Revue AE&S 12-1 **Gestion des adventices : quelles opportunités et quels effets des couverts végétaux** – juin 2022

Revue à comité de lecture et en accès libre éditée par l'Association Française d'Agronomie sous le numéro ISSN 1775-4240. Plus d'informations www.agronomie.asso.fr/aes
L'AFA est une association à but non lucratif qui publie des travaux en accès libre.

Pour soutenir cette démarche, faites connaître AE&S, adhérez à l'association et faites adhérer votre organisme et vos collègues !

ARTICLE

Effet des couverts sur la flore en viticulture

Aurélie Metay[1], Léo Garcia[1], Elena Kazakou[2], Guillaume Fried[3]

1 UMR ABSys, Institut Agro, Inra, Cirad, CIHEAM-IAMM, Univ Montpellier, 2 Place Pierre Viala, 34060 Montpellier, France
2 CEFE, Univ Montpellier, CNRS, EPHE, IRD, Institut Agro, Montpellier, France
3 Anses, Laboratoire de la Santé des Végétaux, Unité Entomologie et Plantes invasives, 34988 Montferrier-sur-Lez, France
aurelie.metay@supagro.fr ; leo.garcia@supagro.fr ; elena.kazakou@supagro.fr ; guillaume.fried@anses.fr

Résumé

La flore des parcelles viticoles est diverse et occupe une place spatiale et temporelle importante dans les vignobles ; elle varie selon les pratiques d'entretien du sol et le pédoclimat. La gestion de cette flore est déterminée selon des objectifs de rendement et de qualité, et également des enjeux écologiques (herbicides, énergie fossile, et transition agroécologique). Aujourd'hui, la gestion des adventices repose majoritairement sur le désherbage mécanique et/ou l'enherbement avec tonte dans l'inter-rang, et le désherbage du rang utilise un herbicide chimique. En 2016, en France, l'enherbement sur l'inter-rang concerne la moitié du vignoble national et varie suivant le risque de sécheresse et la densité de plantation. Les cultures de services rendent de multiples services, dont la réduction des adventices. Enfin la gestion des adventices en parcelles viticoles peut fournir des services en relation avec la biodiversité (production de ressources florales pour les pollinisateurs ou de ressources fourragères).

Mots-clés : viticulture – couverts végétaux – gestion des adventices

Abstract

The spontaneous vegetation in vineyards is diverse and occupies an important spatial and temporal place. This vegetation is impacted by the different soil management practices and the pedoclimatic diversity of the vineyard terroirs. Its management is thought out according to the agronomic objectives of yield and quality, notably to limit competition with the vine. This management also responds to other ecological challenges: reduction in the use of herbicides, reduction in fossil fuel consumption, and the agro-ecological transition of winegrowing systems. In the "mixed" management method, which is often used, weed management in the inter-row is mainly based on mechanical weeding and/or grassing with mowing, while weeding in the row uses a chemical herbicide. In 2016, in France, inter-row weed control, whether partial or total, concerns 52% of the national vineyard area and varies greatly depending on the risk of drought and the density of plantation, which are decisive factors in the establishment and management of seeded cover. Among the many services, often linked to soil quality, potentially provided by these sown cover crops called service crops is the reduction of weeds by limiting their growth and development and inhibiting their germination. Finally, the management of spontaneous biodiversity within plots can satisfy other services such as the production of floral resources for pollinators or the production of biomass for grazing.

Introduction

Cet article aborde la question de l'effet des couverts sur la flore en viticulture en i) caractérisant l'importance spatiale et temporelle des adventices en parcelles viticoles et les enjeux notamment environnementaux liés à leur gestion, ii) en montrant comment le pédoclimat et les pratiques viticoles conditionnent la flore adventice, et enfin iii) en détaillant comment les couverts végétaux semés peuvent réguler les adventices et les fonctions associées à leur présence.

Viticulture et flore spontanée

Importance spatiale et temporelle des adventices en parcelles pérennes, viticoles notamment

Saisonnalité de la flore adventice et de sa gestion

En parcelles agricoles, la composition et la structure de la végétation spontanée fluctue au cours des saisons et des années, sous l'influence des conditions climatiques et des pratiques. En un lieu donné, la flore varie naturellement au cours des saisons par la succession d'espèces à cycles de vie différents, avec deux grands faciès, hivernal puis estival. Dans les champs cultivés, ces variations sont amplifiées car également déterminées par le type de la culture, sa croissance, les pratiques culturales associées et leurs interactions avec les conditions météorologiques.

Dans les systèmes de culture à base de pérennes et notamment les parcelles viticoles, les pratiques d'entretien du sol ont différents objectifs : amendement, gestion de la végétation spontanée ou semée et entretien de la structure du sol (décompaction ou travail plus superficiel) et gestion des contraintes hydriques azotées. Ces pratiques peuvent être différentes entre le rang (i.e. le cavaillon, entre les ceps de vigne) et l'inter-rang de vigne. Au final, l'ensemble de ces pratiques de gestion des sols modifie la composition et l'abondance de la flore spontanée (figure 1) en interagissant avec des pools d'espèces différentes selon la période à laquelle ont lieu ces pratiques (principalement l'hiver et jusqu'au début du printemps). Le désherbage chimique favorise des espèces capables d'éviter les traitements par un cycle précoce (*Poa annua*) ou tardif (*Solanum* spp.) ou qui tolèrent les traitements (*Erigeron* spp., *Malva sylvestris*). Comme les herbicides, le travail du sol favorise des annuelles rudérales mais aussi des vivaces à rhizome qui tolèrent le fractionnement (*Convolvulus arvensis*, *Sorghum halepense*). L'enherbement et la tonte permettent à des espèces pérennes qui ne sont pas des adventices classiques d'occuper la parcelle (*Dactylis glomerata*, *Hypericum perforatum*, *Plantago lanceolata*).

Structure de la parcelle viticole et espace pour la flore adventice

Les systèmes de culture à base de pérennes, du fait de l'écartement entre les arbres fruitiers ou les ceps de vignes (Figure 1C), sont caractérisés par un espace important, soit désherbé chimiquement ou mécaniquement, soit occupé par la végétation et notamment la flore spontanée. Ainsi, l'écartement moyen des rangs est très variable selon les vignobles, et il est parfois explicitement lié au cahier des charges des appellations. Le vignoble français est majoritairement composé de vignes à faible densité de plantation (seules 21 % des superficies en vigne ont une distance entre les rangs inférieure à 170 cm (et 10% une distance inférieure à 120 cm). Les vignes à haute densité, ou vignes étroites, que l'on trouve en Champagne (100% du vignoble a des inter-rangs inférieurs à 120 cm), Bourgogne (73% des inter-rangs inférieur à 120 cm), Beaujolais (58% inférieur à 120 cm) et Haut Médoc, sont les plus difficiles à désherber mécaniquement. Ces vignobles ont les plus forts IFT herbicide, notamment dus aux situations de pente qui rendent le désherbage mécanique plus difficile. Toutefois, même dans ces bassins viticoles, 20% des vignes ne reçoivent pas d'herbicides (Jacquet *et al.*, 2019) .

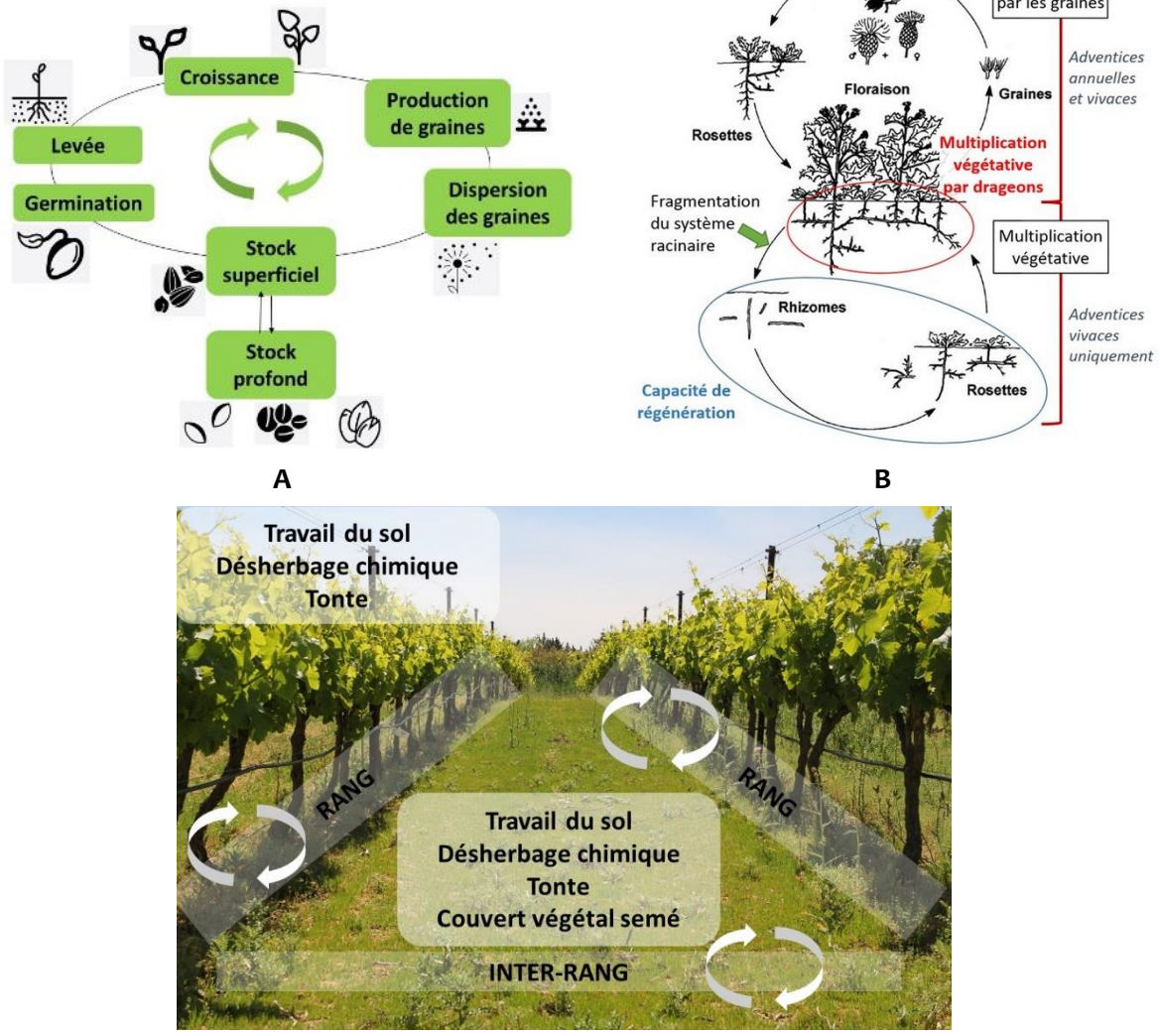

Figure 1 : Les adventices dans le temps et l'espace de la parcelle viticole : A & B. cycles théoriques d'une adventice annuelle et d'une adventice vivace : C : différents pools d'adventices dans la parcelle viticole en interaction avec les pratiques au niveau du rang et de l'inter-rang.

Diversité de la flore spontanée dans les vignes et espèces problématiques

Environ 900 espèces d'adventices ont été répertoriées dans les vignes françaises par les botanistes soit 75 % des adventices françaises toutes cultures confondues (Maillet, 1992). La diversité de la flore de la vigne est plus importante qu'en cultures annuelles. En effet, la pérennité de la culture et les travaux du sol souvent moins profonds peuvent conduire à une proportion plus importante d'adventices pérennes, à la différence des cultures annuelles où les adventices annuelles sont les plus présentes (Gaviglio, 2013). Par ailleurs, la vigne occupe une plus large gamme de milieux, parfois très contraignants (coteaux calcaires très caillouteux, sols sableux), ce qui amène des cortèges d'espèces d'habitats naturels voisins adaptées à ces conditions. Du point de vue des viticulteur·rice·s, plusieurs espèces d'adventices sont considérées comme problématiques, soit, le plus fréquemment, du fait de la concurrence pour les ressources hydriques ou minérales qu'elles peuvent générer pour la vigne, soit du fait de la difficulté à les gérer (cas par exemple du Sorgho d'Alep, au mode de propagation végétative très puissant), soit du fait de la perturbation qu'elles représentent pour les opérations culturales (cas des érigérons qui peuvent « gêner » la vendange

et certains outils du fait de leur hauteur). Dans les enquêtes du groupe COLUMA Vigne de l'AFPP, les adventices les plus difficiles à maîtriser ont été identifiées (Tableau 1).

Tableau 1 : Adventices les plus difficiles à maîtriser sur l'ensemble du territoire viticole et en région méridionale, d'après les enquêtes du groupe COLUMA Vigne de l'AFPP (2011 et 2012), cité de Gaviglio, 2013. Noms communs (noms latins)

Sur l'ensemble du territoire viticole	**En région méridionale**
le chardon des champs (*Cirsium arvense*) les érigerons (*Erigeron canadensis et sumatrensis*) le liseron des champs (*Convolvulus arvensis*) la morelle noire (*Solanum nigrum*) les amarantes (*Amaranthus retroflexus*) le lierre grimpant (*Hedera helix*) l'épilobe à quatre angles (*Epilobium tetragonum*) la garance voyageuse (*Rubia peregrina*) le brome stérile et autres bromes (*Bromus sterilis, Bromus arvensis)* la carotte sauvage (*Daucus carota*) le chénopode blanc (*Chenopodium album*) les géraniums (*Geranium rotundifolium, molle*) le liseron des haies (*Convolvulus sepium*) les mauves (*Malva sylvestris, neglecta*) les rumex (*Rumex crispus, pulcher*) l'aristoloche à feuilles de clématite (*Aristolochia clematitis*) le gaillet gratteron (*Galium aparine*) le chiendent rampant (*Elymus repens*)	le chiendent pied de poule (*Cynodon dactylon*) l'inule visqueuse (*Dittrichia viscosa*) la chondrille (*Chondrilla juncea*) la lampourde épineuse (*Xanthium spinosum*) la prêle rameuse (*Equisetum ramosissimum*) le sorgho d'Alep (*Sorghum halepense*) le bident à feuilles presque alternes (*Bidens subalternans*) les crépis (*Crepis sancta, foetida*) la croix de Malte (*Tribule terrestris*) le panic pied de coq (*Echinochloa crus-galli*) le chardon marie (*Sylibum marianum*)

<u>Enjeux agro-environnementaux liés à la gestion des adventices en viticulture</u>

La gestion des adventices en viticulture est en premier lieu réfléchie en fonction des objectifs agronomiques de rendement et de qualité, notamment pour limiter la compétition avec la vigne. La tolérance à la présence des adventices dépend du niveau de production attendu et de la valeur ajoutée de cette production. Cette gestion répond également à d'autres enjeux écologiques : réduction d'usage des herbicides, en particulier du glyphosate, réduction de la consommation d'énergie fossile, et transition agroécologique des systèmes viticoles pour une plus grande durabilité de la filière (e.g. (Garcia *et al.*, 2018).

Deux enjeux majeurs pour la viticulture : supprimer l'usage du glyphosate et réduire la consommation d'énergie fossile

La viticulture est un secteur fortement utilisateur de glyphosate, et la suppression annoncée de l'usage du glyphosate en général (déjà effective sur les inter-rangs mécanisables) incite les viticulteur·ice·s à repenser leur mode de gestion des adventices. En effet, dès 2017, un rapport INRAE, actualisé en 2019 (Jacquet *et al.*, 2019) a permis une première identification des utilisations du glyphosate en viticulture et des alternatives possibles. Il estime que la quantité de glyphosate en viticulture varie de 400 à 1000 g/ha/ an. Ce chiffre peut être rapproché de celui obtenu dans les données de vente (Base nationale de Données des ventes de pesticides). La carte des quantités à l'hectare établie par le Commissariat général au développement durable, à partir de ces données, montre que les zones les plus consommatrices de glyphosate (plus de 1kg/ha) correspondent

largement aux zones viticoles (Jacquet *et al.*, 2019). Les solutions de désherbage non-chimique sont le désherbage mécanique (alternative la plus fréquente), le désherbage thermique ou électrique dans une moindre mesure, et l'enherbement (enherbement total, i.e. rang et inter-rang). **Dans ce contexte de réduction d'usage des herbicides, le désherbage mécanique apparait comme une solution techniquement accessible et efficace dans les inter-rangs.** Le désherbage mécanique demande un choix des outils adapté à la typologie du vignoble et peut engendrer un investissement financier important au niveau du parc matériel. En effet, un seul outil est rarement suffisant, et les passages relativement lents et plus nombreux : en conséquence, la consommation d'énergie fossile augmente, ainsi que le temps de travail.

Toutefois, il faut distinguer la gestion de l'inter rang et celle du rang, cette dernière étant plus difficile à gérer sans herbicide. Le désherbage mécanique du cavaillon (bande de sol sous le rang de ceps de vigne), par exemple au moyen de lames interceps, nécessite beaucoup d'attention malgré les progrès techniques. En effet, cette opération peut provoquer des blessures aux vignes et parfois aux infrastructures (piquets). De plus, il peut favoriser certaines plantes particulièrement invasives comme le liseron des champs ou le chiendent pied-de-poule.

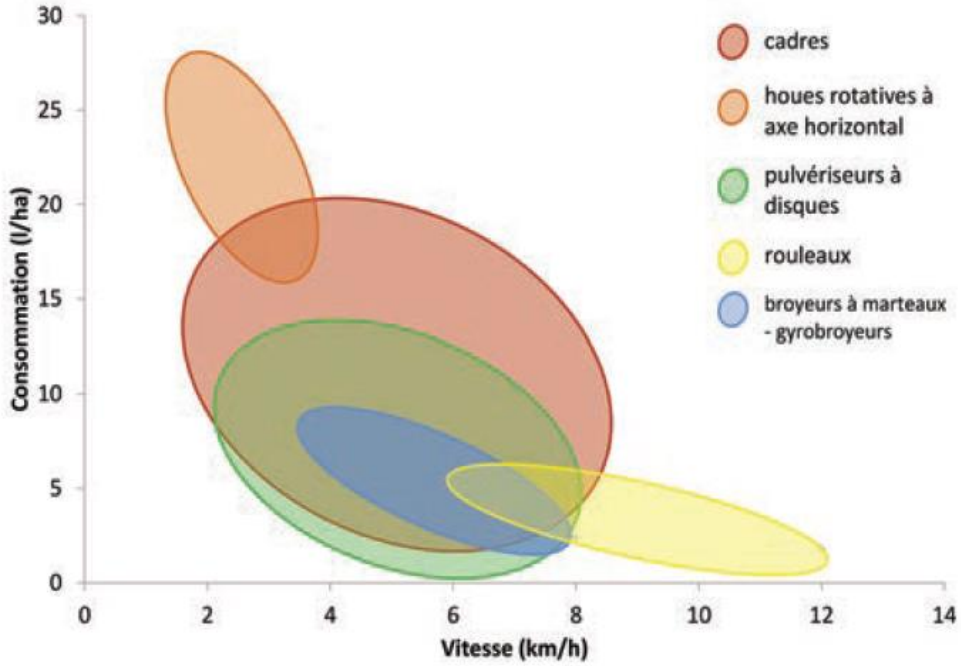

Figure 2 : Gamme de variation de consommation des différents outils inter-rang, en fonction de la vitesse de travail (Constant et al., 2019)

Que ce soit dans l'inter-rang ou sur le cavaillon, le travail mécanique du sol représente des coûts souvent deux à trois fois plus élevés que l'utilisation d'un herbicide (Constant *et al.*, 2019). En effet, la mise en œuvre du désherbage mécanique se traduit par un impact significatif sur les deux postes les plus énergivores à la vigne (« carburant », jusqu'à plus de 25 L/ ha pour la houe rotative, contre moins de 5 pour les rouleaux et « matériel ») (figure 2), ainsi que sur les coûts de main d'œuvre. Aussi, il augmente généralement l'érosion dans les vignobles en pente (Biddoccu *et al.*, 2017). Lorsque la mécanisation du travail du sol et du cavaillon est trop compliquée ou pas suffisamment efficace, il est nécessaire d'intervenir à la main : ces travaux sont particulièrement pénibles et représentent un temps de travail et un coût importants pour l'exploitation. Dans le mode de gestion « mixte », souvent utilisé, la gestion des adventices dans l'inter-rang repose majoritairement sur le désherbage mécanique et/ou l'enherbement avec tonte, tandis que le désherbage du rang utilise un herbicide chimique : se passer des herbicides sous le rang reste un enjeu et une difficulté non négligeable.

Au-delà de la réduction d'usage du glyphosate, la viticulture s'engage également dans une transition agroécologique nécessaire pour la durabilité de la filière. Par définition, la transition agroécologique désigne un changement de modèle agricole pour mettre en œuvre les principes de l'agroécologie et répondre ainsi aux crises que traverse ce secteur. Elle repose, en particulier, sur i) la création et mobilisation de savoirs issus de l'agroécologie, ii) l'engagement des acteurs (agriculteurs, conseillers agricoles…) dans la construction de ces savoirs pour une adaptation aux territoires, et iii) la territorialisation de l'agriculture impliquant notamment une reconnexion de la production agricole avec l'alimentation locale (Hazard *et al.*, 2017). Le guide de l'Institut Français de la Vigne et du Vin sur la transition agroécologique de la viticulture (Herbin *et al.*, 2022) identifie 7 enjeux majeurs ; pour 5 d'entre eux, la problématique de la gestion de la flore adventice est centrale (Tableau 2).

Tableau 2 : Place de la gestion des couverts et de la flore spontanée par rapport aux enjeux de la transition agroécologique

Enjeu de la transition agroécologique de la viticulture (Herbin *et al.*, 2022)	**Interaction avec la gestion des adventices et la mise en place et la gestion des couverts**
Préservation des qualités des sols	La gestion mécanique et chimique des adventices peut dégrader la qualité des sols La mise en place de couverts végétaux peut contribuer à augmenter la qualité des sols
Préservation de la ressource en eau	La réduction d'usage des herbicides contribue à la préservation de la ressource en eau
Préservation et développement de la biodiversité	Le maintien de la flore spontanée ou le semis de couverts végétaux contribuent au développement de la biodiversité
Diminution de l'usage des produits phytosanitaires & développement du biocontrôle	La tolérance au maintien des adventices ou l'introduction de couverts semés limitent l'usage des herbicides et favorisent les services de régulation des ravageurs via les auxiliaires généralistes.
Atténuation des effets du changement climatique & Adaptation	La restitution de la biomasse végétale semée ou spontanée contribue au stockage de carbone dans les sols viticoles

Régulation des adventices en viticulture, selon les pratiques et le pédoclimat

Diversité des pratiques de gestion des sols viticoles

La gestion de l'inter-rang a connu depuis le XXè siècle 3 grandes périodes (adapté de Fried *et al.*, 2019) dont les pratiques caractéristiques sont présentées dans le tableau 3.

Tableau 3 : évolution des pratiques de gestion des sols viticoles depuis le début du XXème siècle

Période	Caractéristiques des pratiques de gestion du sol
Première moitié du XXème siècle	L'épidémie du *Phylloxera* a conduit à une replantation massive du vignoble avec des porte-greffes américains en ligne avec un écartement régulier. Cette structure régulière contribue à l'adoption généralisée du labour, par une charrue attelée pour le travail de l'inter-rang et sur le rang, même si le rang est encore travaillé à la main. Après les années 1950, le tracteur remplace progressivement le cheval mais toujours avec les mêmes objectifs (chaussage, déchaussage au niveau du rang et façons superficielles sur l'inter-rang).
1960-1990	Avec la mise sur le marché d'herbicides autorisés en vigne, le désherbage chimique peut être localisé sur le rang ce qui limite le chaussage-déchaussage sur le rang en maintenant des travaux superficiels sur l'inter-rang ou être réalisé « en plein » (sur le rang et l'inter-rang) avec souvent l'abandon de tout travail du sol (Fried *et al.*, 2019). La généralisation du désherbage chimique entraîne des changements majeurs dans la composition et la richesse des communautés d'adventices entre les années 1970 et 1990 (Barralis *et al.*, 1983; Lopes *et al.*, 2008; Maillet, 1992) au point que les malherbologues parleront d'« inversion de flore ».
Depuis le début des années 2000	Des préoccupations agronomiques et environnementales ont conduit à une troisième période. La forte diminution des taux de matière organique dans les sols et les problèmes de portance ou d'érosion liés à la présence de sols « nus » (Novara *et al.*, 2018) font prendre conscience de la nécessité de maintien d'un couvert en hiver (avec l'abandon du désherbage d'automne), ainsi que dans les inter-rangs larges quand ce maintien n'entraîne pas de problèmes de concurrence. Il s'agit également de restaurer la fertilité des sols et éviter la perte d'éléments nutritifs en hiver. Par ailleurs, la problématique de contamination des eaux par des substances actives essentiellement herbicides fait prendre conscience de la nécessité de limiter le recours à ces produits. Après une baisse de l'utilisation des herbicides entre 2006 et 2010, on observe une relative stabilité si l'on analyse les statistiques agricoles entre 2010 et 2016 (Ambiaud, 2012). L'enherbement semé et entretenu par tonte permet l'établissement d'un couvert végétal maîtrisé qui peut même limiter la présence d'une flore adventice gênante (Baumgartner *et al.*, 2008).

Aujourd'hui, pour maîtriser la concurrence liée aux adventices, les viticulteur·ice·s recourent le plus souvent à un désherbage mixte : chimique et mécanique (Figure 3A). Ce dernier concerne près de la moitié du vignoble français alors que le désherbage chimique exclusif est opéré sur près d'un tiers des surfaces, et le désherbage exclusivement mécanique sur près d'un cinquième (Figure 3A). En 2016, les vignes ont reçu en moyenne 1,8 passages de désherbage chimique (essentiellement sous le rang) et 2,4 passages de désherbages mécaniques.

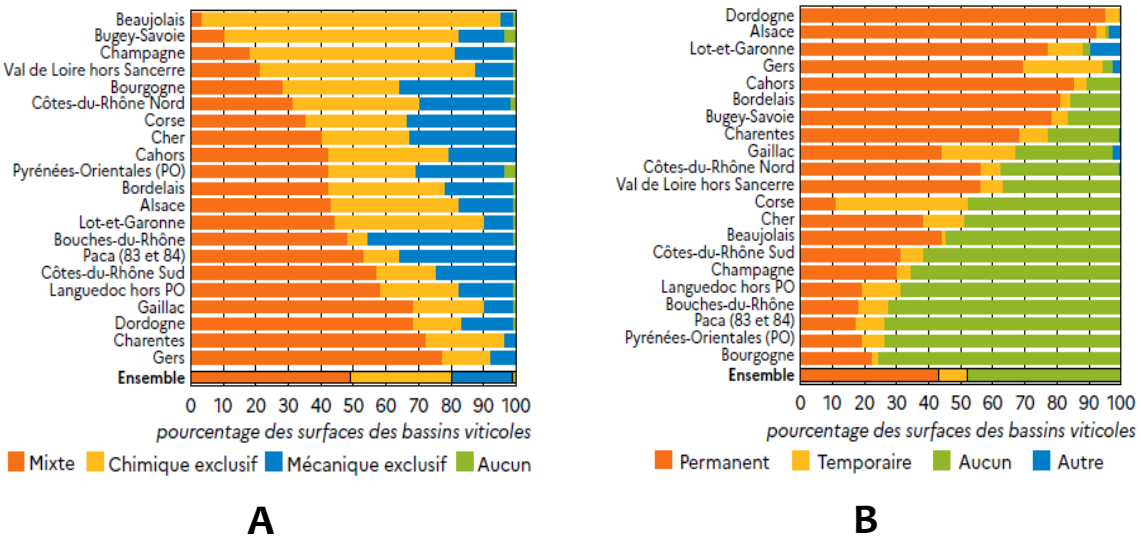

Figure 3 : Inventaire des pratiques viticoles d'après Enquête Pratiques phytosanitaires en viticulture 2016 (GraphAgri 2021) : A : Modes de désherbage, répartition des surfaces selon le mode, par vignoble ; B : Pourcentage d'enherbement inter-rang, selon le mode, par vignoble.

D'après la synthèse Graph'Agri issue des données AGRESTE (Prost and Beaufils, 2021) en 2016, l'enherbement sur l'inter-rang, partiel ou total, concerne 52 % de la surface du vignoble national (Figure 3B) : , 43 % en enherbement permanent, 9 % en enherbement temporaire, la plupart du temps hivernal, pendant le repos végétatif de la vigne. Les enherbements permanents des inter-rangs concernent pour la moitié d'entre eux un inter-rang sur deux et pour 45 % la totalité des inter-rangs. Sous le rang, l'enherbement est très exceptionnel (6 % du vignoble national en moyenne).

Les pratiques de gestion de l'enherbement sont très variables entre les différents bassins viticoles : à titre d'exemple, l'enherbement permanent, autrement dit présent toute l'année concerne plus de 80% des vignobles du Bordelais, contre moins de 20% du vignoble Languedocien (hors PO). Si la contrainte climatique et en particulier le risque de sécheresse explique en grande partie cette variabilité géographique, la densité de plantation qui peut contraindre la mise en place et la gestion des couverts semés est aussi déterminante : par exemple, le vignoble Champenois, à très fort objectif de production, et à forte valeur ajoutée et planté très densément, généralement peu concerné par la contrainte hydrique, ne présente que 30% des parcelles enherbées de manière permanente (Figure 3B).

<u>Conséquences de cette diversité de pratiques sur la flore adventice en contexte viticole</u>

L'ensemble des pratiques de gestion de l'inter-rang et du rang viticole, en nature, intensité (profondeur de travail du sol) et fréquence modifie la flore adventice (Figure 1 & Figure 4).

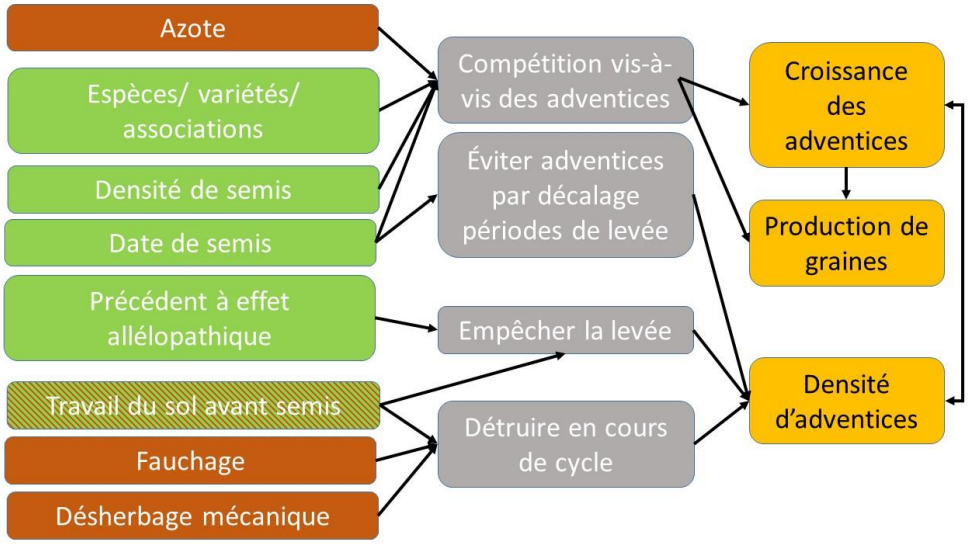

Figure4 : Hypothèses sur les liens pratiques/ flore adventice (adapté de (Valantin-Morison et al., 2008)). Les pratiques en vert à gauche correspondent à la mise en place d'un couvert semé.

La figure 4 illustre la diversité des mécanismes par lesquels les pratiques et notamment celles liées à la mise en place et à la gestion d'un couvert végétal semé (en vert sur la figure) peuvent modifier la flore adventice : favoriser la compétition des espèces semées avec les adventices, éviter les périodes de développement des adventices, empêcher la levée des adventices, détruire les adventices. En particulier, le choix des espèces (cycle et vitesse de croissance), la date et la densité de semis peuvent limiter les conditions de développement des adventices. Le cas des couverts à effet allélopathique est également intéressant à citer : l'allélopathie est définie comme tout effet direct ou indirect, positif ou négatif, d'une plante sur une autre, par le biais de composés biochimiques libérés dans l'environnement (Rice, 1984). Une étude récente, combinant essais au champ et approche métabolomique, a montré que l'inhibition de la croissance de l'amarante par le sarrasin, le radis fourrager et la moutarde brune est la même avec un fort ou un faible ombrage du couvert, suggérant que les exsudats racinaires jouent un rôle important (Gfeller and Wirth, 2017).

A l'échelle nationale, l'étude récente de Fried *et al.* (2019) sur la flore d'un réseau de 46 parcelles viticoles dans trois régions viticoles (Champagne, Beaujolais et Languedoc) avec 883 relevés de flore effectués entre 2006 et 2012 a montré que la saison était le filtre le plus important pour les communautés d'adventices dans les vignobles, opposant dans chaque parcelle une communauté vernale et estivale. Cet effet saison inclut aussi indirectement un effet pratique puisque la gestion (désherbage chimique, travail du sol, tonte) a lieu entre le printemps et l'été. En outre, les variations spatiales entre les régions (latitude), les types de sol (pH) et les variations interannuelles (2006 à 2012) ont également été considérées comme ayant un effet important sur le turnover des espèces. A cette échelle, les pratiques agricoles expliquent une faible variation globale de la composition des communautés d'adventices, mais certaines espèces ont montré un lien élevé et constant à des pratiques contrastées. Par exemple, les applications d'herbicides (principalement le glyphosate) ont favorisé certaines espèces telles que la Mauve des bois (*Malva sylvestris*) et le Sorgho d'Alep (*Sorghum halepense*), tandis que le travail du sol dans les inter-rangs a sélectionné des adventices annuelles typiques telles que le Céraiste aggloméré (*Cerastium glomeratum*) et le Gaillet gratteron (*Galium aparine*). La nature et l'intensité des pratiques de gestion ont cependant une influence beaucoup plus importante sur la richesse et l'abondance des espèces, avec un effet égal des herbicides et du travail du sol pour contrôler la richesse et l'abondance des espèces de adventices dans les inter-rangs, mais des effets plus forts des herbicides ont été observés sur l'abondance des espèces dans les rangs. Le travail du sol le long des rangs et une combinaison de tonte et de travail du sol le long des inter-rangs sont associés au plus haut niveau de richesse et d'abondance des adventices.

Place et effet des couverts semés en viticulture

Place croissante des couverts semés dans les pratiques de gestion de l'inter-rang

Mettre en place et gérer un enherbement sur des cultures pérennes consiste à semer, planter ou entretenir un couvert végétal précédemment semé, annuel et/ou pérenne, sur tout ou partie de la parcelle cultivée. Le couvert végétal peut éventuellement être une culture de rente mais sa vocation principale est bien de « rendre un service » à l'agroécosystème et aux viticulteur·rice·s (passage des engins et gestion de la vigueur de la culture). On peut parler alors de culture de services (Garcia *et al.*, 2018 ; Gardarin *et al.*, 2022 ; Ogilvie *et al.*, 2019). Les récentes enquêtes sur les pratiques culturales (Prost and Beaufils, 2021) montrent l'augmentation de l'adoption de cette pratique à l'échelle du vignoble français avec toutefois une forte disparité selon les vignobles (figure «3B), notamment en lien avec les conditions pédoclimatiques (craintes d'une concurrence trop forte pour les ressources du sol, particulièrement l'eau) et la faisabilité de la gestion de cette culture associée (densité de plantation, taux de cailloux, équipement de l'exploitation).

Diversité des services attendus des couverts semés et régulation des adventices

Les services potentiellement rendus par les couverts semés sont multiples (Figure 5, Garcia *et al.*, 2018). Ainsi, on note de nombreux effets sur la qualité des sols : augmentation du carbone organique du sol et de l'activité biologique des sols, effet engrais vert, amélioration de l'infiltration de l'eau et de la stabilité des agrégats et amélioration de la portance du sol, et réduction du ruissellement et de l'érosion (Abad *et al.*, 2021). Enfin, parmi les effets régulièrement cités dans la littérature, figure la réduction des adventices (figure 5). Les cultures de service peuvent également engendrer des disservices, principalement liés à la compétition avec la vigne, via l'absorption d'eau et d'éléments minéraux (Celette and Gary, 2013).

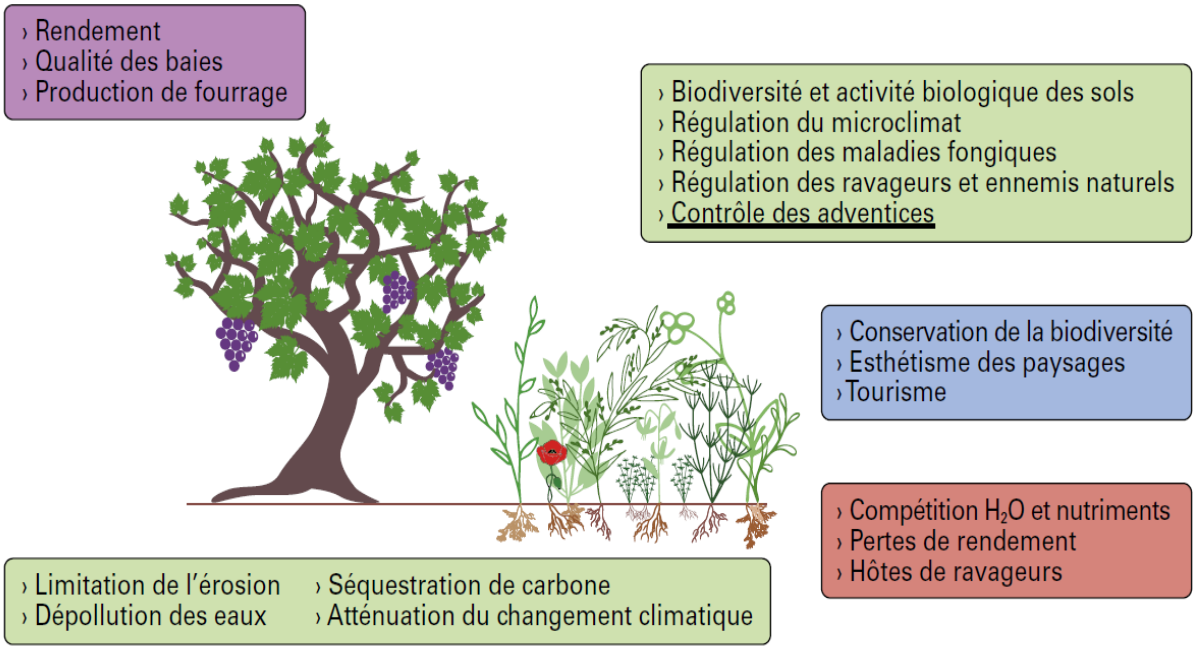

Figure 5 : place de la régulation des adventices dans les services attendus en général des couverts végétaux en parcelles pérennes (Garcia et al., 2020). Violet : services d'approvisionnement ; vert : services de régulation et conservation ; bleu : services culturels ; rouge : disservices. Source : Editions Oenoplurimedia, Revue des Œnologues n°177 S, novembre 2020.

La pratique aujourd'hui privilégie le semis de mélanges plutôt que le semis d'une seule espèce pour les couverts végétaux temporaires**.** Les mélanges sont perçus comme un « gage » de réussite du semis, et la redondance entre espèces d'une même famille botanique rassure souvent les

viticulteur·ice·s pratiquant le semis (« au moins une espèce fonctionnera dans le mélange »). De plus, la technique du semis est parfois moins maitrisée en viticulture, en comparaison aux systèmes de culture annuels, le matériel moins adapté et précis, et le risque d'échec plus élevé. Le choix des espèces (Tableau 4) à intégrer dans le mélange peut tenir compte des critères suivants :

- Complémentarité des niches des espèces (architectures aériennes et racinaires) ;
- Redondance de certaines fonctions dans le mélange (e.g. acquisition de l'azote atmosphérique par plusieurs légumineuses)
- Résistance au froid et au gel des espèces (si semis à l'automne)
- Facilité de destruction (par le gel, par un outil mécanique)
- Vitesse de croissance élevée

La disponibilité des semences et leur coût, ainsi que la charge de travail pour le semis sont déterminants pour la mise en œuvre de cette pratique. La sélection de cultures de services (espèces, cultivars, variétés populations) semées permet de choisir des plantes possédant des caractéristiques intéressantes (e.g. faible profondeur d'enracinement, destruction facile), facilitant la gestion de la compétition avec la vigne, adaptées à différents environnements et cohérentes avec les objectifs de services (Garcia *et al.*, 2020). La recommandation pour le semis des mélanges comme des espèces pures est souvent le surdosage afin de maximiser la biomasse obtenue, et donc les services rendus par le couvert semé.

Gestion des couverts et effets sur les populations d'adventices

La mise en place et la gestion des cultures de services affectent plusieurs mécanismes en relation avec la croissance et la reproduction des adventices (figure 6).

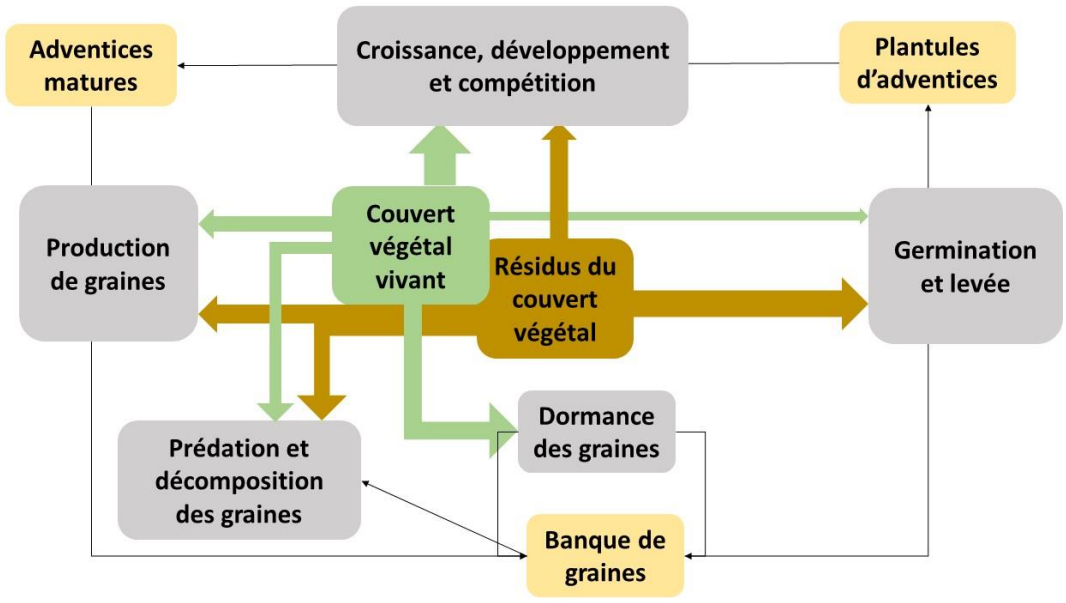

Figure 6 : Mécanismes d'interaction des couverts végétaux (vivants ou sous forme de résidus) avec la flore adventice (adapté de (Lemessa and Wakjira, 2015)), en vert, sont figurés les différents états de la flore adventice, en gris les mécanismes impactés par la présence des couverts et des résidus

Premièrement, le semis de cultures de services empêche la croissance et le développement des adventices par la préemption de niche (Amoghein *et al.*, 2013). Dans ce cas, les cultures de services occupent l'espace et utilisent les ressources qui seraient autrement disponibles pour les adventices. Deuxièmement, les résidus de cultures de services incorporés ou placés à la surface du sol peuvent inhiber ou retarder la germination et l'installation des adventices (Kruidhof *et al.*, 2009).

Tableau 4 : Identification des espèces/ mélanges couramment rencontrés en viticulture (Gaviglio et al., 2013)

Famille	***Nom latin***	**Nom commun**
Espèces pérennes pour l'enherbement permanent des vignes		
Graminées (Poacées)	*Lolium arundinaceum*	Fétuque élevée
	Lolium perenne	Ray grass anglais
	Festuca rubra subsp. *rubra*	Fétuque rouge traçante
	Festuca rubra subsp. *comutata*	Fétuque rouge gazonnante
	Festuca ovina	Fétuque ovine
	Poa pratensis	Pâturin des prés
	Dactyle glomerata	Dactyle
	Agrostis capillaris	Agrostide
Légumineuses (Fabacées)	*Trifolium repens*	Trèfle blanc
Espèces annuelles pour l'enherbement permanent des vignes		
Graminées (Poacées)	*Bromus tectorum*	Brome des toits.
	Hordeum murinum	Orge des rats
Légumineuses Fabacées	*Medicago polymorpha*	Medic/ luzerne annuelle
	Medicago rigidula	Luzerne raide
	Medicago lupulina	Luzerne lupuline
	Trifolium subterraneum	Trèfle souterrain
Espèces annuelles pour l'enherbement hivernal des vignes		
Graminées (Poacées)	*Avena sativa*	Avoine
	Lolium multiflorum	Ray grass d'Italie
	Avena strigosa	Avoine rude
	Secale cereale	Seigle
	Triticum spp.	Blés dur et tendre
	Hordeum vulgare	Orge
Crucifères (Brassicacées)	*Sinapsis alba*	Moutarde blanche
	Brassica juncea	Moutarde brune
	Brassica rapa subsp. *oleifera*	Navette fourragère
	Raphanus sativus	Radis fourrager
	Brassica napa	Colza fourrager
Légumineuses (Fabacées)	*Trifolium alexandrinum*	Trèfle d'Alexandrie
	Trifolium incarnatum	Trèfle incarnat
	Vicia sativa	Vesce commune
	Vicia villosa	Vesce velue
	Lathyrus oleraceus	Pois fourrager
	Vicia faba	Féverole
Hydrophyllacées	*Phacelia tanacetifolia*	Phacélie à feuilles de tanaisie

Les nutriments libérés par les résidus de cultures de services, principalement l'azote, peuvent stimuler la germination des graines d'adventices (Teasdale and Pillai, 2005), alors que l'immobilisation temporaire de l'azote en raison de la vitesse de décomposition lente des décompositions des résidus de cultures de services à C/N élevé peut inhiber la germination. Les résidus placés à la surface du sol peuvent réduire les fluctuations de la température du sol et réduire physiquement la pénétration de la lumière, deux facteurs qui inhibent la germination (Liebman and Staver, 2001). En outre, l'amendement du sol avec des résidus frais peut, dans certains cas, soit stimuler (Manici *et al.*, 2004) ou supprimer (Matthiessen and Kirkegaard, 2006) la multiplication et l'activité des microbes du sol qui ont un impact sur la banque de graines des adventices.

Une culture de services avec une forte production de biomasse est susceptible de produire un effet physique important sur les adventices, et donc une suppression efficace des adventices. Dans un article de synthèse récent, les cultures de couverture efficaces pour contrôler les adventices à la fois comme cultures pures et dans un mélange étaient *Hordeum vulgare, Secale cereale*, *Vicia villosa* et *Trifolium incarnatum* (Mennan *et al.*, 2020), du fait de leur capacité à produire de la biomasse. Par ailleurs, une couverture précoce du sol (observé par exemple avec *Raphanus sativus*) et une densité de semis élevée des cultures de services, peuvent également augmenter leur biomasse et donc la compétition avec les adventices (Mennan *et al.*, 2020). En général, le contrôle des adventices par les cultures de services peut être amélioré par un semis d'espèces appartenant à différents groupes fonctionnels ; (Ranaldo *et al.*, 2020) l'a montré récemment en combinant 4 groupes fonctionnels différents : (i) les Légumineuses à grosses graines à croissance rampante (pois fourrager, vesce commune), (ii) les Légumineuses à petites graines à croissance érigée (trèfle violet, trèfle squarrosum), (iii) les Graminées (orge, avoine) et (iv) les Brassicacées (radis, moutarde noire).

Pilotage des couverts semés pour la gestion des adventices

Le semis de couverts végétaux dans les vignobles requiert la définition d'une stratégie à des échelles annuelles ou pluriannuelles. Les décisions concernent le choix des espèces ou mélanges, les rotations entre espèces (Tableau 4), leur installation (période de semis, densité), la structure spatiale et la période de présence de l'enherbement dans la parcelle, ainsi que la destruction des couverts (période, outils, gestion des résidus) (Garcia *et al.*, 2020). Les décisions tactiques sont prises chaque année pour ajuster les pratiques de tonte ou de destruction des couverts, plus exceptionnellement de fertilisation ou d'irrigation.

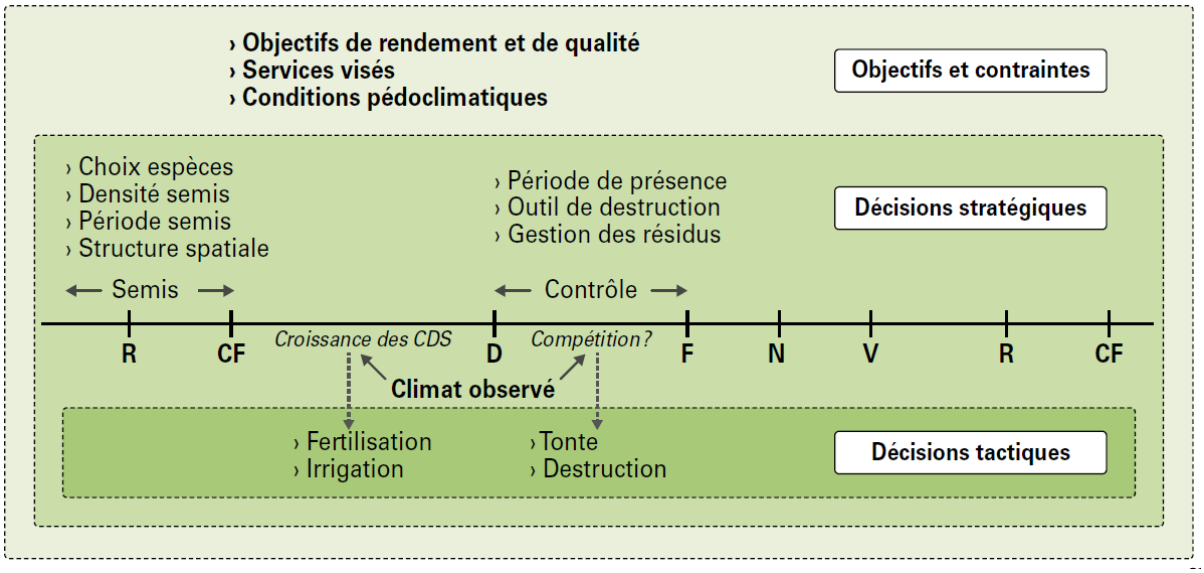

Figure 7 : Gestions stratégique et tactique des cultures de services (Garcia et al., 2020). D : débourrement, F : floraison, N : nouaison, V : véraison, R : récolte, CF : chute des feuilles. Source : Editions Oenoplurimedia, Revue des Œnologues n°177 S, novembre 2020.

La date de semis affecte directement la levée et le développement et la production de biomasse des cultures de services (figure 7). En viticulture, les cultures de services sont souvent semées à l'automne, quand les conditions de sol sont favorables, ce qui permet de réguler les espèces adventices à levée automnale.

La stratégie d'enherbement doit également préciser la structure spatiale sur les rangs et/ou les inter-rangs de la parcelle, et éventuellement la densité de semis des espèces semées. Ces choix affectent le niveau de compétition entre les cultures de services et la vigne, particulièrement en conditions non irriguées (Delpuech and Metay, 2018). A l'échelle de la saison ou du mois, il est nécessaire de s'adapter aux conditions climatiques et à l'état de végétation de la vigne et du couvert.

Les interventions techniques destinées à maîtriser ou détruire la végétation des cultures de services (figure 7) sont également des leviers importants à mobiliser dans cette gestion tactique des cultures de services (Garcia *et al.*, 2021). Selon les services visés, le choix de l'outil de destruction et de gestion des résidus est alors un des leviers essentiels pour le pilotage des fonctions écologiques supports des services écosystémiques.

L'effet de gestion de quatre stratégies de cultures de services différentes dans les inter-rangs sur la dynamique de la population de chiendent pied-de-poule (*Cynodon dactylon*) (évolution de la couverture et de la présence) a été évalué sur trois saisons (2015-2017) dans une étude récente (Valencia-Gredilla *et a*l., 2020) : un couvert végétal spontané géré par fauchage ; un couvert végétal spontané géré par fauchage plus application d'herbicide ; sol labouré et végétation spontanée en croissance ; et sol labouré et un couvert d'orge semé (*Hordeum vulgare L.*). Chaque gestion a affecté différemment à la fois *Cynodon dactylon* et les autres adventices : le semis d'orge a été le plus efficace pour contrôler *Cynodon dactylon* et les autres adventices, ce qui suggère un effet de compétition plus fort d'un couvert semé en comparaison d'un couvert spontané (autres modalités). Toutefois, la variabilité d'installation des cultures de services conditionne le succès dans la gestion des adventices : par exemple dans le cas du projet FertilCrop (ERA-Net Core Organic, 2015–2017), la variabilité d'installation de la féverole en culture de services hivernale (taux de couverture 6 mois après le semis de 70% et 26% en 2016 et 2017 respectivement) a modulé son efficacité à réguler les adventices en systèmes viticoles méditerranéens (taux de couverture d'adventices de 10% et 40% en 2016 et 2017 respectivement).

Les adventices vus comme des cultures de services en parcelles pérennes ?

Place croissante des couverts spontanés dans les pratiques de gestion de l'inter–rang, particulièrement en contexte méditerranéen

Le choix d'un couvert semé ou spontané fait souvent partie des interrogations des viticulteurs et viticultrices. Quelquefois, la végétation spontanée peut être préférée pour former le couvert car elle représente une option de culture intercalaire sans coût d'installation et peut offrir des compromis intéressants en termes de services écosystémiques (Kazakou *et al.*, 2016). Cependant, la production de biomasse d'un couvert spontané est souvent moins importante qu'un couvert semé (Steenwerth and Belina, 2008). En région méditerranéenne, une enquête en 2016 auprès de 334 viticulteur·rice·s a permis de caractériser leurs pratiques de gestion des sols et l'importance de l'enherbement au cours de la saison 2014-2015 en lien avec la fourniture de services (Fernández-Mena *et al.*, 2021). Les trois quarts des viticulteur·rice·s interrogé·e·s ont entretenu ou semé des cultures de services dans leurs vignobles ; 41 % ont utilisé une stratégie de cultures de services hivernales (végétation présente entre les vendanges et le débourrement), 8 % une stratégie de cultures de services semi-permanentes (végétation présente entre les vendanges et la floraison de la vigne) et 27 % une stratégie de cultures de services permanentes. La stratégie préférée de couverture de surface était la pleine surface pendant la dormance de la vigne principalement pour protéger le sol de l'érosion, et sa réduction à la moitié des inter-rangs après le débourrement pour

limiter le risque de compétition avec la vigne. Les stratégies de cultures de service spontanées sont prédominantes dans l'enquête (91 % des réponses). Seuls 30 viticulteurs sur les 334 enquêtés ont semé des espèces végétales spécifiques, notamment dans leurs inter-rangs principalement des graminées (43 %), des légumineuses (39 %) et des crucifères (16 %).

La flore spontanée vue comme cultures de services en systèmes pérennes méditerranéens

Les systèmes agricoles à base de cultures pérennes sont des modèles pertinents à étudier pour la place qu'ils accordent à la biodiversité spontanée au sein des parcelles, qui varie beaucoup en fonction des pratiques agricoles, de gestion du sol notamment, et du climat. Bien que la gestion majoritaire de la biodiversité spontanée dans les systèmes pérennes consiste encore à la détruire par le travail du sol ou le désherbage chimique ou la maitriser par tonte (d'après les enquêtes pratiques culturales d'Agresteen 2012 et 2016 (Ambiaud, 2012 ; Prost and Beaufils, 2021)), la place accordée à la biodiversité spontanée s'accroît dans les vignobles, notamment pour les services écosystémiques qu'elle peut rendre, en particulier aux agriculteur·ice·s *(Blaix et al., 2018 ; Winter et al*., 2018). Toutefois, le potentiel de fournitures de services via la flore spontanée varie selon les systèmes de cultures pérennes considérés. Par exemple, la richesse spécifique de la végétation est plus grande en oliveraies qu'en vignobles, où les pratiques sont souvent plus destructrices pour la végétation spontanée (Cohen *et al*., 2015) alors que les oliveraies sont plus régulièrement et longuement enherbées. Par ailleurs, d'autres services écosystémiques, qui ne concernent pas directement les cultures, sont favorisés par la présence de végétation spontanée au sein des agrosystèmes : le conservation d'une richesse taxonomique et fonctionnelle des communautés végétales (Jung *et al.*, 2020) et la préservation d'habitats pour la faune (Kratschmer *et al*., 2019). En particulier, la présence de végétation spontanée dans les cultures pérennes peut représenter une ressource essentielle pour le maintien des pollinisateurs (Paiola *et al.*, 2020), à certaines périodes du cycle viticole, hors périodes de traitement phytosanitaire. Un autre service que peut rendre la végétation spontanée concerne la production de biomasse destinée au pâturage, sous condition de faisabilité (digestibilité de la végétation, collaboration avec un·e berger·e, maitrise du troupeau, accessibilité des parcelles), ce qui peut permettre aux agriculteur·rice·s de détruire la biomasse végétale tout en réduisant les passages d'herbicides et/ou de labour, réduisant ainsi le coût des pratiques agricoles. D'autres travaux en cours (Bopp *et al*., 2022) traitent des conséquences de différentes pratiques de gestion du sol sur les relations entre les propriétés fonctionnelles des communautés végétales spontanées et les processus de décomposition et d'activités microbiennes sur un réseau de 17 parcelles de vignes dans le Montpellierais, dont la flore spontanée était entretenue soit chimiquement, soit mécaniquement (par travail du sol ou par tonte). La décomposition des plantes est un processus clé impliqué dans les cycles biogéochimiques. Peu d'études ont analysé le processus de décomposition de la végétation spontanée dans un contexte agricole alors que la qualité des sols agricoles peut diminuer en lien avec la fréquence des opérations de travail du sol, provoquant notamment la dégradation de la matière organique. A l'échelle d'une petite région viticole, le Montpelliérais, Bopp *et al*. (2022) ont montré que le désherbage chimique était le facteur principal affectant la décomposition, alors que le sol et le climat montraient des effets mineurs : le désherbage chimique a favorisé les communautés végétales avec une forte teneur en matière sèche foliaire liée à un faible potentiel de décomposition. La réduction probable de l'utilisation des herbicides en raison des restrictions réglementaires (ANSES, 2020) pourrait donc sélectionner des espèces au potentiel de décomposition plus élevé et ainsi libérer plus rapidement des nutriments dans le sol autrement dit, augmenter le service engrais vert de cette végétation spontanée (Krishna and Mohan, 2017). L'étape suivante, pour les perspectives agronomiques, serait de quantifier les apports en nutriments et la séquestration du carbone résultant du processus de décomposition de la litière de la végétation spontanée *in situ*. Si ces quantifications ont été largement estimées pour les cultures de services semées (Cherr *et al*., 2006), l'effet de la végétation spontanée régulièrement fauchée

en parcelles viticoles sur les flux d'eau et d'azote (entrée et sorties), dont l'éventuel effet engrais vert.
L'ensemble de ces travaux portant sur la caractérisation de la végétation spontanée en systèmes pérennes mobilisant les concepts et méthodes de l'écologie fonctionnelle (Violle *et al.*, 2007) visent à produire des connaissances afin de guider les agriculteur·rice·s vers des pratiques de gestion plus intégrées, assurant à la fois une gestion optimale de la végétation spontanée dans les vignobles et permettant à cette végétation de fournir divers services écosystémiques. Ces travaux enrichissent utilement les études en cours sur les effets des couverts semés et leur potentiel à réguler les adventices problématiques, en systèmes à base de pérennes. Les pistes explorées sont notamment (Reboud, 2021) : la sélection de variétés adaptées à servir de couvert végétal, proposer des associations d'espèces homogènes vis-à-vis des conditions de leur destruction par le gel hivernal ou par simple roulage, et faire évoluer le machinisme agricole afin notamment de proposer des outils couplés à un guidage de précision et gérant de manière différente le rang et l'inter-rang.

Références

Abad J., Hermoso de Mendoza I., Marín, D., Orcaray L., Santesteban L.G., 2021 - Cover crops in viticulture. A systematic review (1):
Implications on soil characteristics and biodiversity in vineyard. *OENO One* 55, 295–312. https://doi.org/10.20870/oeno-one.2021.55.1.3599

Ambiaud, E., 2012 - Moins de désherbants dans les vignes, *Agreste Primeur* N°288.

Amoghein M.B., Amoghein R.S., Tobeh A., Jamaati-e-Somarin S., 2013 - Allelopathic effects of extracts and plant residues of wild oat (Avena fatua) and rye (Secale cereale L.) on some germination parameters of wheat crop (Triticum aestivum) in the greenhouse condition. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences* 4, 2313–2321.

ANSES, 2020 - Rapport d'évaluation comparative: Cas des produits à base de glyphosate. Examen des alternatives en viticulture [Comparative Evaluation Report: Case of glyphosate-based products. Examination of alternatives in viticulture] 1–9.

Barralis G., Cloquemin G., Guérin A., 1983 - Evolution de la flore adventice du vignoble de Côte-d ' Or sous la pression des techniques d'entretien des cultures, *Agronomie*, 3 (6).

Baumgartner K., Steenwerth K.L., Veilleux L., 2008 - Cover-Crop Systems Affect Weed Communities in a California Vineyard. *Weed Science* 56, 596–605. https://doi.org/10.1614/WS-07-181.1

Biddoccu M., Ferraris S., Pitacco A., Cavallo E., 2017 - Temporal variability of soil management effects on soil hydrological properties, runoff and erosion at the field scale in a hillslope vineyard, North-West Italy. *Soil and Tillage Research* 165, 46–58. https://doi.org/10.1016

Blaix C., Moonen A.C., Dostatny D.F., Izquierdo J., Le Corff J., Morrison J., Von Redwitz C., Schumacher M., Westerman P.R., 2018 - Quantification of regulating ecosystem services provided by weeds in annual cropping systems using a systematic map approach. *Weed Research* 58, 151–164. https://doi.org/10.1111/wre.12303

Bopp M.C., Kazakou E., Metay A., Fried G., 2022 - Relative importance of region, seasonality and weed management practice effects on the functional structure of weed communities in French vineyards. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 330. https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.107892

Celette F., Gary C., 2013 - Dynamics of water and nitrogen stress along the grapevine cycle as affected by cover cropping. *European Journal of Agronomy* 45, 142–152. https://doi.org/10.1016/j.eja.2012.10.001

Cherr C.M., Scholberg J.M.S., McSorley R., 2006 - Green manure approaches to crop production: A synthesis. *Agronomy Journal* 98, 302–319. https://doi.org/10.2134/agronj2005.0035

Cohen M., Bilodeau C., Alexandre F., Godron M., Andrieu J., Grésillon E., Garlatti F., Morganti A.,

2015 - What is the plant biodiversity in a cultural landscape? A comparative, multi-scale and interdisciplinary study in olive groves and vineyards (Mediterranean France). *Agriculture, Ecosystems and Environment* 212, 175–186. https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.06.023

Constant N., Auvergne C., Fortin N., Colin E., Gaviglio C., 2019 - Viticulture biologique : L'entretien du sol : Réduire les coûts de production et la consommation en énergies fossiles. *Rapport PEI*, Sudvinbio, Chambre d'Agriculture de l'Hérault, FR CUMA, IFV, 24 p.

Delpuech X., Metay A., 2018 - Adapting cover crop soil coverage to soil depth to limit competition for water in a Mediterranean vineyard. *European Journal of Agronomy* 97, 60–69. https://doi.org/10.1016/j.eja.2018.04.013

Fernández-Mena H., Frey H., Celette F., Garcia L., Barkaoui K., Hossard L., Naulleau A., Métral R., Gary C., Metay A., 2021 - Spatial and temporal diversity of service plant management strategies across vineyards in the south of France. Analysis through the Coverage Index. *European Journal of Agronomy* 123. https://doi.org/10.1016/j.eja.2020.126191

Fried G., Cordeau S., Metay A., Kazakou E., 2019 - Relative importance of environmental factors and farming practices in shaping weed communities structure and composition in French vineyards. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 275, 1–13. https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.01.006

Fried G., Norton L.R., Reboud X., 2008 - Environmental and management factors determining weed species composition and diversity in France. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 128, 68–76. https://doi.org/10.1016/j.agee.2008.05.003

Garcia L., Celette F., Gary C., Métral, R., Metay, A., 2020 - Vers des systèmes de culture agroécologiques - Usage des couverts végétaux semés ou spontanés comme cultures de services dans les vignobles – Comment raisonner leur pilotage en viticulture ? *Revue des oenologues* 1–4.

Garcia L., Celette F., Gary C., Ripoche A., Valdés-Gómez H., Metay A., 2018 - Management of service crops for the provision of ecosystem services in vineyards: A review. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 251, 158–170. https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.09.030

Garcia L., Peyrot S., Kleiber A., 2021 - Gestion des cultures de services dans les vignobles : Éléments techniques pour un pilotage optimisé issus de résultats expérimentaux. *Revue des Oenologues et des Techniques Vitivinicoles et Oenologiques*. 180.

Gardarin A., Celette F., Naudin C., Piva G., Valantin-Morison M., Vrignon-Brenas S., Verret V., Médiène S., 2022 - Intercropping with service crops provides multiple services in temperate arable systems: a review. *Agron. Sustain. Dev.* 42, 39. https://doi.org/10.1007/s13593-022-00771-x

Gaviglio C., 2013 - La gestion des sols viticoles. *La France Agricole*. 256 pages.

Gfeller, A., Wirth, J., 2017 - Les Cultures intermédiaires allélopathiques: un moyen de lutte contre les adventices ? *Innovations Agronomiques* 62, 33–41.

Hazard L., Magrini M.-B., Martin G., 2017. Transition agroécologique : Définition [WWW Document]. *Dictionnaire d'Agroécologie*.

Herbin C., Adoir E., Audeguin L., Aveline N., Bonnisseau M., Cahurel J., Cailleau R., Chantelot E., Codis S., Cunty C., Davy A., Delanoue G., Dufourcq T., Gaviglio C., Gonin C., Ivaldi M., Lafond D., Le Cunff L., Lempereur V., Luzi H., Merdy M., Payan J., Raynal M., Riou C., Sentenac G., 2022 - Guide transition agroécologique & changement climatique en viticulture. *IFV,* 80 p.

Jacquet F., Delame N., Lozano-Vita J., Reboud X., Huyghe C., 2019 - Alternatives au glyphosate en viticulture : évaluation économique des pratiques de désherbage 3, 1–25. *INRAE*: Paris, France.

Jung V., Hall R.M., Penke N., Kriechbaum M., Kratschmer S., Jung V., Chollet S., Guernion M., Nicolai A., Burel F., Fertil A., Lora Á., 2020 - Vegetation management intensity and landscape diversity alter plant species richness , functional traits and community composition across European vineyards

Vegetation management intensity and landscape diversity alter plant species richness , functional . *Agricultural Systems* 177, 102706. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.102706

Kazakou E., Fried G., Richarte J., Gimenez O., Violle C., Metay A., 2016 - A plant trait-based response-and-effect framework to assess vineyard inter-row soil management. *Botany Letters* 8107, 1–16. https://doi.org/10.1080/23818107.2016.1232205

Kratschmer S., Pachinger B., Schwantzer M., Paredes D., Guzmán G., Goméz J.A., Entrena, J.A., Guernion M., Burel F., Nicolai A., Fertil A., Popescu D., Macavei L., Hoble A., Bunea C., Kriechbaum M., Zaller J.G., Winter S., 2019 - Response of wild bee diversity, abundance, and functional traits to vineyard inter-row management intensity and landscape diversity across Europe. *Ecology and Evolution* 9, 4103–4115. https://doi.org/10.1002/ece3.5039

Krishna M.P., Mohan M., 2017 -Litter decomposition in forest ecosystems: a review. *Energy, Ecology and Environment* 2, 236–249. https://doi.org/10.1007/s40974-017-0064-9

Kruidhof H.M., Bastiaans L., Kropff M.J., 2009 - Cover crop residue management for optimizing weed control. *Plant and Soil* 318, 169–184. https://doi.org/10.1007/s11104-008-9827-6

Lemessa F., Wakjira M., 2015 - Cover crops as a means of ecological weed management in agroecosystems. *Journal of Crop Science and Biotechnology* 18, 133–145. https://doi.org/10.1007/s12892-014-0085-2

Liebman M., Staver CP., 2001 - Crop diversification for weed management., in: *Ecological Management of Agricultural Weeds*. p. pp 322-374.

Lopes C.M., Monteiro A., Machado, J.P., Fernandes, N., Araujo, A., 2008. Cover cropping in a sloping non-irrigated vineyard: II-Effects on vegetative growth, yield, berry and wine quality of 'Cabernet Sauvignon'grapevines. *Ciência Téc. …* 23, 37–43.

Maillet J., 1992. Constitution Et Dynamique Des Communautés De Mauvaises Herbes Des Vignes De France Et Des Rizières De Camargue. USTL, *Thèse de doctorat*, Montpellier.

Manici L.M., Caputo F., Babini V., 2004 - Effect of green manure on Pythium spp. population and microbial communities in intensive cropping systems. Plant and Soil 263, 133–142. https://doi.org/10.1023/B:PLSO.0000047720.40918.29

Matthiessen J., Kirkegaard J., 2006 - Biofumigation and enhanced biodegradation: Opportunity and challenge in soilborne pest and disease management. *Critical Reviews in Plant Sciences* 25, 235–265. https://doi.org/10.1080/07352680600611543

Mennan H., Jabran K., Zandstra B.H., Pala F., 2020 - Non-chemical weed management in vegetables by using cover crops: A review. *Agronomy* 10, 1–16. https://doi.org/10.3390/agronomy10020257

Novara A., Cerdà A., Gristina L., 2018 - Sustainable vineyard floor management: An equilibrium between water consumption and soil conservation. *Current Opinion in Environmental Science & Health* 5, 33–37. https://doi.org/10.1016/j.coesh.2018.04.005

Ogilvie C.M., Deen W., Martin R.C., 2019 - Service crop management to maximize crop water supply and improve agroecosystem resilience: A review. *Journal of Soil and Water Conservation* 74, 389–404. https://doi.org/10.2489/jswc.74.4.389

Paiola A., Assandri G., Brambilla M., Zottini M., Pedrini P., Nascimbene J., 2020 - Exploring the potential of vineyards for biodiversity conservation and delivery of biodiversity-mediated ecosystem services: A global-scale systematic review. *Science of the Total Environment* 706, 135839. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135839

Prost, C., Beaufils, F., 2021. Graph'Agri 2021.

Ranaldo M., Carlesi S., Costanzo A., Bàrberi P., 2020 - Functional diversity of cover crop mixtures

enhances biomass yield and weed suppression in a Mediterranean agroecosystem. *Weed Research* 60, 96–108. https://doi.org/10.1111/wre.12388

Reboud X., 2021. La Recherche sur les couverts végétaux, un secteur en plein développement et à forte portée agroécologique. *Newsletter# 2 Agreenium* 1 p.

Rice E.L., 1984. Allelopathy, 2nd ed.

Steenwerth K., Belina K.M., 2008 - Cover crops enhance soil organic matter, carbon dynamics and microbiological function in a vineyard agroecosystem. *Applied Soil Ecology* 40, 359–369. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2008.06.006

Teasdale J.R., Pillai P., 2005 -Contribution of ammonium to stimulation of smooth pigweed (Amaranthus hybridus L.) germination by extracts of hairy vetch (Vicia villosa Roth) residue. *Weed Biology and Management* 5, 19–25. https://doi.org/10.1111/j.1445-6664.2005.00155.x

Valantin-Morison M., Guichard L., Jeuffroy M.H., 2008 - Comment maîtriser la flore adventice des grandes cultures à travers les éléments de l'itinéraire technique ? *Innovations Agronomiques* 3, 27–41.

Valencia-Gredilla F., Supiciche M.L., Chantre G.R., Recasens J., Royo-Esnal, A., 2020 - Germination behaviour of Conyza bonariensis to constant and alternating temperatures across different populations. *Annals of Applied Biology* 176, 36–46. https://doi.org/10.1111/aab.12556

Violle C., Navas M.L., Vile D., Kazakou E., Fortunel C., Hummel I., Garnier E., 2007 - Let the concept of trait be functional! *Oikos* 116, 882–892. https://doi.org/10.1111/j.2007.0030-1299.15559.x

Winter S., Bauer T., Strauss P., Kratschmer S., Paredes D., Popescu D., Landa B., Guzmán G., Gómez J.A., Guernion M., Zaller J.G., Batáry P., 2018 - Effects of vegetation management intensity on biodiversity and ecosystem services in vineyards: A meta-analysis. *Journal of Applied Ecology* 55, 2484–2495. https://doi.org/10.1111/1365-2664.13124

Les articles sont publiés sous la licence Creative Commons 2.0. La citation ou la reproduction de tout article doit mentionner son titre, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue AE&S et de son URL, ainsi que la date de publication.