

# Agroforesterie en Suisse

Alexandra Kaeser, Firesenai Sereke, Dunja Dux et Felix Herzog,  
 Station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, 8046 Zurich  
 Renseignements: Felix Herzog, e-mail: felix.herzog@art.admin.ch, tél. +41 44 377 74 45



**Figure 1** | Merisiers destinés à la production de bois d'œuvre en France. (Photo: ART)

## Introduction

Les arbres appartiennent à notre paysage rural traditionnel. Ils fournissent du bois, des fruits et d'importantes prestations écologiques car, en filtrant l'eau, ils protègent contre l'érosion, emmagasinent le carbone et procurent un habitat à de nombreux animaux. Nous entendons par «agroforesterie» l'association d'arbres et de sous-cultures agricoles ou fourragères (Krummenacher *et al.* 2008).

Une forme traditionnelle d'agroforesterie est la production fruitière dans des vergers à haute-tige. Or, des raisons économiques et opérationnelles, ainsi que les imposants défrichements opérés au début des années 1960, ont conduit à une réduction massive des arbres fruitiers à haute-tige qui ont passé de 15 millions en 1905 à 2,9 millions en 2001 (Walter *et al.* 2010). Malgré les paiements directs accordés depuis le début des années 90, le nombre d'arbres fruitiers à haute-tige diminue encore dans le paysage rural. D'où la perte des prestations écologiques précitées et un changement notable de l'aspect du paysage.

Afin que chacun puisse encore bénéficier des prestations écologiques fournies par les arbres du paysage agricole, ART cherche des solutions pour que la combinaison d'arbres avec des sous-cultures soit à nouveau rentable et donc intéressante pour les agriculteurs. Pour y parvenir, les chercheurs d'ART se sont fondés sur les résultats de pays voisins européens et sur des initiatives d'agricultures et agriculteurs novateurs en Suisse. Dans les systèmes modernes, les arbres peuvent servir non seulement à la production fruitière, mais aussi à celle de bois d'œuvre, et ils peuvent être combinés tant avec des grandes cultures que des herbages pour la production fourragère (fig. 1).

## Matériel et méthodes

La productivité et la rentabilité des systèmes agroforestiers modernes ont été estimées sur une période de 60 ans à l'aide des modèles informatiques YieldSAFE et FarmSAFE (van der Werf *et al.* 2007; Graves *et al.* 2007). ART s'est fondé sur des expériences faites en France et en Allemagne, sur un inventaire des systèmes agroforestiers novateurs en Suisse ainsi que sur des données concernant la rentabilité des sous-cultures et des fruits dans notre pays. Lors des simulations avec 70 arbres/ha, la production d'une grande culture entre les rangées d'arbres n'a été postulée que durant les 10 à 20 premières années, suivie par la production de fourrage. Pour l'option avec 40 arbres/ha, la rotation a été poursuivie durant 60 ans. Des indications détaillées sur le calcul de la rentabilité figurent dans Kaeser *et al.* (2010). Les prestations écologiques de systèmes agroforestiers ont été analysées par Palma *et al.* (2006) dans 42 unités paysagères sélectionnées de façon aléatoire (statistiquement représentatives) en Hollande, en France et en Espagne. L'érosion a été estimée à l'aide du modèle de *Revised Universal Soil Loss Equation* (RUSLE). La lixiviation des nitrates a été calculée comme étant le produit du bilan des nitrates et de la fréquence d'échange des eaux du sol, en admettant une fumure azotée calculée conformément aux besoins. La fixation du carbone a été déterminée selon Gifford (2000) en ne considérant que la partie aérienne de la plante.

La disposition des agricultrices et agriculteurs à accepter l'agroforesterie a été déterminée lors d'un sondage fondé sur un questionnaire structuré (Atteslander *et al.* 1995). Cinquante personnes, choisies au hasard en Suisse romande et en Suisse alémanique, ont été interrogées à propos de la productivité, de la rentabilité et des prestations écologiques de l'agroforesterie. Elles se sont aussi exprimées sur l'estime qu'elles portent aux systèmes, aux arbres et à leurs produits, ainsi que sur les raisons de planter des arbres à haute-tige.

## Résultats et discussion

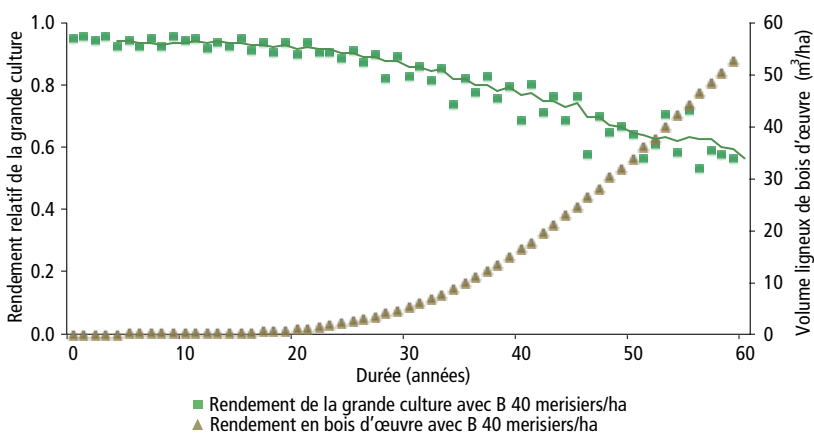
Dans les systèmes agroforestiers modernes, les arbres sont plantés en rangées pour faciliter le labour mécanique. La productivité et la rentabilité de tels systèmes ont été calculées pour 40, voire 70 merisiers et noyers par hectare (production de fruits et de bois d'œuvre) sur des terres assolées et dans des herbages.

### Meilleure productivité de la surface

Dans un système agroforestier, les arbres et les sous-cultures se concurrencent dans leur quête de lumière, d'eau et d'éléments nutritifs. Au fil du temps, le rapport de force passe des cultures aux arbres. Cela se traduit aussi par le rendement de la sous-culture, qui diminue constamment avec la croissance des arbres (fig. 2).

Il ressort des simulations que les systèmes agroforestiers présentent une productivité de la surface dépassant jusqu'à 30% celle de cultures séparées, comme la production de céréales en monoculture et de bois en forêt. Le système agroforestier produit plus de biomasse par surface car il utilise les ressources plus efficacement

**Résumé** Les arbres fournissent d'importantes prestations écologiques. Il n'empêche qu'ils disparaissent du paysage rural, pour des raisons économiques et opérationnelles. Dans les systèmes agroforestiers modernes, les arbres sont plantés en rangées pour faciliter le labour mécanique. Le potentiel économique et écologique des systèmes agroforestiers modernes en Suisse a été examiné. La productivité de la surface, la rentabilité et les prestations écologiques de l'agroforesterie ont été calculées à l'aide de modèles informatiques. Les résultats montrent que les systèmes agroforestiers ont une productivité par unité de surface qui dépasse jusqu'à 30 % celle des monocultures, et qu'ils peuvent devenir économiquement compétitifs à long terme. Sur les terres cultivées fertiles, les systèmes agroforestiers peuvent diminuer l'érosion du sol jusqu'à 78 %, réduire la lixiviation des nitrates jusqu'à 46 % et fixer jusqu'à 133 tonnes de carbone en 60 ans. Des agriculteurs interrogés sur les avantages et les inconvénients de l'agroforesterie considèrent cette culture comme peu productive et non rentable, mais lui concèdent une certaine utilité pour la biodiversité et le paysage rural. En partant des expériences d'agriculteurs pionniers en agroforesterie, il serait utile de mieux faire connaître les multiples facettes et le potentiel économique des systèmes agroforestiers.



**Figure 2** | Evolution du rendement relatif d'une grande culture et du volume ligneux de 40 merisiers/ha destinés à la production de bois d'œuvre (B). Le rendement relatif de la grande culture se rapporte au rendement qu'il est possible d'obtenir sans les arbres. Le rendement d'une grande culture diminue à mesure que les arbres croissent. L'assolement a porté sur le colza, le blé, la prairie temporaire et le blé.

**Tableau 1 | Valeur en capital de la production de bois d'œuvre de merisiers et de celle de bois d'œuvre et de fruits de noyers pour 40 ou 70 arbres/ha dans de grandes cultures ou des herbages, en admettant une contribution annuelle de 15 francs par arbre.**

Système B = bois d'œuvre F = fruits 40 ou 70 arbres/ha	Valeur en capital (CHF/ha) au bout de ... ans			Seuil de rentabilité
	10	30	60	
<b>Grande culture ou zone entre les arbres exploitée sous forme de grande culture</b>				
Monoculture	13 533	29 510	41 008	1 <sup>re</sup> année
B 40 merisiers/ha	10 182	24 579	35 763	3 <sup>e</sup> année
B 70 merisiers/ha	11 001	27 328	40 019	3 <sup>e</sup> année
B 40 noyers/ha	11 352	21 298	38 751	2 <sup>e</sup> année
B 70 noyers/ha	13 113	23 487	<b>46 920</b>	2 <sup>e</sup> année
F 40 noyers/ha	-1 661	23 442	38 049	12 <sup>e</sup> année
F 70 noyers/ha	-7 089	27 909	<b>48 280</b>	14 <sup>e</sup> année
<b>Herbage ou zone entre les arbres exploitée pour la production fourragère</b>				
Monoculture herbages	10 542	23 554	32 469	1 <sup>re</sup> année
B 40 merisiers/ha	7 903	23 106	<b>36 629</b>	3 <sup>e</sup> année
B 70 merisiers/ha	8 642	<b>26 618</b>	<b>43 435</b>	3 <sup>e</sup> année
B 40 noyers/ha	8 051	11 561	26 264	2 <sup>e</sup> année
B 70 noyers/ha	8 978	17 271	<b>40 525</b>	3 <sup>e</sup> année
F 40 merisiers/ha	-5 338	18 914	<b>37 829</b>	17 <sup>e</sup> année
F 70 merisiers/ha	-12 242	19 894	<b>46 674</b>	20 <sup>e</sup> année
F 40 noyers/ha	-4 439	16 322	29 361	15 <sup>e</sup> année
F 70 noyers/ha	-10 826	20 941	<b>41 158</b>	16 <sup>e</sup> année

Les valeurs proviennent de simulations avec un taux d'actualisation de 3,5%. Dans les premières années, les recettes se limitent à la sous-culture et le coût des plantes est important. Cette perte est compensée à long terme par le revenu supplémentaire obtenu grâce à la vente des fruits ou au capital d'épargne que représente le bois. Le seuil de rentabilité indique la période à partir de laquelle le système couvre ses coûts de fonctionnement. Assolement: colza, blé, prairie temporaire, blé. Pour obtenir des données détaillées sur le calcul des coûts complets, on se référera à Kaeser et al. (2010).

que la monoculture. Les arbres croissent en hauteur et bénéficient donc de plus d'espace que les grandes cultures. Les racines des arbres pénètrent plus profondément dans le sol et profitent de l'eau et des éléments nutritifs disponibles en dehors de l'horizon racinaire des cultures (Dupraz et Liagre 2008; Reeg et al. 2009).

#### Economiquement compétitif à l'aide de contributions

La rentabilité d'un système agroforestier dépend en premier lieu des prix des produits, des paiements directs et des coûts annuels. A cela s'ajoutent les coûts d'investissement et le taux d'actualisation, qui tient compte du fait que le montant investi aurait aussi pu être engagé sur le marché des capitaux. En raison des dépenses occasionnées par l'entretien et la récolte, les coûts d'aménagement et d'entretien des arbres destinés à la production fruitière

sont plus élevés que pour le bois d'œuvre. En effet, ces derniers ne doivent être ébranchés que durant les 15 premières années, afin d'obtenir des billes d'environ trois à six mètres de long et sans noeuds. Ensuite, ils nécessitent peu de soins. A l'aide de modèles, la rentabilité de divers systèmes adaptés aux conditions suisses et comportant des merisiers et des noyers (tabl. 1) a été calculée. Les systèmes présentant une densité plus élevée (70 arbres/ha) tendent à être plus rentables. Le noyer destiné à la production de fruits et de bois d'œuvre semble se prêter particulièrement bien à son intégration dans une grande culture. Dans les herbages, une densité plus faible (40 arbres/ha) peut déjà apporter une plus-value économique, le merisier paraissant plus avantageux que le noyer.

Les paiements directs de compensation écologique pour les arbres fruitiers à haute-tige ne dépendent pas de l'âge des arbres ni du fait qu'ils servent à la production fruitière ou pour le bois d'œuvre. La subvention est de 15 francs par arbre et par an. En outre, on peut faire valoir un are de surface de compensation écologique par arbre. Combinée avec les contributions accordées pour la qualité biologique et la mise en réseau, la somme allouée peut aller jusqu'à 50 francs par arbre et par an.

Selon les simulations, des prix du marché favorables pour les produits des arbres, ainsi que des contributions de 15 francs, peuvent à long terme rendre les systèmes agroforestiers modernes économiquement compétitifs (tabl. 1). Si les contributions sont plus élevées, le seuil de rentabilité est atteint plus tôt et le système agroforestier est économiquement plus compétitif. Les prix souvent bas des produits des arbres ou le manque de débouchés pour les fruits d'arbres à haute-tige représentent un risque. Toutefois, les systèmes agroforestiers sont moins touchés par les fluctuations des recettes des grandes cultures que par celles des monocultures agricoles, grâce à la diversification des produits. Par ailleurs, la date de la récolte du bois est relativement souple et peut être reportée aux années où les prix du marché sont favorables.

#### Protection du sol, des eaux souterraines et du climat

Les arbres fournissent d'importantes prestations écologiques en faveur de la protection du sol, des eaux souterraines et du climat (Kaeser, Palma et al. 2010). En Suisse, les problèmes liés à l'érosion et aux nitrates se posent principalement dans les régions du Plateau où les grandes cultures sont exploitées de façon intensive (Prasuhn et al. 2007; Murali et Cornaz 2005). Les terrains en pente y sont particulièrement menacés par l'érosion, tandis que les vallées sont davantage exposées à la lixiviation des nitrates dans les eaux souterraines.

**Tableau 2 | Influence des arbres sur les pertes de sol, la lixiviation des nitrates et la fixation de carbone, selon Palma et al. (2006).**

Système	Site à faible rendement	Site fertile
<b>Perte de sol annuelle moyenne [t/ha] sur des sites très menacés par l'érosion (&gt; 3 t/ha d'érosion par an); exploitation le long des lignes d'isoaltitude</b> (Pourcentage de réduction des pertes de sol entre parenthèses)		
Parcelle sans arbres	3,8 (100%)	4,5 (100%)
Parcelle avec 50 arbres/ha	1,4 (-63%)	1,1 (-76%)
Parcelle avec 113 arbres/ha	1,3 (-66%)	1,0 (-78%)
<b>Lixiviation annuelle moyenne des nitrates [kgN/ha] durant 60 ans dans de grandes cultures exploitées intensivement (fumure &gt; 100 kgN/ha)</b> (Pourcentage de réduction de la lixiviation des nitrates entre parenthèses)		
Parcelle sans arbres	142 (100%)	182 (100%)
Parcelle avec 50 arbres/ha	117 (-18%)	171 (-6%)
Parcelle avec 113 arbres/ha	105 (-26%)	99 (-46%)
<b>Fixation de carbone dans les arbres du système agroforestier après 60 ans [t/ha]</b>		
Parcelle sans arbres	0	0
Parcelle avec 50 arbres/ha	81	106
Parcelle avec 113 arbres/ha	112	133

Les valeurs proviennent de simulations pour 42 paysages choisis de façon aléatoire en Hollande, en France et en Espagne.

Les arbres plantés en rangées le long des lignes d'isoaltitude atténuent l'érosion du sol, car leurs racines fixent solidement la terre à cet endroit et ils améliorent l'infiltration de l'eau de pluie. D'après les simulations de Palma *et al.* (2006), les arbres peuvent réduire jusqu'à 80 % les pertes de sol dans des sites fertiles soumis à une exploitation intensive (tabl. 2). Le nombre d'arbres (50 et 113/ha) n'a aucune influence notable sur les pertes de sol.

Les arbres protègent les eaux souterraines de la pollution par les nitrates. D'une part, les arbres plantés dans le champ absorbent les nitrates lessivés dans le sol supérieur, car ils s'enracinent sous les cultures. D'autre part, s'ils sont plantés en lignes, cette partie de la surface agricole n'est plus fertilisée. Selon Palma *et al.* (2006), la réduction de la lixiviation des nitrates est la meilleure sur les parcelles fertiles exploitées intensivement et où la densité des arbres est la plus élevée (tabl. 2). Lorsque la densité d'arbres est élevée, la sous-culture est plus fortement perturbée et sa culture s'achève donc plus tôt. En conséquence, on y épandra moins de fumure azotée. Le potentiel d'absorption de nitrates par les racines au-dessous des cultures n'a pas été pris en compte dans les simulations.

Les arbres contribuent à la protection du climat en

fixant le carbone, un élément qui peut être emmagasiné durant plusieurs décennies dans les meubles en bois. Le bois de feu y contribue également comme substitut des combustibles fossiles (Briner *et al.* 2011). Un total de 113 arbres/ha fixe plus de carbone que 50 arbres/ha. Mais dans la simulation avec 50 arbres, la quantité de carbone fixé par arbre est plus élevée, car les arbres ont alors une meilleure croissance (tabl. 2).

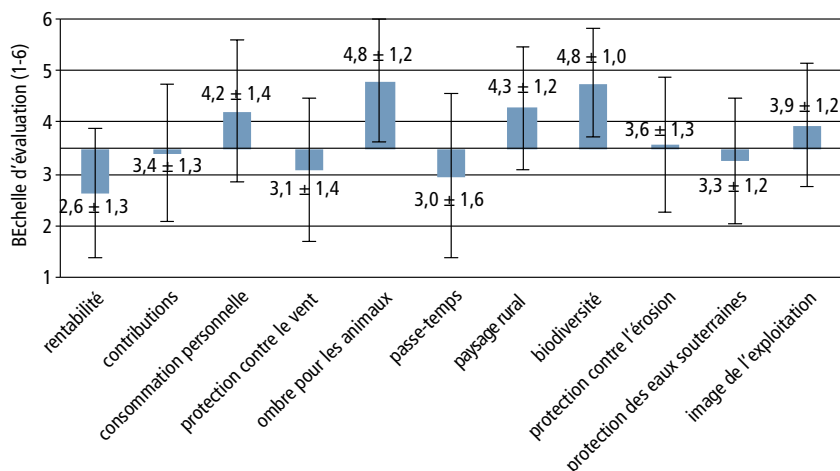
### Disposition des agriculteurs à accepter l'agroforesterie

Cinquante agriculteurs choisis au hasard en Suisse romande et en Suisse alémanique ont été interrogés sur les avantages et les inconvénients des systèmes agroforestiers. Il en résulte que ces personnes ne sont pas familiarisées avec les systèmes agroforestiers modernes; elles les estiment peu productifs et non rentables, mais leur attribuent un avantage pour la biodiversité et le paysage rural. Les systèmes agroforestiers associés à la production de fruits dans les herbages sont ceux qui leur plaisent le mieux. Par contre, les arbres plantés sur les terres assolées sont très mal acceptés. Parmi les produits des arbres, ni le bois d'œuvre ni le bois d'énergie en rotation de courte durée ne les intéresse; seuls les fruits gagnent leur adhésion, mais là encore, dans une mesure limitée.

Ces agriculteurs trouvent qu'il y a trop peu d'arbres à haute-tige dans le paysage rural de leur commune et de Suisse. 52 % d'entre eux planteraient de nouveau de tels arbres pour utiliser doublement certaines parts de leur surface agricole.

Lorsque les agriculteurs plantent des arbres, c'est d'une part par idéal – par exemple pour favoriser la biodiversité et maintenir le paysage rural – et d'autre part par besoin, pour dispenser de l'ombre au bétail ou pour leur consommation personnelle (fig. 3). L'image de l'exploitation et la protection contre l'érosion jouent également un rôle. Les subventions ne sont pas une raison de planter des arbres pour 52 % des agriculteurs interrogés. 72 % des sondés obtiennent des subventions pour les arbres à haute-tige (15 francs par arbre et par an). Ces montants ne sont pas suffisants à leurs yeux pour couvrir le coût du travail. Seuls 26 % des interrogés indiquent recevoir la contribution maximale qu'il est possible d'obtenir dans leur canton pour de tels arbres.

L'attitude plutôt sceptique des agriculteurs choisis au hasard contraste avec l'estimation des participants au cours Agridea sur l'agroforesterie (2010). La plupart de ces derniers s'étaient déjà penchés sur ce thème de leur propre initiative. Certains d'entre eux ont planifié la mise sur pied de systèmes agroforestiers novateurs ou en avaient déjà aménagé.



**Figure 3** | Raisons pour lesquelles les agriculteurs plantent des arbres à haute-tige. 50 agriculteurs de Suisse romande et de Suisse alémanique ont été interrogés; des moyennes ont été établies et les écarts-types ont été calculés. L'échelle d'évaluation va de 1 à 6. Les valeurs dépassant 3,5 reflètent une motivation à planter des arbres à haute-tige.

## Conclusions et perspectives

L'agriculture est confrontée au défi de produire davantage afin de couvrir les besoins de la population croissante tout en ménageant les ressources naturelles et en améliorant l'état de l'environnement. Les systèmes agroforestiers modernes sont plus productifs que les monocultures agricoles et ils fournissent d'importantes prestations écologiques. Ils contribueraient donc à trouver une solution pour satisfaire ces attentes qui entrent en contradiction. Les simulations montrent que des systèmes agroforestiers modernes peuvent déjà être rentables dans les conditions actuelles.

Toutefois, nombre d'agriculteurs sont sceptiques à l'idée de se remettre à planter plus d'arbres dans le paysage rural. Les possibilités d'aménager des systèmes agroforestiers et le fait qu'ils peuvent être productifs et devenir rentables à long terme méritent d'être mieux perçus. Il faut, par exemple, éveiller d'abord l'intérêt pour la production de bois d'œuvre – malgré les prix raisonnables du bois de qualité pour la fabrication de contreplaqué. Car le bois d'œuvre est facile à produire, il ne nécessite pas de machines spéciales et peut être planté sur des terres assolées et dans des herbages. Il peut aussi être associé à la production d'arbres fruitiers. En Suisse, il serait nécessaire de mieux informer la pratique agricole sur les possibilités que l'agroforesterie lui offre. En outre, des essais en plein champ doivent encore être réalisés à ce propos. Il serait donc judicieux d'observer, en coopération avec les exploitations pionnières,

des systèmes agroforestiers novateurs qui existent déjà.

Devant les difficultés d'écoulement des fruits d'arbres à haute-tige, les systèmes agroforestiers associés à la production de fruits sont actuellement assez attractifs pour le marché de niche. Ces systèmes sont économiquement recommandables, notamment s'ils sont liés à l'octroi de contributions à la qualité biologique. Planter des arbres signifie un investissement initial considérable. Les arbres fruitiers n'atteignent leur plein rendement qu'après plusieurs années et le bois d'œuvre ne peut être récolté qu'après des décennies. Les agriculteurs novateurs qui aménagent quand même des systèmes agroforestiers se distinguent par leur envie de tenter quelque chose de nouveau et leur plaisir à travailler avec les arbres. ■

## Riassunto

### Agrosilvicultura in Svizzera

Gli alberi nel paesaggio agricolo forniscono importanti prestazioni ecologiche. Ciò nonostante, per ragioni di natura economica e tecnico-aziendali, essi scompaiono dal paesaggio rurale. Questo è il punto d'inizio di una moderna agrosilvicultura. Di norma gli alberi sono piantati su terreni ad uso agricolo a filare, in modo da non intralciare le lavorazioni meccaniche. ART ha analizzato il potenziale economico ed ecologico dei moderni sistemi di agrosilvicultura in Svizzera. Attraverso modelli computerizzati sono stati calcolati la produttività delle superfici, la redditività e i benefici ambientali. Dai risultati è emerso che i sistemi di agrosilvicultura consentono di accrescere fino al 30 % la produttività delle superfici rispetto alle monocolture e che a lungo termine possono diventare economicamente competitivi. Sulle terre aperte fertili possono ridurre l'erosione del suolo fino al 78 % e il dilavamento dell'azoto fino al 46 %, nonché contribuire al sequestro di 133 tonnellate di carbonio nell'arco di 60 anni. Nell'ambito di sondaggi svolti gli agricoltori sono stati interpellati sui vantaggi e gli svantaggi dell'agrosilvicultura. Da quanto emerso i sistemi di agrosilvicultura sono ritenuti improduttivi e non redditizi, ma gli si attribuisce una certa utilità per la biodiversità ed il paesaggio rurale. Partendo dalle esperienze degli agricoltori pionieri in agrosilvicultura, sarebbe utile far meglio conoscere le sfaccettature multiple ed il potenziale economico dei sistemi di agrosilvicultura.

### Bibliographie

- Atteslander P., Cromm J., Grabow B., Maurer A., Siegert G. & Zipp G., 1995. *Methoden der empirischen Sozialforschung* (8. bearb. Aufl.). Berlin; New York: de Gruyter.
- Briner S., Hartmann M. & Lehmann B., 2011. L'agroforesterie: Une solution économique pour une production animale neutre en CO<sub>2</sub>? *Recherche Agronomique Suisse* 2 (1), 12–19.
- Dupraz C. & Liagre F., 2008. *Agroforesterie: Des arbres et des cultures*. Paris: La France Agricole.
- Gifford R., 2000. Carbon Content of Woody Roots: Revised Analysis and a Comparison with Woody Shoot Components. National Carbon Accounting System Technical Report No. 7 (Revision 1). Canberra: Australian Greenhouse Office.
- Graves A. R., Burgess P. J., Palma J. H. N., Herzog F., Moreno G. et al., 2007. Development and application of bio-economic modelling to compare silvoarable, arable, and forestry systems in three European countries. *Ecological Engineering* 29 (4), 434–449.
- Kaesler 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, le climat, la biodiversité et l'esthétique du paysage. *Rapport ART 736*, 1–12.
- Kaesler A., Sereke F., Dux D. & Herzog F., 2010. Agroforesterie moderne en Suisse. Vergers novateurs: productivité et rentabilité. *Rapport ART 725*, 1–12.

## Summary

### Agroforestry in Switzerland

Trees in agricultural landscapes provide important benefits for the environment. Nevertheless, they are disappearing from cultivated land due to economic and operational reasons. In modern agroforestry systems, trees are planted in rows on agricultural land in order to facilitate mechanical operations. The economic and ecological potential of modern agroforestry systems in Switzerland was examined. Productivity per hectare, profitability and environmental benefits were estimated using computer-aided models. The results show an up to 30 % higher productivity (per unit area) of agroforestry systems compared to monocultures. In the long term, agroforestry systems can become profitable. On fertile arable land, they may reduce soil erosion by 78 % and nitrate leaching by 46 % as well as sequester up to 133 tons of carbon in 60 years. In interviews, farmers were questioned about their perception of benefits and disadvantages of agroforestry. Farmers rate agroforestry systems as non-productive and unprofitable. However, they admit a benefit for biodiversity and cultural landscape. Farmers need to be made aware of the many agroforestry designs and their economic potential, based on the experience of pioneer farmers.

**Key words:** alley cropping, timber and fruit production, *Prunus avium*, *Juglans regia*, erosion, nitrogen leaching, carbon sequestration, profitability.

- Krummenacher J., Maier B., Huber F. & Weibel F., 2008. Ökonomisches und ökologisches Potenzial der Agroforstwirtschaft. *Agrarforschung* 15 (3), 132–137.
- Muralt R. & Cornaz S., 2005. Teneurs en nitrates des eaux souterraines en Suisse. Dans: Herzog F., Richner W. (eds) *Évaluation des mesures écologiques: Domaines de l'azote et du phosphore. Les cahiers de laFAL* 57, 32–40.
- Palma J. H. N., Graves A. R., Bunce R. G. H., Burgess P. J., de Filippi R. et al., 2006. Modeling environmental benefits of silvoarable agroforestry in Europe. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 119, 320–334.
- Prasuhn V., Liniger H.P., Hurni H. & Friedli S., 2007. Bodenerosions-Gefährdungskarte der Schweiz. *Agrarforschung* 14 (3), 120–127.
- Reeg T., Bemmam A., Konold W., Murach D. & Spiecker H., 2009. *Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen*. Weinheim: Wiley-Vch.
- van der Werf W., Keesman K., Burgess P., Graves A., Pilbeam D. et al., 2007. Yield-SAFE: A parameter-sparse process-based dynamic model for predicting resource capture, growth and production in agroforestry systems. *Ecological Engineering* 29, 419–433.
- Walter T., Klaus G., Altermatt F., Ammann P., Birrer S. et al., 2010. Landwirtschaft. In: Lachat T., Pauli D., Gonseth Y., Klaus G., Scheidegger C., Vittoz P., Walter T. (Red.) (2010). *Wandel der Biodiversität in der Schweiz seit 1900: Ist die Talsohle erreicht?* Zürich: Bristol-Stiftung; Bern: Stuttgart, Wien: Haupt. 64–123.