Le monitoring porte en premier lieu sur des systèmes novateurs qui ont suscité peu d'intérêt scientifique jusqu'à présent. Les systèmes agroforestiers novateurs dont il est question sont des vergers, qui se caractérisent par la combinaison d'arbres et de grandes cultures (systèmes sylvo-arables) et/ou par l'intégration d'arbres

#### Résumé

Une intensification écologique est aujourd'hui attendue de l'agriculture. Les systèmes agroforestiers qui associent les plantes boisées aux grandes cultures et/ou aux herbages offrent des avantages à la fois écologiques et économiques. Ils se caractérisent par une productivité globalement plus élevée. Par ailleurs, on en attend une amélioration de la protection des ressources et une promotion de la biodiversité. Ces attentes se concrétisent-elles effectivement ou n'y a-t-il pas des inconvénients en contrepartie? L'exploitation n'est-elle pas plus difficile, l'affectation des surfaces n'est-elle pas figée à long terme? Seules des données empiriques permettent de répondre à ces questions. Un outil de monitoring a donc été développé à cet effet. Il comprend des indicateurs pour la productivité, les coûts de main-d'œuvre, la rentabilité, les stratégies de gestion, les facteurs environnementaux et la perception du système par les exploitants. Des premiers relevés ont été effectués sur les parcelles de trois exploitations agricoles et seront réitérés tous les ans à l'avenir. Ce programme de base (investissement minimum) se prête à des études approfondies complémentaires.



Figure 1 | Marquage de la parcelle A. (Photo: M. Kuster)

forestiers adaptés au site dans des champs ou des herbages. Leur mode d'exploitation se distingue de celui des systèmes agroforestiers traditionnels, comme les prés-vergers, les pâturages boisés et les châtaigneraies. Trois systèmes mis en place récemment ont été sélection-

nés pour le monitoring. Plusieurs critères ont joué un rôle dans le choix des parcelles: le caractère unique du système, l'engagement des agriculteurs à long terme ainsi que leur disposition à participer au programme.

#### Parcelle A

La parcelle A se trouve dans le canton de Bâle-Campagne dans une exploitation d'une superficie totale de 20 hectares. En mars 2011, 52 trembles (peuplier tremble, *Populus tremula*) ont été plantés sur une surface d'un hectare (fig. 1 et 2). La surface entre les rangées d'arbres (culture intercalaire) est pour le moment occupée par des herbages. Dans deux à trois ans, il est prévu de passer au maïs et au sorgho. Le bois des peupliers trembles doit être récolté dans 30 à 35 ans et fournir du bois énergétique.

Pour l'agriculteur, les aspects économiques et écologiques jouent un rôle important. C'est pourquoi il est devenu partenaire de l'association locale de protection des oiseaux. Une année après la plantation d'arbres dans la parcelle, l'agriculteur a déjà constaté une plus grande diversité des arthropodes dans les rangées d'arbres. Le montant des paiements directs écologiques a été négocié avec les autorités cantonales. Celles-ci soutiennent le projet à titre d'essai, car suite à la suppression croissante des cerisiers hautes-tiges traditionnels, le canton est à la recherche d'alternatives pour planter davantage d'arbres hautes-tiges dans les terres ouvertes.

#### Parcelle B

La parcelle B comprend 5,6 hectares et se situe dans le canton de Lucerne. L'exploitation agricole a une surface d'environ 50 hectares. En 2009, 545 pommiers (variétés



Figure 2 | Vue aérienne de la parcelle A. La prise de vue aérienne (SWISSIMAGE) montre, à l'intérieur de la parcelle agroforestière, l'ancien emplacement des cerisiers éliminés avant la plantation des peupliers.



**Figure 3** | Parcelle B dans le sens Nord-Est avec cultures intercalaires de fraises.  
(Photo: M. Kuster).

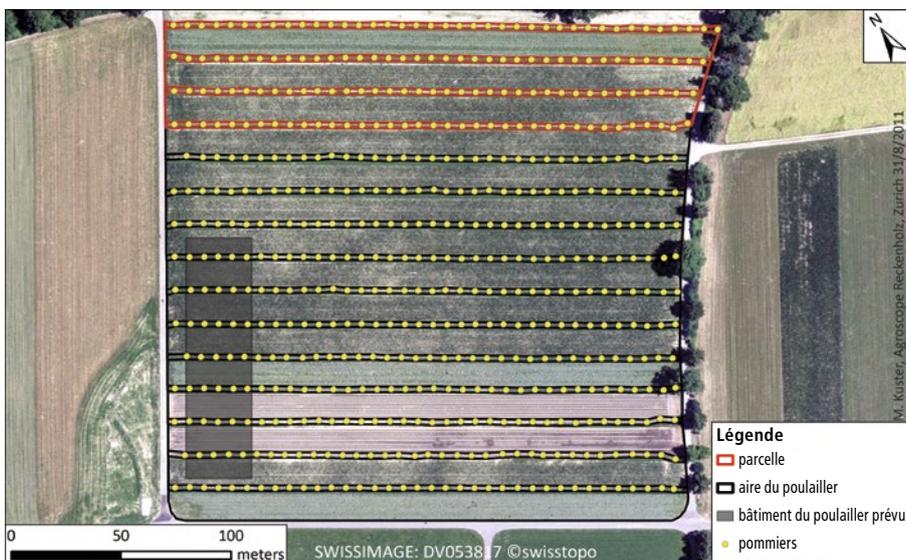
Boskoop et Spartan) ont été plantés sur la parcelle B (fig. 3 et 4). Les cultures intercalaires se composent de blé d'automne, de fraises et d'une jachère tournante. La construction d'un poulailler avec enclos en plein air est également en projet. Comme le poulailler risque d'avoir un impact important sur les données du monitoring, les quatre hectares concernés ont été exclus du monitoring. La surface agroforestière sur laquelle portent les observations (surface marquée en rouge dans la fig. 4) comprend donc 153 pommiers.

L'exploitant ayant dû abandonner environ 15 hectares de sa surface agricole utile, l'intensification de la surface agricole restante était l'objectif premier de la

plantation d'arbres dans la parcelle. Les pommes devraient être commercialisées comme fruits à cidre. L'intégration de la jachère florale permet de cumuler les paiements directs écologiques avec des primes pour la qualité écologique.

#### Parcelle C

La troisième parcelle se trouve dans le canton d'Argovie. Elle fait partie d'une exploitation *BioSuisse* d'une superficie totale de 16 hectares. La parcelle agroforestière sélectionnée, d'une surface de 2,4 hectares, compte un total de 80 arbres. Les pommiers (non greffés) et les cerisiers (variétés Morina, Coraline et Achat) ont été plantés



**Figure 4** | Vue aérienne de la parcelle B. Seule la surface qui ne jouxte pas le poulailler prévu (surface en grisé), a été intégrée dans le monitoring (surface entourée en rouge).



Figure 5 | Rangée de cerisiers sur la parcelle C. (Photo: M. Kuster)



Figure 6 | Cerisiers avec bande culturale extensive à titre de culture intercalaire. (Photo: M. Kuster)

en octobre 2009 et 2010. Dans les rangées d'arbres, des arbustes ont également été ajoutés, comme le cynorhodon, le cornouiller et l'argousier, dont les fruits servent à fabriquer un jus de baies sauvages. Les cultures intercalaires sont essentiellement constituées de légumes.

L'exploitant mise avant tout sur les prestations écologiques de sa parcelle agroforestière. Les risques d'érosion ont apporté une motivation supplémentaire à la plantation des arbres. Les rangées ont d'ailleurs été disposées pour lutter contre ce problème. Pour la mise en

place de la parcelle, l'agriculteur est devenu partenaire de l'association locale de protection de l'environnement et des oiseaux et de *BirdLife Switzerland*. Lui aussi cumule les paiements directs écologiques et les primes pour la qualité écologique. Il a conclu un contrat à long terme avec le canton.

#### Objectif et mise en place du monitoring

Le but premier du monitoring est d'observer les paramètres quantitatifs et qualitatifs qui permettent de

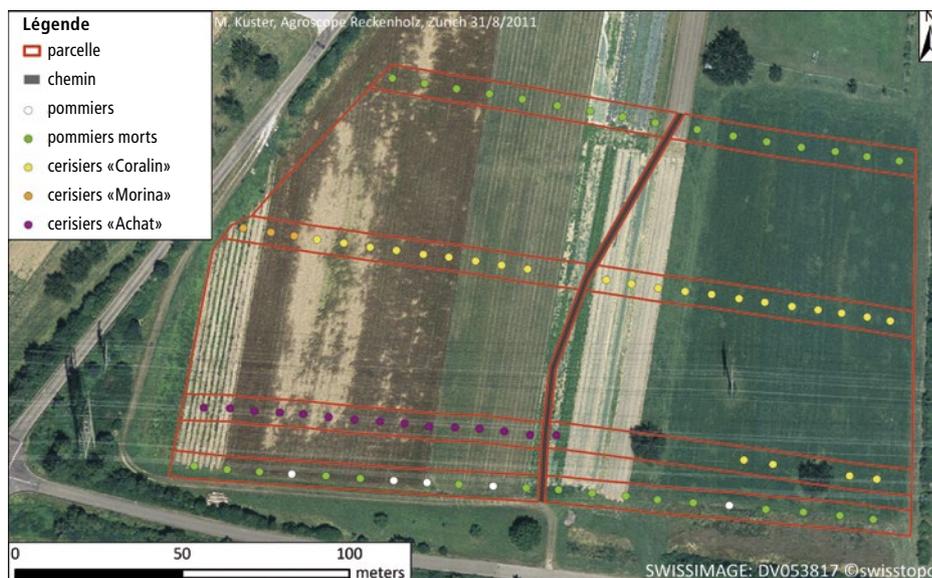


Figure 7 | Vue aérienne de la parcelle C. Les différentes espèces et variétés d'arbres sont marquées d'une couleur différente. La parcelle est coupée par un chemin.

**Tableau 1 | Catégories, indicateurs, paramètres directement mesurables et paramètres déductibles de l'instrument de monitoring. Les unités de mesures des paramètres sont indiquées entre parenthèses.**

Catégorie	Indicateur	Paramètre	Paramètres déductibles
Productivité	Croissance du volume des troncs des arbres	Circonférence de l'arbre à hauteur de poitrine [en cm]	Carbone lié dans le système [en mg C ha <sup>-1</sup> ]
		Hauteur des arbres [en cm]	
	Croissance de la circonférence des couronnes	Rayon des couronnes [en cm]	
	Rendement annuel des arbres en fruits	Rendement des arbres en fruits [en kg ha <sup>-1</sup> ]	Valeur en capital de la parcelle <sup>1</sup> [en CHF ha <sup>-1</sup> ] (rentabilité)
	Rendement annuel des autres cultures dans les rangées d'arbres	Rendement des autres cultures dans les rangées d'arbres [en kg ha <sup>-1</sup> ]	
	Rendement annuel des cultures intercalaires	Rendement des cultures intercalaires [en kg ha <sup>-1</sup> ] ou [en unités ha <sup>-1</sup> ]	
Coûts de main-d'œuvre	Charge de travail annuelle pour les exploitants	Charge de travail non liée aux machines [h ha <sup>-1</sup> ]	Valeur en capital de la parcelle <sup>1</sup> [en CHF ha <sup>-1</sup> ] (rentabilité)
		Charge de travail liée aux machines [h ha <sup>-1</sup> ]	
Stratégies de gestion	Intrants d'exploitation	Quantité de semis et de plants [en kg ha <sup>-1</sup> ] ou [unités ha <sup>-1</sup> ]	Valeur en capital de la parcelle <sup>1</sup> [en CHF ha <sup>-1</sup> ] (rentabilité)
		Quantités d'engrais N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , K <sub>2</sub> O, Mg [en kg ha <sup>-1</sup> ]	
		Volume d'irrigation [en l ha <sup>-1</sup> ]	
		Quantité de produits phytosanitaires selon la teneur en substance active [en kg ha <sup>-1</sup> ]	
Facteurs environnementaux	Conditions climatiques régionales	Taux de précipitations annuelles [en mm a <sup>-1</sup> ]	Valeur en capital de la parcelle <sup>1</sup> [en CHF ha <sup>-1</sup> ] (rentabilité)
		Température mensuelle moyenne [en °C]	
		Humidité relative de l'air [en %]	
	Propriétés du sol	Teneur du sol en éléments nutritifs (P, K, Mg et humus) [en mg (kg sol) <sup>-1</sup> ]	
		Capacité utile au champ [en mm]	
	Diversité et abondance des espèces d'oiseaux nicheurs à observer	Diversité et abondance des espèces d'oiseaux nicheurs à observer [en # de couples nicheurs ha <sup>-1</sup> ]	
	Diversité et abondance des plantes vasculaires dans les rangées d'arbres	Diversité et abondance des plantes vasculaires dans les rangées d'arbres [en # espèces ha <sup>-1</sup> ]	
Perception du système par les exploitants	Perception du système par les exploitants <sup>2</sup>	Perception du système par les exploitants <sup>2</sup>	

<sup>1</sup>Calcul des coûts totaux (voir Sereke 2012).<sup>2</sup>La perception du système par les exploitants est un paramètre qualitatif et n'a pas d'unité de mesure.

décrire, d'analyser et d'évaluer les systèmes agroforestiers à l'échelle de la parcelle. Il s'agit de montrer les possibilités et les limites de ces systèmes en Suisse et de mettre en place des mesures appropriées pour encourager les systèmes agroforestiers novateurs. Les paramètres sélectionnés et évalués peuvent être répartis dans les six catégories suivantes: productivité de la parcelle, coûts de la main-d'œuvre, rentabilité, stratégies de gestion, facteurs environnementaux et perception du

système par les exploitants (tabl. 1). Tandis que la majorité des indicateurs répond à une ou plusieurs questions de recherche, les indicateurs environnementaux, eux, servent à l'évaluation qualitative. Les données portant sur le climat et les sols sont par exemple utilisées pour évaluer la productivité. Les données portant sur la diversité et l'abondance des espèces d'oiseaux nicheurs et de plantes vasculaires serviront à évaluer les qualités de la parcelle comme espace vital. En outre, les paramètres

directement mesurables permettent aussi de déduire d'autres paramètres et d'autres problématiques (tabl. 1).

Les trois parcelles ont été cartographiées en été 2011 afin de décrire l'état initial. Les arbres ont été localisés grâce au GPS et mesurés une première fois. De plus, un diagnostic de sols a été effectué. Des fiches techniques et des questionnaires, ainsi qu'une base de données ont été établis pour recevoir les données du monitoring. A l'avenir et en accord avec les exploitants, les données socio-économiques seront relevées chaque année. Les mesures portant sur les arbres seront effectuées tous les trois ans, tandis que la diversité et l'abondance des plantes boisées seront mesurées tous les cinq ans. Afin de pouvoir comparer les données, des directives ont été établies pour définir les relevés sur le terrain. L'estimation de la diversité et de l'abondance des espèces d'oiseaux nicheurs aura plutôt un caractère qualitatif.

Ces informations de base pourront ponctuellement être affinées par des analyses de procédés, par exemple sur la concurrence entre les arbres et les sous-cultures, ou encore sur le développement des organismes auxiliaires et ravageurs.

## Conclusions

L'instrument de monitoring répond à une approche holistique, sachant que l'efficacité des coûts et du travail ont été des éléments prioritaires lors de son élaboration. Les données doivent être interprétées dans le contexte spécifique de chaque mesure d'exploitation. Par conséquent, il sera difficile de comparer les trois systèmes entre eux. Cependant, l'observation des paramètres sur une longue durée permet d'évaluer les changements dans le système agroforestier. Il est possible de documenter les processus qui évoluent lentement ou les conséquences d'événements ponctuels. Au fil des ans, les données seront compilées et permettront de valider les modèles qui servent aujourd'hui à pronostiquer la productivité (p. ex. Graves *et al.* 2010). L'accès aux données du monitoring sera en outre utile aux agricultrices et aux agriculteurs qui exploitent, souvent de façon expérimentale, des systèmes agroforestiers novateurs. La communauté d'intérêts Agroforesterie ([www.agroforesterie.ch](http://www.agroforesterie.ch)) les soutiendra et permettra aux pionniers de ce domaine d'entrer en contact les uns avec les autres.

En Allemagne et en France, la productivité de systèmes agroforestiers novateurs fait l'objet d'études depuis déjà quelques années (notamment Dupraz *et al.* 2005, Brix *et al.* 2009, Reeg *et al.* 2009). Pour pouvoir suivre ces développements, la Suisse doit elle aussi se mobiliser. Le présent monitoring tente de combler les lacunes des connaissances dans ce domaine et encourage ceux qui exploitent les systèmes agroforestiers à innover. ■

## Riassunto

**Sistemi di agrosilvicoltura innovativi – monitoraggio on farm di opportunità e limiti**  
 Si ci aspetta un'intensificazione ecologica dell'agricoltura. Sistemi di agrosilvicoltura, che combinano piante legnose con colture campicole e/o superficie inerbita, offrono vantaggi ecologici oltre che economici. Da un lato i sistemi di agrosilvicoltura si distinguono per una produttività complessiva elevata, dall'altro ci si aspetta da essi una protezione delle risorse migliorata e un contributo alla promozione della biodiversità. Se tale potenziale si può realmente realizzare, senza esser compensato da possibili svantaggi quali difficoltà della gestione, vincolo a lungo termine delle superfici ecc., si può valutare solo con dati empirici. A tal fine è stato sviluppato uno strumento di monitoraggio che contiene gli indicatori riferiti alla produttività, costi del lavoro, economicità, strategie di gestione, fattori ambientali e percezione da parte dei gestori. È stato eseguito un primo rilevamento sulle particelle esistenti di tre aziende agricole che in futuro verrà ripetuto. Tale programma di base (dispendio minimo) può essere integrato occasionalmente con analisi di processo.

## Summary

**Innovative agroforestry systems – on-farm monitoring of opportunities and limitations**  
 Agriculture will undergo ecological intensification. Agroforestry systems which combine woody plants with arable crops and/or grassland provide ecological as well as economic benefits. On the one hand, agroforestry systems are characterised by higher overall productivity. On the other, they are expected to provide improved resource conservation and contribute to enhanced biodiversity. Whether this potential can be effectively realised and whether or not it is offset by possible drawbacks such as more complicated farm management, long term tying-up of land etc. can only be tested using empirical data. For this purpose, a monitoring tool was developed containing indicators relating to productivity, labour costs, economic viability, management strategies, environmental factors and the perception of those working the land. An initial survey was conducted on existing plots of land belonging to three farms and will be repeated annually in future. This basic programme (minimal outlay) can be supplemented by process studies on a case-by-case basis.

**Key words:** agroforestry, on-farm research, monitoring, farmer innovation.

## Bibliographie

- Bender B., Chalmin A., Reeg T., Konold W., Mastel K., & Spiecker H., 2009. Moderne Agroforstsysteme mit Werthölzern – Leitfaden für die Praxis. Accès: <http://www.agroforst.uni-freiburg.de/download/agroforst-systeme.pdf> [11.11.2010].
- Briner S., Hartmann M. & Lehmann B., 2011. L'agroforesterie: une solution économique pour une production animale neutre en CO2? *Recherche Agronomique Suisse* 2 (1), 12–19.
- Brix M., Bender B., Chalmin A., Hampel J., Heindorf C., Hohlfeld F., Jäger S., Konold W., Kretschmer U., Mathiak G., Möndel A., Mastel K., Oelke M., Reeg T., Rusdea E., Schäfer A., Spiecker H., Unseld R., Vetter R. & Weissenburger S., 2009. Neue Optionen für eine nachhaltige Landnutzung – Schlussbericht des Projektes agroforst. Accès: <http://www.agroforst.uni-freiburg.de/ergebnisse.php> [24.08.2011].
- Dupraz C., Burgess P., Gavaland A., Graves A., Herzog F., Incoll L. D., Jackson N., Keesman K., Lawson G., Lecomte I., Liagre F., Mantzanas K., Mayus M., Moreno G., Palma J., Papanastasis V., Paris P., Pilbeam D. J., Reinsner Y., Van Noordwijk M., Vincent G. & Van der Werf W., 2005. SAFE Final Report – Synthesis of the SAFE project (August 2001 – January 2005). Accès: <http://www.ensam.inra.fr/safe/english/results/final-report/SAFE%20Final%20Synthesis%20Report.pdf> [24.08.2011].
- Graves A. R., Burgess P. J., Liagre F., Terreaux J.-P., Borrel T., Dupraz C., Palma J. & Herzog F., 2010. Farm-SAFE: the process of developing a plot- and farm-scale model of arable, forestry, and silvoarable economics. *Agroforestry Systems* 81, 93–108.
- Herzog F., 1998. Streuobst: A traditional agroforestry system as a model for agroforestry development in temperate Europe. *Agroforestry Systems* 42 (1), 61–80.
- Kaeser A., Palma J., Sereke F. & Herzog F., 2010. Prestations environnementales de l'agroforesterie. Importance des arbres dans l'agriculture pour la protection des eaux et des sols, du climat, de la biodiversité pour l'esthétique du paysage. *Rapport ART 736*, 1–12. Station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Ettenhausen.
- Kaeser A., Sereke F., Dux D. & Herzog F., 2011. Agroforesterie en Suisse. *Recherche Agronomique Suisse* 2 (3), 128–133.
- Reeg T., Bemann A., Konold W., Murach D. & Spiecker H., 2009. Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 355 p.
- Sereke F., 2012. Swiss agroforestry – Ecosystem services vs. Business. Thèse de doctorat, EPF Zurich (en préparation).
- Walter T., Klaus G., Altermatt F., Ammann P., Birrer S., Boller B., Capt S., Eggenschwiler L., Fischer J., Gonthier Y., Grünig A., Homburger H., Jacot Ammann K., Kleijer G., Köhler C., Kohler F., Kreis H., Loser E., Lüscher A., Meyer A., Murbach F., Rechsteiner C., Scheidegger C., Schierschen B., Schilperoord P., Schmid H., Schnyder N., Senn-Irllet B., Suter D., Zbinden N. & Zumbach S., 2010. Kapitel 3: Landwirtschaft. In: Wandel der Biodiversität in der Schweiz seit 1900: Ist die Talsohle erreicht? (Eds. Lachat T., Pauli D., Gonthier Y., Klaus G., Scheidegger Ch., Vittoz P. & Walter T.). Bristol 25, Haupt Verlag, Berne, 64–123.