

Rangées d'arbres dans les cultures maraîchères - systèmes sylvoarables

Autrices et auteurs: Christina den Hond-Vaccaro, Sonja Kay, Felix Herzog

Version: 1 / Juin 2024

Intégrer les arbres dans les cultures maraîchères ou les grandes cultures permet de réduire les pertes d'éléments nutritifs dans les eaux souterraines, de diminuer l'érosion due au vent et aux précipitations et d'augmenter la fertilité des sols. Les systèmes agroforestiers modernes conçus avec des rangées d'arbres permettent le travail mécanique des parcelles.

Tableau 1: Éléments clés de la mesure

Domaine d'application	Cultures maraîchères, grandes cultures
Niveau de mise en œuvre	Exploitations agricoles axées sur l'horticulture, vulgarisation
Échelle d'action	Parcelle, paysage
Rentabilité	La rentabilité de la mesure est variable, aucune affirmation générale possible
Effet visé	Azote (N), phosphore (P)
Sous-catégorie visée	Nitrate (NO_3^-), phosphate (PO_4^{3-}), ammoniac (NH_3), protoxyde d'azote (N_2O),
Temps de mise en œuvre	À moyen et long terme
Effet / Potentiel de réduction	Moyen (> 100 t N, > 10 t P), l'importance dépend du système de culture et de son ancienneté

Principe d'action

Les arbres et arbustes d'un système agroforestier peuvent contribuer de manière importante au maintien de la santé du sol et donc éviter les pertes d'éléments nutritifs. En effet, leur structure et leur durabilité permettent le développement d'un important réseau racinaire, qui:

- parvient à retenir le sol et le protège ainsi de l'érosion, c'est-à-dire des pertes de sol,
- permet d'accéder à des couches plus profondes du sol et aux éléments nutritifs qu'elles contiennent, réduisant ainsi les besoins en engrais de la culture maraîchère,
- forme un filet de sécurité dans le sol, ce qui peut réduire le lessivage des éléments nutritifs, et
- favorise la vie du sol et le développement de matière organique, c'est-à-dire de composés du carbone, grâce aux exsudats racinaires.

La profondeur du système racinaire a été illustrée dans une étude de cas suisse, dans laquelle le système racinaire de deux vieux poiriers, situés sur une parcelle, a été examiné à l'aide d'un radar de sol (Hugenschmidt et Kay, 2023). Il s'est avéré que les poiriers avaient adapté leur système racinaire au travail régulier de la charrue et l'avaient développé en dessous de la semelle de labour. Leurs racines s'étendaient jusqu'à 6 m à l'horizontale, en dessous des racines des cultures (fig. 1). Les rangées d'arbres peuvent être intégrées aussi bien aux grandes cultures qu'aux cultures maraîchères. La présente fiche technique concerne principalement les cultures maraîchères, car c'est dans ces cultures que l'excédent d'azote est généralement le plus important et que le potentiel de réduction est particulièrement élevé.



La réduction des pertes d'éléments nutritifs grâce aux systèmes agroforestiers a été démontrée dans plusieurs études de terrain, tant pour l'azote que pour le phosphore (Bergeron et al., 2011; Schoumans et al., 2014; Wolz et al., 2018). Dans la pratique, elle est déjà utilisée activement par certaines associations de gestion des eaux pour préserver la pureté des eaux souterraines et de l'eau potable (Kaeser et al., 2010a). Elle figure également dans des listes de mesures de réduction des pertes dans l'eau potable (Frick et al., 2022). Pour les émissions de gaz qui s'échappent dans l'air tels que l'ammoniac et le protoxyde d'azote («gaz hilarant»), les systèmes agroforestiers permettent d'obtenir des réductions tout aussi intéressantes.

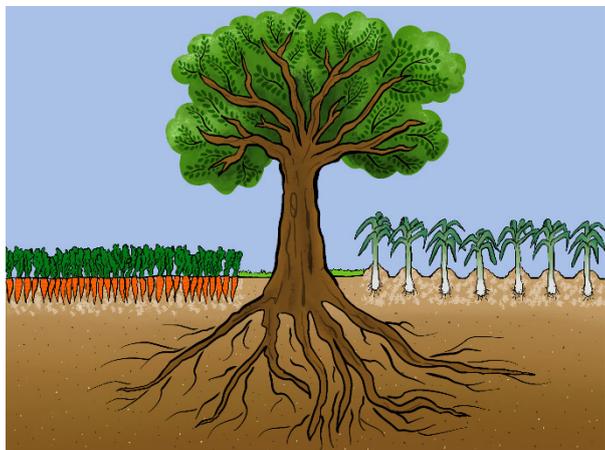


Fig. 1: Système racinaire sous la semelle de labour: en raison du travail régulier du sol, les racines des arbres sont obligées de se déployer sous les cultures. Elles colonisent les couches du sol que les racines des plantes cultivées n'atteignent pas et forment un «filet de sécurité» pour les éléments nutritifs. Source: Agroscope, Noëlle Klein.

Un autre principe d'action est celui lié à la hauteur des arbres et à la structure de la couronne. D'une part, les arbres forment des barrières verticales dans le paysage, réduisant ainsi la vitesse du vent, ce qui contrecarre l'érosion du sol par le vent et diminue le risque de dérive. D'autre part, en cas de fortes précipitations, la canopée et le feuillage dense interceptent une grande quantité de la pluie, qui retombe finalement sur le sol de manière différée et à une vitesse réduite (den Hond-Vaccaro et al., 2024). Si les rangées d'arbres sont placées perpendiculairement à la pente, elles interrompent l'écoulement superficiel de l'eau et donc l'érosion hydrique (Jäger, 2017).

Avantages/Synergies

- Protection contre l'érosion du sol (érosion par l'eau et le vent)
- Protection contre le lessivage des éléments nutritifs grâce à la mise en place d'un filet de sécurité sous l'horizon racinaire des cultures maraîchères
- Amélioration de la disponibilité des éléments nutritifs grâce au maintien des fonctions du sol et à l'exploitation des couches profondes du sol, ce qui réduit les besoins en engrais de la culture maraîchère
- Amélioration de l'efficacité des éléments nutritifs, car les arbres et les arbustes bénéficient des apports d'engrais au même titre que les cultures maraîchères
- Maintien des possibilités de travail mécanique de la parcelle maraîchère grâce à la disposition des arbres et arbustes en rangées
- Amélioration de l'efficacité en termes d'utilisation de la surface, c'est-à-dire que la même surface produit plus (et de manière plus diversifiée) que si elle était exploitée en monoculture
- Réduction de l'évaporation et éventuellement de l'irrigation
- Augmentation de la résilience grâce à la diversification du système"

Inconvénients/Limitations/Conflits d'intérêt

- Coûts d'investissement élevés (surtout pour le matériel végétal) et charge de travail importante au départ lors de l'aménagement des rangées d'arbres
- Charge de travail continue pour l'entretien des rangées d'arbres
- Exigences élevées en termes de savoir-faire et d'expertise
- Pour les arbres fruitiers, risque de conflits d'objectifs avec la sous-culture en ce qui concerne l'épandage de produits phytosanitaires (nécessité d'une coordination des interventions dans le temps pour garantir l'absence de résidus)
- Risque de présence de campagnols dans les rangées d'arbres
- Condition préalable: profondeur suffisante du site
- Ne convient pas aux sites avec un système de drainage intact

Interactions

- Interactions positives en termes de biodiversité grâce à la mise à disposition de nourriture et d'habitats dans la bande boisée, ce dont profitent les cultures maraîchères grâce à la présence accrue d'organismes utiles (pollinisateurs, prédateurs naturels des ravageurs de cultures, organismes vivants améliorant la qualité du sol comme les vers de terre).
- Risque de dérive des produits phytosanitaires à l'intérieur d'un système comportant deux partenaires, en particulier pour les arbres fruitiers et les légumes qui fleurissent en même temps; dans ce cas, des délais d'attente doivent être respectés entre l'utilisation des produits phytosanitaires et la récolte (Jäger, 2017).
- Protection des cultures précoces contre le gel grâce à un microclimat spécifique

Mise en œuvre: charges/déroulement/application/faisabilité

La mise en place de nouvelles rangées d'arbres implique un investissement initial tant en termes de coûts que de temps de travail (voir paragraphe «Rentabilité»). Une planification minutieuse en amont est décisive pour la réussite de cette mesure (voir paragraphe «Conditions d'application»). Compte tenu de la planification et des conditions d'application, la faisabilité est généralement considérée comme élevée.

Conditions d'application

Le succès de la mise en œuvre, la productivité et la fonctionnalité des systèmes agroforestiers doivent tenir compte des aspects suivants:

- Définition des objectifs (production de bois noble, production de fruits, biodiversité et autres services écosystémiques)
- Adaptation au site (type de sol, topographie, utilisation antérieure du sol, orientation du système) et au climat (température, précipitations, vent)
- Choix des espèces ligneuses en fonction du site et des objectifs
- Conseils d'experts en agroforesterie
- Évaluation des capacités de travail disponibles dans l'exploitation et des largeurs de travail des machines
- Disposition à acquérir le savoir-faire nécessaire
- Évaluation de la charge financière, conditions de propriété

Objectifs: La production de bois noble exige de la persévérance et peut être considérée comme un investissement. Les arbres doivent être régulièrement élagués pendant les quinze premières années, puis l'entretien diminue fortement. Pour les arbres fruitiers, en revanche, la charge que représentent l'entretien et la récolte reste la même; les considérations relatives au produit (fruits à cidre, fruits de table) et à la commercialisation (vente directe) doivent être prises en compte lors de la planification. Les conflits d'objectifs relatifs à la protection phytosanitaire ne sont pas à craindre dans le cas du bois noble, mais plus dans le cas de l'arboriculture fruitière.

Les sites avec un système de drainage intact ne conviennent pas aux systèmes agroforestiers, car les racines des arbres et des arbustes peuvent endommager celui-ci. Les sols engorgés ne conviennent pas non plus, car la culture et les arbres ne disposent que d'un espace racinaire réduit et peuvent donc se faire concurrence. Une orientation nord-sud des rangées d'arbres est recommandée afin de réduire l'ombre portée; les lignes topographiques orientées différemment ou le sens de travail dans la parcelle devraient être pris en compte.

Système: Le choix des espèces d'arbres ou d'arbustes doit tenir compte du (micro) climat du site, des objectifs, de la compatibilité avec les sous-cultures et de l'entretien nécessaire. Les conditions fondamentales pour la mise en œuvre d'un système agroforestier sont le savoir-faire ou la volonté d'acquérir des connaissances en matière d'aménagement et d'entretien des rangées d'arbres (également en ce qui concerne les capacités de travail de la main-d'œuvre), la largeur de travail des machines agricoles, la charge financière et les conditions de propriété.

Évaluations

Rentabilité

La rentabilité des systèmes agroforestiers dépend beaucoup des conditions du site, des plantes cultivées et des pratiques de gestion (den Hond-Vaccaro et al., 2024). Les avantages à long terme peuvent être d'ordre écologique et économique. Étant donné la diversité des combinaisons possibles entre cultures maraîchères et rangées d'arbres et le fait que la mise en place d'un système agroforestier représente un investissement à long terme, il est difficile de se prononcer de manière générale sur la rentabilité. De plus, les conditions-cadre concernant les possibilités de soutien ainsi que le prix des produits et les coûts des

travaux et des intrants évoluent constamment. Selon la densité des arbres, l'espèce, la sous-culture et l'évolution des rendements et des prix, le seuil de rentabilité peut être atteint très tôt - ou seulement au bout de dix ans (Kaeser et al., 2010b).

Les coûts d'investissement comprennent tous les coûts liés aux plants, au matériel de protection, aux tuteurs et aux semences pour la bande herbeuse ainsi que les coûts de main-d'œuvre. L'âge et le type d'arbres plantés ont notamment un impact sur les coûts initiaux. Ainsi, les essences de feuillus de qualité «baliveau» (tige principale bien formée et branches latérales) sont relativement bon marché, alors que les noyers greffés sont chers (den Hond-Vaccaro et al., 2024). Outre les coûts d'investissement, il faut ajouter chaque année les coûts d'entretien qui diffèrent selon le type d'arbre.

En tant que surfaces de promotion de la biodiversité, les arbres fruitiers haute-tige donnent droit à des contributions pour la qualité biologique et la mise en réseau (OFAG, 2024), ce qui a un effet positif sur la rentabilité. Il existe également des programmes de subventions privés et publics pour les systèmes agroforestiers. Les revenus commerciaux peuvent être plus élevés que dans un système sans arbres en raison de l'efficacité accrue de l'utilisation des surfaces. En outre, la diversification du système entraîne également une diversification de la gamme de produits, c'est-à-dire qu'elle permet une plus grande résilience, non seulement face aux variations de rendement liées à l'environnement, mais également face aux fluctuations des prix du marché.

Potentiel de réduction

Si les systèmes agroforestiers sont implantés de manière ciblée sur des surfaces qui connaissent des problèmes de lessivage de l'azote ou de ruissellement du phosphore («surfaces contributives»), ils peuvent contribuer de manière significative à la réduction de ces émissions, comme le montrent des simulations (Kay et al., 2018). Le potentiel de réduction des pertes d'azote et de phosphore ne peut pas être chiffré de manière globale, car de nombreux facteurs (climat, site, conception des plantations, gestion) influent sur le potentiel de réduction des systèmes agroforestiers. Une étude bibliographique approfondie a montré que les racines des arbres dans les systèmes agroforestiers sont capables de réduire les résidus d'azote et de phosphore dans le sol de 20 à 100 % (Pavlidis et Tshirintzis, 2018). Par conséquent, on peut également s'attendre à une réduction des pertes par lessivage, ruissellement et des pertes gazeuses telles que celles de protoxyde d'azote.

Critères de qualité/de réussite

Le succès des systèmes agroforestiers sylvoarables peut être quantifié par une réduction mesurable du lessivage de l'azote et du phosphore dans les eaux souterraines et les eaux du sol. En outre, les éléments nutritifs disponibles dans le sol, y compris la part de carbone organique, sont des indicateurs importants d'une éventuelle réduction des besoins en engrais d'une part et de la formation d'humus, paramètre reflétant la santé du sol, d'autre part. Un autre paramètre est la réduction de l'érosion ou l'augmentation de la stabilité du sol.

Perspectives des parties prenantes

L'intérêt pour les systèmes agroforestiers en Suisse ne cesse de croître. En raison des coûts d'investissement élevés et des engagements à long terme, le potentiel des systèmes agroforestiers n'est pas encore pleinement exploité. Pour que les systèmes agroforestiers modernes ne soient plus seulement une activité de niche et soient appliqués à grande échelle dans la pratique, des efforts de promotion doivent être faits en termes de mise en œuvre et de conseil. Les bases sont actuellement élaborées dans le cadre du projet d'utilisation durable des ressources «Agro4estérie», auquel participent 100 agricultrices et agriculteurs des cantons de Genève, Vaud, Neuchâtel et Jura. En outre, les systèmes agroforestiers font partie des mesures répertoriées dans la stratégie climatique de la Confédération à partir de 2030.

Conclusions

La culture maraîchère peut tirer un profit considérable de l'intégration d'arbres et d'arbustes sous forme de systèmes agroforestiers modernes. Le développement d'un système racinaire sous les cultures maraîchères permet de réduire les pertes d'azote et de phosphore - entre autres interactions positives qui contribuent au maintien de la santé du sol.

Informations complémentaires

Contenues dans...

Site d'Agroscope (y compris projet d'utilisation durable des ressources «Agro4estérie»):
<https://www.agroscope.ch/agroforesterie>

Site du GI Agroforesterie: <https://www.agroforesterie.ch/>

Site d'AGROMIX: www.agromixproject.eu

Site de DigitAF: www.digitaf.eu

Frick H., Bischoff W.-A., Liebisch F. (2023). Massnahmen zur Reduktion der Nitratwaschung ins Grundwasser: Regionalisierter Massnahmenkatalog für das Nitratprojekt Niederbipp-Gäu-Oltten (SO & BE). Agroscope Science 147, 1–134.
<https://doi.org/10.34776/as147q>

Bibliographie

- Bergeron, M., Lacombe S., Bradley R.L. et al. (2011). Reduced soil nutrient leaching following the establishment of tree-based intercropping systems in eastern Canada. *Agroforestry Systems* 83, 321–330. <https://doi.org/10.1007/s10457-011-9402-7>
- den Hond-Vaccaro C., Herzog F., Schoop J., Nilles L., Jäger M., Kay S. (2024). *Agroforstpraxis in der Schweiz. Verwurzelt im Wandel*. 1. Auflage, ISBN: 978-3-258-08366-7. Haupt Verlag, Bern.
- Hugenschmidt J., Kay S. (2023). Unmasking adaption of tree root structure in agroforestry systems in Switzerland using GPR. *Geoderma Regional* 34, e00659. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2023.e00659>
- Jäger M. (2017). *Agroforstsysteme – Hochstamm-, Wildobst- und Laubbäume mit Kulturpflanzen kombinieren*. Broschüre, AGRIDEA, Art.-Nr. 3048.
- Kay S., Crous-Duran J., García de Jalón S., Graves A., Palma J.H.N., Roces-Díaz J.V., Szerencsits E., Weibel R., Herzog F. (2018). Landscape-scale modelling of agroforestry ecosystems services in Swiss orchards: a methodological approach. *Landscape Ecology* 33(9), 1633–1644. <https://doi.org/10.1007/s10980-018-0691-3>
- Kaerer A., Palma J., Sereke F., Herzog F. (2010a). Prestations environnementales de l'agroforesterie: importance des arbres dans l'agriculture pour la protection des eaux et des sols, du climat, de la biodiversité et pour l'esthétique du paysage. Rapport ART 736. <https://ira.agroscope.ch/fr-CH/publication/25675>
- Kaerer A., Sereke F., Dux D., Herzog F. (2010b). *Agroforesterie moderne en Suisse. Vergers novateurs: productivité et rentabilité*. Rapport ART 725. <https://ira.agroscope.ch/fr-CH/Page/Publikation/Index/21764>
- Pavlidis G., Tsihrintzis V.A. (2018). Environmental Benefits and Control of Pollution to Surface Water and Groundwater by Agroforestry Systems: a Review. *Water Resource Management* 32, 1–29. <https://doi.org/10.1007/s11269-017-1805-4>
- Schoumans O. F., Chardon W. J., Bechmann M. E. et al. (2014). Mitigation options to reduce phosphorus losses from the agricultural sector and improve surface water quality: A review. *Science of the Total Environment* 468-469, 1255-1266. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.08.061>
- Seitz B., Carrard E., Burgos St., Tatti D., Herzog F., Jäger M., Sereke F. (2017). Erhöhte Humusvorräte in einem siebenjährigen Agroforstsystem in der Zentralschweiz. *Agrarforschung Schweiz* 8 (07–08), 318–323. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/44707>
- Wolz K.J., Branham B.E., DeLucia E.H. (2018). Reduced nitrogen losses after conversion of row crop agriculture to alley cropping with mixed fruit and nut trees. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 258, 172–181. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.02.024>

En collaboration avec:



Impressum

Éditeur	Agroscope Rte de la Tioleyre 4, case postale 64 1725 Posieux www.agroscope.ch
Series Editor	Frank Liebisch
Téléchargement	www.agroscope.ch/perteselementsnutritifs
Copyright	© Agroscope 2024

Exclusion de responsabilité

Agroscope décline toute responsabilité pour d'éventuels dommages en lien avec la mise en œuvre d'informations contenues ici. La jurisprudence suisse actuelle est applicable.