

INSTITUT FRANÇAIS
DE LA VIGNE ET DU VIN

ITINÉRAIRES
N° 28

Agroforesterie et viticulture



INTRODUCTION

L'agroforesterie a pour principe d'associer une production agricole à des plantations sylvicoles. Elle s'inscrit pleinement dans une démarche d'intensification écologique des pratiques agricoles. Faire pousser des arbres en combinaison avec des cultures, des surfaces fourragères et des élevages a pour effet de combattre l'érosion, de préserver l'humidité du sol et de recycler les éléments nutritifs tout en réduisant l'incidence de l'agriculture sur l'environnement.

En contexte viticole, l'agroforesterie présente un intérêt à plusieurs niveaux :

- **D'un point de vue sociétal**, elle répond aux besoins croissants des consommateurs d'avoir un produit de qualité, avec un impact minimal sur les ressources naturelles. L'image véhiculée par le produit consommé occupe une place croissante dans la société actuelle et le consommateur a tendance à favoriser les systèmes de production respectueux qui répondent à ses attentes. La présence d'arbres en agriculture est généralement bien perçue par les riverains et par les consommateurs. L'introduction d'arbres au sein d'un vignoble peut donc contribuer à un paysage de qualité et à une image positive associée au produit vendu.

- **D'un point de vue environnemental**, la présence d'arbres au sein des vignes est, entre autres, favorable au maintien voire au retour de la biodiversité dans la parcelle. Elle limite les pertes par lixiviation de l'azote et accroît la capacité de stockage du carbone. Dans le cas de haies, cela participe à limiter les dérives aériennes de produits phytosanitaires.

- **D'un point de vue économique**, un gain de productivité en biomasse a été observé pour certaines associations. De plus, la valorisation de certaines essences d'arbres précieuses peut permettre d'accroître à long terme la valeur ajoutée de la production.

Les vins produits en France sous un signe d'origine et de qualité représentent 95 % de la production nationale en volume. La filière viticole est donc particulièrement concernée par les enjeux environnementaux dont dépendent à la fois son image d'excellence et de symbole de la gastronomie française, ainsi que sa pérennité.

Alors qu'elle se développe en grandes cultures et en élevage, cette pratique agro-écologique est encore peu déployée en viticulture, faute de références. Une évaluation de la pertinence des systèmes agroforestiers a été réalisée à travers le projet VITIFOREST dans trois contextes viticoles aux exigences de production diverses (Bordelais, Cahors, Côtes de Gascogne). Ce projet reposait sur l'élaboration de protocoles d'expérimentation adaptés à l'échelle parcellaire et sur le suivi de parcelles viticoles agroforestières nouvellement plantées et plus anciennes. Les atouts et les contraintes du système ont été caractérisés en déterminant l'importance des phénomènes de concurrence entre les deux cultures (eau, azote, lumière) redoutés par les viticulteurs et en regardant si la présence des arbres permettait l'amélioration du fonctionnement de l'agrosystème (microclimat, équilibre ravageurs/auxiliaires, fertilité et biodiversité du sol), et améliorait la valorisation économique de la surface plantée.

Cette brochure reprend les évaluations réalisées sur les aspects suivants : comportement agronomique de la vigne, état de la biodiversité aérienne et souterraine, incidence sur le microclimat de la parcelle, performances technico-économiques du système agroforestier.



Sommaire



Introduction	2
Sommaire	3
Chapitre 1 : Agroforesterie viticole : tradition et formes modernes	4
Chapitre 2 : L'arbre et le microclimat de la vigne	7
Chapitre 3 : La vigne, les arbres : comportements agronomiques	10
Chapitre 4 : Les impacts de l'arbre sur la biodiversité	15
Chapitre 5 : Aménagement d'une parcelle de vigne en agroforesterie	20
Chapitre 6 : Aspects technico-économiques	23
Annexes	27

Chapitre 1

Agroforesterie viticole : tradition et formes modernes

L'association "arbre-vigne" : un mariage de longue date

C'est en suivant l'exemple de la vigne sauvage qui s'enlace aux branches d'arbres que vint l'idée, dès l'Antiquité, de marier la vigne cultivée à l'arbre. En effet, lorsqu'une vigne anciennement cultivée est abandonnée, celle-ci développe de longs sarments et tend naturellement à reprendre son port de liane s'accrochant à divers supports verticaux. La vigne sauvage en témoigne, en cohabitant spontanément avec les arbres qu'elle utilise pour s'élever. Son habitat naturel a souvent été décrit en lisière et clairière de forêts ainsi qu'en ripisylve.

Les premières références à cette vigne arbustive sont trouvées dès l'Antiquité en zone méditerranéenne, notamment dans les plaines et les bas-fonds plus gélifs. Durant le Moyen-Age, et surtout du XVII^e au XIX^e siècle, cette association végétale est aussi décrite dans des zones plus septentrionales. Plusieurs régions françaises (Provence, Aquitaine, Périgord, Garonne, piémont pyrénéen, etc.) en gardent encore la trace dans le paysage.



Vignes en hautains sur un saule
(source : Agrofoot)



Oulière avec vignes et oliviers
(source : Ministère de l'Agriculture)



Peinture d'une vendange d'autrefois
(source : Wallraf Richartz museum, Jacob Philipp Hacker)



Des formes d'associations variées

Toutes les vignes n'étaient pas complantées de la même manière. Certaines accueillait de nombreux arbres, d'autres très peu, éparpillés en leur sein, alignés entre les rangées de vigne ou plantés en bordure de parcelle.

Concernant le choix des espèces végétales, une multitude d'essences d'arbres a été associée à la vigne.

Des espèces champêtres : Ormes - Erables - Frênes - Peupliers - Tembles - Charmes - Mûriers - Saule osier, etc.

Mais aussi des espèces fruitières : Prunier (Lot-et-Garonne, Dordogne) - Poirier - Pommier (Aquitaine) - Olivier - Amandier - Figuier (sud-est) - Cerisier (Dauphiné et Gironde) - Pêcher (Charente maritime) - Abricotier (Lot-et-Garonne) - Etc.

Dans les formes les plus complètes, on pouvait trouver également des légumes et des céréales implantés entre les rangs de vigne. La parcelle disposait alors de trois niveaux de production : strate herbacée - strate arbustive - strate arborée.

Des motivations diverses et complémentaires

Plusieurs logiques, souvent convergentes, ont amené à associer l'arbre et la vigne sur un même espace.

Facteurs sociaux et économiques

Tout un ensemble de facteurs sociaux et économiques, en partie disparus aujourd'hui, semblaient expliquer l'association de l'arbre et de la vigne, notamment sous forme de hautains.

Pour le paysan disposant de peu de terres cultivables, et parfois simple métayer, il s'agissait d'optimiser l'espace cultivable pour accéder à une plus grande diversité de productions, voire à un complément de revenus. En effet, la culture mixte en hautains s'apparente à une polyculture verticale qui permet une meilleure valorisation des ressources naturelles et l'apport de nouveaux produits. Les arbres associés à la vigne, souvent émondés, offrent un fourrage d'appoint très recherché, notamment en période estivale.

En effet, là où la sécheresse sévit, seule la végétation arborescente se maintient verte. Grâce à ses racines profondes elle peut puiser l'eau en profondeur. L'apport de ce fourrage de feuilles permettait d'assurer la transition entre les pluies de printemps et celles d'automne, et même de faire des réserves de fourrage sec pour l'hiver.

Dans le cas de complantations, notamment désignées sous le terme de joualles, le fruit de l'arbre pouvait être, autant que le raisin, recherché et considéré comme un produit de la vigne. La joualle était souvent un système transitoire entre une vigne et un verger. Avec l'arrivée du phylloxéra, de nombreux viticulteurs ont adopté ce système pour compenser la mortalité de la vigne et amorcer progressivement une transition, vers un verger de fruits ou une truffière.

Au-delà de la cohabitation des deux plantes et des potentiels services rendus par l'arbre, ce dernier participe de diverses manières à la culture de la vigne et à la production du vin : de l'osier (saule) pour lier les sarments, des piquets de châtaigniers et d'acacias pour les échelas, du bois de chêne pour la tonnellerie qui donnera ses tanins au vin, du liège (chêne) pour les bouchons, du bois de feu pour l'alambic, etc.

Protection de la vigne contre les agressions climatiques

Dans les plaines et les bas-fonds, on cherchait à travers cette association, à protéger la vigne des gelées et de la rosée du sol propice aux maladies. D'ailleurs, si les hautains semblaient être une protection efficace contre les gelées tardives, ils pouvaient aussi tempérer les chaleurs estivales et les insolation grâce à la canopée des arbres.

En outre, le feuillage de l'arbre était aussi recherché pour son rôle protecteur contre d'autres aléas climatiques (grêle et vent notamment).

Protection de la vigne contre les agressions biotiques

Des raisons sanitaires ont pu aussi motiver ces complantations, la diversité végétale et l'éloignement des souches et des systèmes racinaires réduisant les risques de contamination. Les parcelles complantées d'arbres et de vigne, auraient ainsi résisté plus longtemps à l'attaque du phylloxéra.

La fin des formes complantées

La culture de la vigne en hautain, régresse surtout à la fin du XIX^e siècle avec la crise du phylloxéra. La mécanisation et le remembrement parcellaire qui ont suivi, ont ensuite accentué la disparition des formes complantées, souvent développées dans des parcelles alors petites, parfois pentues. Dans les zones naturellement moins propices à la vigne ou difficilement mécanisables, les parcelles atteintes de phylloxéra ont vu disparaître définitivement l'arbre et la vigne, au profit des zones de plaine.



Vers de nouvelles formes d'association "arbre-vigne"



Parcelle vigne avec fruitiers de 5 ans (en 2015) au sein des rangs de vigne à Lapouyade (33)



Parcelle vigne avec haie arbustive rognée
à Lacapelle (46)



Parcelle vigne avec rangées de cormiers
de 7 ans (en 2015) à Lagardère (32)

Partant de cet héritage et s'inspirant des aménagements arborés "modernes" développés notamment en grandes cultures, de nouvelles formes d'agroforesterie viticole ont émergé ces vingt dernières années. Ces formes d'agroforesterie viticole contemporaines revêtent divers aspects. Elles sont adaptées aux contraintes de la viticulture notamment au gabarit des équipements pour l'entretien et la protection de la végétation ou pour la mise en œuvre de la récolte mécanisée. Elles répondent aussi à des objectifs de services associés comme : travailler sur l'image du vignoble, rehausser la biodiversité dans la parcelle, protéger les sols, produire du bois de valeur, modifier le microclimat, etc.

A l'heure actuelle, les parcelles recensées présentent différentes formes arborées : rangées d'arbres intercalées entre rangs de vigne, haie arbustive en bordure de parcelle ou s'intercalant entre îlots de vigne, arbres isolés plantés au sein du rang de vigne. Diverses essences d'arbres sont généralement choisies et plantées en mélange : cormier, alisier, érable, poirier sauvage, merisier, etc.

Enfin, on observe aussi une diversité dans l'agencement des parcelles avec notamment des écartements très variables entre les lignes d'arbres et les rangs de vigne.

La maîtrise du microclimat de la vigne est un facteur essentiel pour produire un raisin de qualité. Aussi, les phénomènes liés au changement climatique tels l'augmentation des températures moyennes, des épisodes de sécheresse et canicules, des turbulences liées au vent ou encore des précipitations orageuses, peuvent avoir des effets positifs ou négatifs pour un système de culture.

Dans ce contexte, il est intéressant de se demander comment la présence d'arbres va modifier les différents flux d'énergie et avoir une influence sur le comportement de la vigne.

L'implantation de rangées d'arbres au milieu de la vigne va modifier la quantité de rayonnement disponible (solaire et infrarouge) et d'énergie turbulente.

Le couplage des flux radiatifs et turbulents contrôle la température et l'humidité de l'air qui dépendent de la manière dont le système dissipe cette énergie.

Cette énergie se partage entre flux de chaleur sensible (qui chauffe l'atmosphère), flux de chaleur latente (par évapotranspiration) et flux de conduction air/sol (qui réchauffe ou refroidit le sol).

En modifiant les flux d'énergie, le système agroforestier peut modifier le bilan hydrique de la vigne, la durée d'humectation des feuilles ou l'exposition des grappes.

La captation de lumière

Au nord, dans l'aire d'ombrage l'énergie solaire est en partie captée par les arbres, au détriment de la vigne. Côté sud, en revanche, une partie du rayonnement solaire incident (environ 20 %) est réfléchi vers le sol, ce qui augmente la quantité d'énergie solaire disponible pour la vigne. Cet effet est d'autant plus marqué que les arbres sont hauts.

Les conséquences de cette interception lumineuse par les arbres sont :

-1- un déficit de lumière pour les rangs de vigne situés au nord des arbres, qui réduit le potentiel de photosynthèse, atténue les effets délétères des pics de chaleur et augmente fortement la durée d'humectation des feuilles.

-2- un excédent d'énergie et donc de chaleur, au sud des rangs d'arbres, qui accroît le potentiel de production mais expose le raisin au risque d'échaudage.

Les arbres produisent du rayonnement infrarouge et l'apport de chaleur vers le sol, majoré par le volume important du houppier, permet de réduire les risques de gelées induits par déficit radiatif, en condition de ciel clair.

Les interactions sur le cycle de l'eau

Le second mécanisme majeur par lequel les arbres modifient le microclimat du vignoble, concerne l'accès à la ressource en eau et la concurrence potentielle vis-à-vis des pieds de vigne (voir page 11 l'interaction pour l'eau et l'azote).

Les arbres peuvent aussi modifier la présence d'eau ou d'humidité dans leur environnement proche :

- Les arbres contribuent à recycler les ressources hydriques profondes et injectent d'importantes quantités de vapeur d'eau dans l'atmosphère dont l'humidité relative est augmentée de quelques pourcents. Ce recyclage qui contrebalance l'assèchement de l'air a notamment pour effet de modérer les pics de températures lors d'épisodes caniculaires en favorisant l'ouverture des stomates et la prolongation des flux évapotranspiratoires.
- Les arbres sont d'excellents pièges pour l'eau, capables de condenser l'humidité contenue dans l'air sous forme de rosée, mais aussi d'intercepter l'eau de pluie à hauteur de 3-5 mm. Les quantités d'eau ainsi interceptées sont alors évaporées ce qui permet de convertir entre 2 et 10 % de l'énergie solaire incidente sous forme de chaleur latente au lieu de réchauffer l'atmosphère.

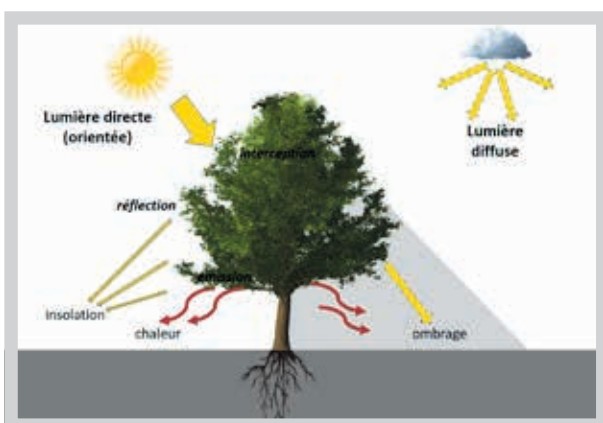


Schéma des différents flux radiatifs autour d'un arbre isolé

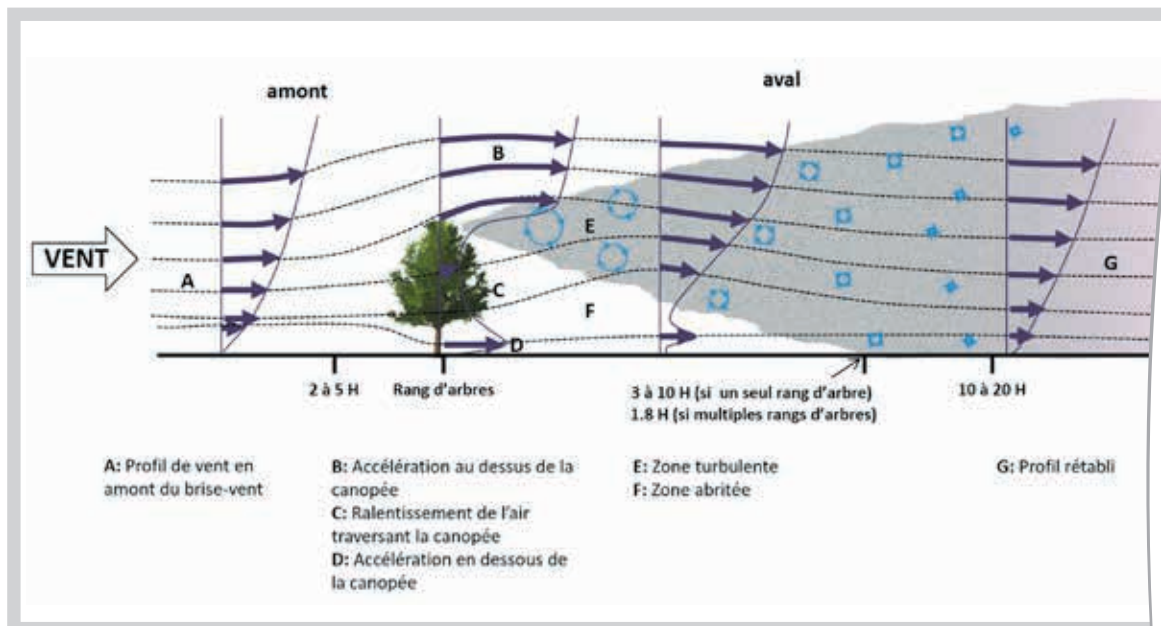
La turbulence

Les changements des champs de turbulence constituent le troisième principal levier par lequel les arbres modifient le microclimat d'un vignoble. En effet, les vignobles forment des environnements confinés au sein desquels la circulation d'air est entravée. A l'échelle de la parcelle, la présence d'arbres isolés intra-parcellaires, notamment lorsqu'ils sont dégarnis à la base, peut contribuer à accroître ces flux turbulents, ce qui a deux effets principaux :

- Une atténuation des pics de température par advection des flux de chaleur sensible ;
- Une réduction de la durée d'humectation foliaire.

Lorsque les arbres sont situés en bordure de parcelle et notamment en position topographique basse, la circulation d'air froid peut être ralentie. Ce phénomène peut majorer les risques liés au gel dans les zones de bas-fonds où l'air froid est ralenti par les arbres de ceinture ou la présence de haies.

Enfin, la surface foliaire déployée par les arbres peut contribuer incidemment à réduire la dérive de produits phytosanitaires par interception des gouttelettes en suspension dans l'air. La porosité des arbres et leur hauteur constituent les principaux facteurs de maîtrise des transferts par dérive.

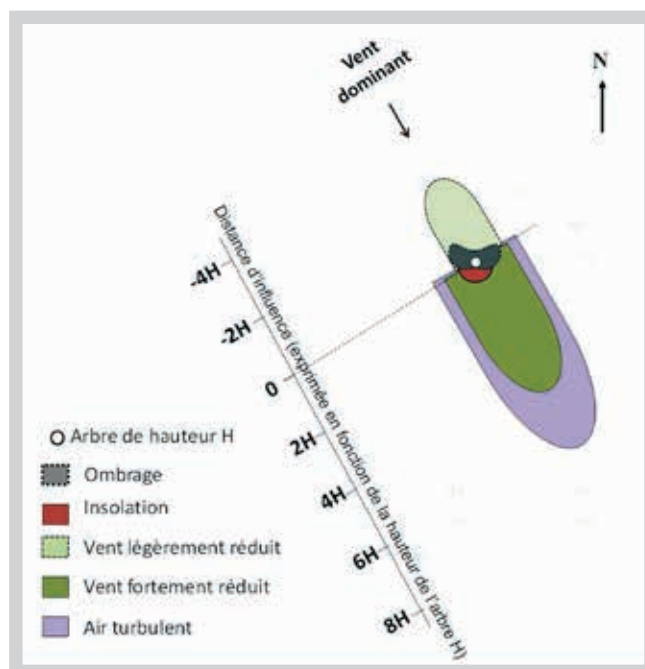


Représentation schématique des flux d'air turbulents autour d'un arbre isolé (source : Grimaldi, 2018)

Aire d'influence des arbres

L'aire d'influence des arbres dépend étroitement de la géométrie de leur canopée : hauteur, porosité et forme.

La figure ci-contre illustre l'aire d'impact des effets microclimatiques exercés par un arbre en son voisinage : en fonction de l'heure du jour et de la période de l'année, l'ombre s'applique sur une distance d'environ une à deux fois la hauteur de l'arbre (H). En aval de haies denses, la vitesse du vent se trouve réduite sur une distance de l'ordre de 4 H. Au contraire, l'introduction de larges allées d'arbres taillés en haut jet favorise la circulation d'air au sein d'un vignoble et le rafraîchissement des rangs de vignes directement voisins, notamment lors des journées les plus chaudes de l'année (Grimaldi 2018). Aussi, les risques de concurrence pour l'eau et pour l'azote dépendent fortement du volume de sol exploré par leurs racines et notamment de leur tendance à s'étendre latéralement lorsque les sols sont peu profonds (Trambouze et Goma-fortin 2011).



Aire d'impact des arbres sur le microclimat en leur voisinage. Plusieurs microclimats peuvent se combiner du fait de l'ombrage, de l'interception du vent par leur canopée et, dans le cas de feuillages très denses, d'une augmentation temporaire de la turbulence du flux d'air. (source : Grimaldi, 2018).

Cycle de vie du système

Comment l'empreinte climatique des arbres évolue-t-elle au fil des années ? Les vignobles sont des espaces relativement fermés où la circulation d'air est fortement entravée. Dans un premier temps, la mise en place de rangées d'arbres au vignoble a pour effet de créer des couloirs de vent qui stimulent la dissipation de l'énergie par l'action de la turbulence. Cela engendre une atténuation des pics thermiques pour les rangs de bordure dans les années qui suivent l'implantation des arbres.

La croissance des arbres induit une concurrence progressive pour l'accès à la ressource en eau et pour la captation de lumière.

Ceci entraîne la formation de compartiments microclimatiques très contrastés, liés à l'assèchement du sol par exploration des racines des arbres et aux modifications du bilan radiatif : ombrage, rayonnement réfléchi, émission de rayonnement infrarouge. La vigne dispose d'une plasticité phénotypique qui lui permet de reconfigurer rapidement la localisation des prélèvements en eau, si bien que la compétition pourrait être limitée. L'élargissement des zones d'ombrage pourrait s'avérer plus problématique : en effet, l'allongement de la durée d'humectation foliaire peut conduire à une plus forte exposition de la vigne à la pression fongique.



Chapitre 3

La vigne, les arbres : comportements agronomiques

Agroforesterie et viticulture : quelques critères à prendre en compte

L'introduction d'arbres dans une parcelle de vignes nécessite de prendre en compte différents facteurs intervenant dans le système de culture. Cela permettra une meilleure compréhension des phénomènes de compétitions agronomiques à l'échelle de la parcelle.

Le cépage associé à son porte-greffe ainsi que le système de conduite sont choisis pour s'adapter au type de sol et à l'environnement (lumière, température, pluie), pour assurer une précocité et une maturité suffisantes des raisins.

Le sol est un élément constitutif majeur des terroirs viticoles. Il doit permettre une alimentation hydrique et azotée modérée et efficiente de la vigne, qui entraînera une optimisation des conditions de maturation des raisins. Ces conditions peuvent être obtenues soit en vignoble non irrigué dans les régions à climat tempéré (comme dans la plupart des régions françaises), soit en vignoble irrigué lorsque le climat est plus aride.

La couverture du sol, dans une parcelle de vigne, joue un rôle agronomique majeur. En ajoutant des arbres, on met en place une co-culture à 3 éléments : la vigne, les arbres et l'enherbement.

La couverture du sol par enherbement est plus ou moins en place dans les vignobles selon les régions, l'objectif de production et la variété cultivée. Elle entre en compétition avec la vigne pour l'eau et les nutriments (principalement l'azote). Sa gestion au cours du cycle végétatif permet d'équilibrer les besoins de la vigne : taux de couverture du sol, espèces utilisées, présence permanente ou temporaire.

Les avantages ou inconvénients, dans la mise en œuvre d'une parcelle de vigne en agroforesterie, dépendent aussi :

- des objectifs de production, du style de vin souhaité, de sa valorisation,
- des règles dans les cahiers des charges dans les vignobles d'appellation,
- du risque de pertes de surfaces en production si elles sont remplacées par des arbres, dans les vignobles à forte valeur ajoutée.

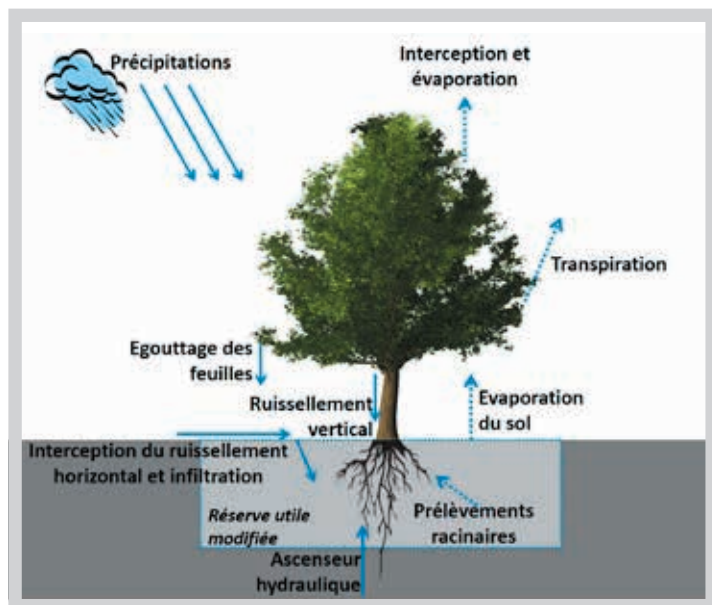


Peu de systèmes agroforestiers viticoles sont installés à ce jour en France. Le déploiement de vignobles agroforestiers sur une échelle plus importante passera-t-il par des systèmes de conduite totalement mécanisés, que ce soit pour l'entretien de la vigne (végétation, protection, récolte voire même taille), que pour l'entretien des arbres et du sol ?

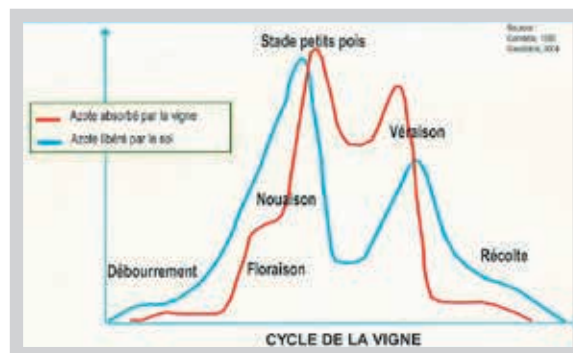
Ces systèmes agroforestiers resteront-ils à une échelle plus artisanale sur de petites parcelles et sur des vignobles spécifiques ?

Se développeront-ils à échelle de l'exploitation par des aménagements, au-delà des parcelles en production, des abords du vignoble, dans des zones inter-parcelles ?

Interactions entre l'arbre et la vigne



Représentation des flux hydriques verticaux et horizontaux à proximité des arbres et des transferts d'eau des domaines humides (zones ressources: nappes, sols nus) vers les domaines secs (surface du sol, zones d'exploration racinaire des arbres). (source: grimaldi 2018)



Représentation des besoins en azote de la vigne et de sa disponibilité au niveau du sol (d'après Conradie 1980 et Gaudillère 2004).

La nature des interactions entre cultures pérennes va dépendre :

- du nombre d'arbres par hectare, des essences utilisées et de leur géométrie d'installation,
- de la distance entre la vigne et l'arbre, qui induit un rapport de concurrence plus ou moins marqué.

Les besoins de la vigne sont faibles. Les principales propriétés des sols à prendre en compte pour une nutrition optimale de la vigne sont: le taux de matière organique, l'état calcique et le pH.

En systèmes agroforestiers, les apports possibles de l'arbre aux propriétés du sol seront principalement :

- le maintien et la production de biomasse par dégradation annuelle des racines fines et des feuilles (espèces caduques), amélioration du cycle des éléments nutritifs,
- la limitation du lessivage des éléments nutritifs et du ruissellement de l'eau,
- l'amélioration de la structure du sol et de sa perméabilité.

Interaction pour l'eau et l'azote

Les arbres développent un système racinaire profond qui leur donne accès à des ressources hydriques profondes inexploitées par les pieds de vigne. La concurrence vigne-arbre pour les prélèvements d'eau n'est donc pas totale.

Pour des grands arbres, les prélèvements d'eau se font sur un rayon d'une dizaine de mètres, et cela peut impacter inévitablement les 2-3 rangs de vignes adjacents aux lignes d'arbres.

Des travaux scientifiques récents indiquent que la localisation des prélèvements d'eau dans le sol dépend de sa disponibilité en eau dans les différentes couches.

Les mécanismes d'interaction vignes-arbres et l'effet de cette redistribution hydraulique sur l'alimentation hydrique de la vigne demeurent très peu documentés. En système agroforestier viticole méditerranéen (site de Restinclières dans l'Hérault), l'étude des effets de compétition liés à la distance à l'arbre montre qu'elle est plus forte pour l'azote que pour l'eau (Trambouze et Goma-Fortin, 2013).

La compétition pour l'azote entre l'arbre et la vigne répond à la fois à des règles spatiales et temporelles :

- l'horizon de surface, au maximum 1 mètre, est la zone où va s'exercer cette concurrence.
- la période durant laquelle la vigne a besoin d'azote est identique à la période de croissance de l'ensemble des végétaux ligneux.

Chapitre 3

La vigne, les arbres : comportements agronomiques

Maîtriser les compétitions

Il existe divers leviers pour maîtriser les compétitions entre les arbres et la vigne.

• Par la gestion des arbres : système racinaire et canopée

Pour limiter et réguler l'ombrage fait par l'arbre mais aussi son développement racinaire, on pourra agir par la taille aérienne de l'arbre et par celle de son système racinaire. De fait, la réduction du système aérien de l'arbre en hiver va entraîner aussi une diminution du volume racinaire et une biodégradation d'une partie des racines fines. On peut aller jusqu'à réaliser une trogne, c'est à dire étêter l'arbre tous les 5 à 10 ans.

La taille du houppier peut aussi se réaliser en vert et entraîne une limitation de la transpiration donc de l'utilisation de l'eau.

Une autre technique, celle-là souterraine, est le cernage racinaire qui permet de limiter le développement des racines de l'arbre en direction de la vigne. Il peut s'envisager par le passage d'un outil à dent qui est à répéter environ tous les 3 ans.



Illustration du développement d'une trogne sur une parcelle en agroforesterie viticole.

• Par un entretien du sol adapté

L'utilisation de couverts de légumineuses sur l'inter-rang va permettre de limiter le lessivage hivernal, tout en fixant l'azote atmosphérique. De nombreuses possibilités sont offertes aujourd'hui dans le choix des espèces pour améliorer la fertilité du sol.

• Par les techniques viticoles classiques

Des techniques de fertilisation ciblées peuvent être mises en œuvre pour palier la concurrence, notamment pour les rangs de vigne proches des lignes d'arbres. Les actions peuvent s'envisager en mode localisé au sol sur un rang travaillé ou par voie foliaire à différents stades du cycle de la vigne.

L'irrigation et la fertirrigation sont des techniques éprouvées dans les vignobles à climat sec. Ces techniques complémentaires peuvent être engagées pour compenser les phénomènes de compétitions hydriques.

“

Dans une approche agro-écologique de la technique, il semble important de privilégier une anticipation de la concurrence en réglant dès le départ la densité d'arbres, les essences plantées, l'entretien du sol, la distance entre les deux cultures avant de compenser par des intrants fertilisant et/ou de l'eau d'irrigation exogène à la parcelle.

”

L'agriculture de précision au service des études à échelles parcellaires en agroforesterie viticole



Haie basse rognée tous les ans, en même temps que la vigne, domaine Lagrèzette (46).

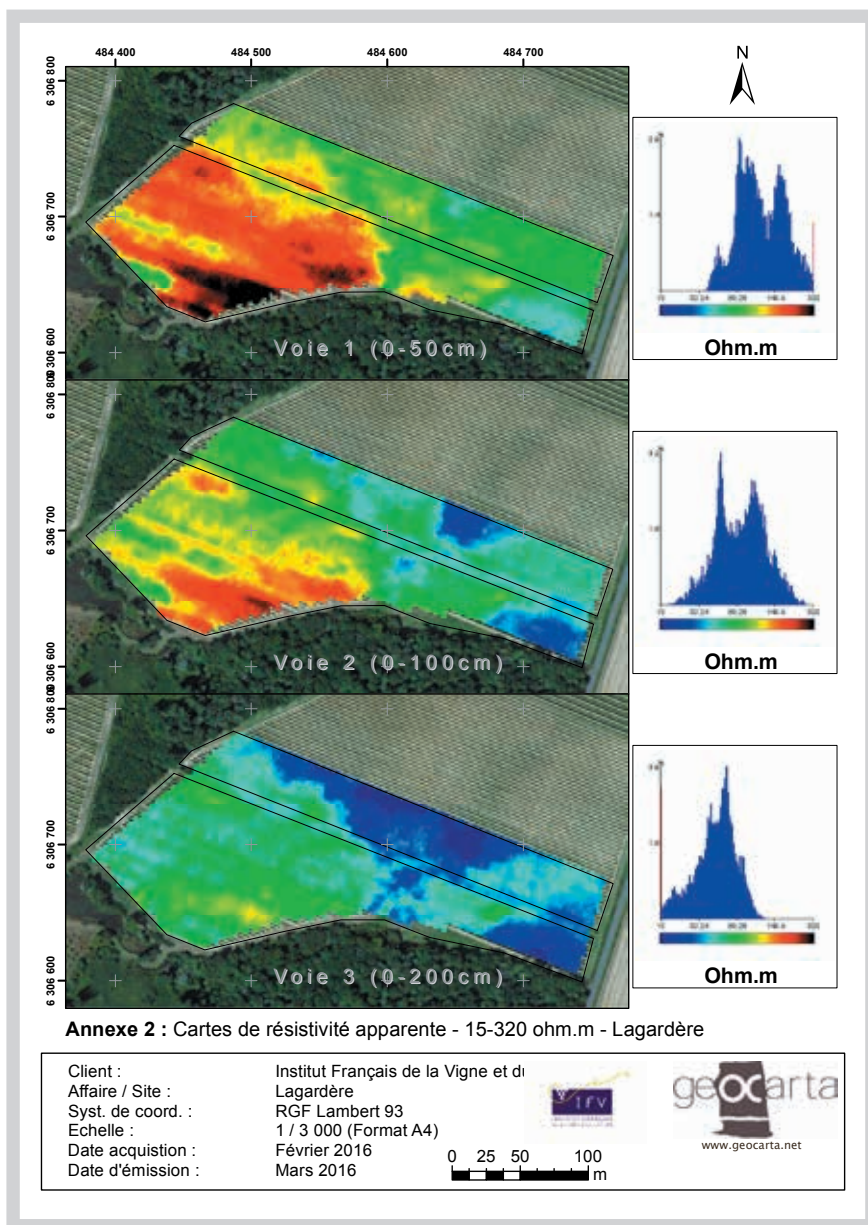
Pour étudier le comportement agronomique de système en agroforesterie viticole, il est important de travailler à l'échelle de la parcelle. Les outils de nouvelles technologies peuvent aider à bien caractériser le système de culture.

Exemple d'utilisation de 3 outils pour cartographier une parcelle viticole :

- Résistivité électrique apparente du sol :

La résistivité d'un sol représente sa capacité à limiter le passage d'un courant électrique. Ce paramètre est étroitement lié aux caractéristiques intrinsèques et pérennes des sols tels que la teneur en argile, la teneur en eau, la texture, la structure, le taux d'éléments grossiers, la profondeur, le type de substrat géologique, la compaction.

La cartographie de la résistivité apparente des sols pour mettre en évidence leur variabilité spatiale peut être réalisée à l'aide d'électrodes montées sur un châssis embarquées sur un quad (www.geocarta.net). Cet outil permet de caractériser l'hétérogénéité du sol à différentes profondeurs. Il peut être utilisé comme base de raisonnement à l'implantation du système de culture.



Chapitre 3

La vigne, les arbres : comportements agronomiques

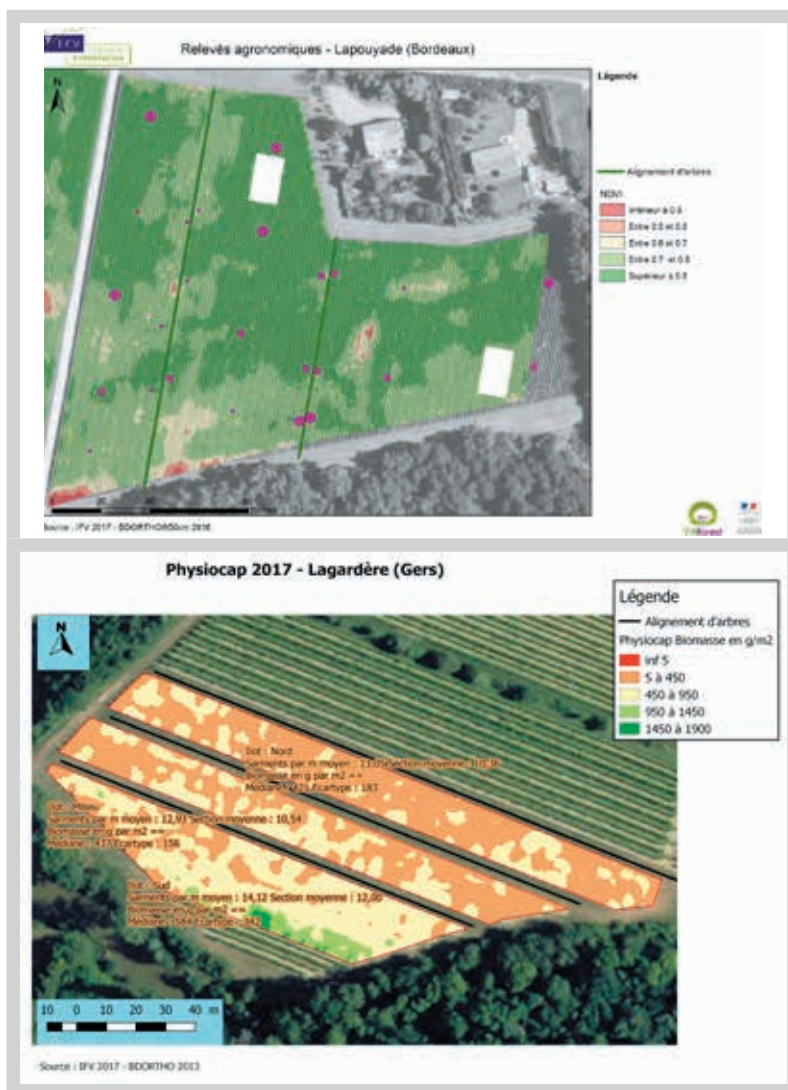
• GreenSeeker® : mesure du NDVI en proximité

Le GreenSeeker® est un capteur optique qui permet la mesure du NDVI de la végétation (Normalized Difference Vegetative Index). Il utilise une source lumineuse qui émet un signal dans le rouge et l'infrarouge et un capteur qui reçoit la réflectance de la végétation à ce signal. Monté sur un quad, il permet un zonage intra-parcellaire qui renseignera de la porosité de la végétation et du statut chlorophyllien du feuillage. C'est un indicateur de la biomasse produite.

• Physiocap® : mesure de la biomasse végétative

Le Physiocap® est un capteur géolocalisé embarqué qui circule à proximité des rangs de vignes. La mesure se déroule pendant la période hivernale après la chute des feuilles. Il est composé d'un émetteur-transmetteur laser positionné au-dessus du fil porteur. Le Physiocap® compte le nombre de rameaux et mesure leur diamètre en continu. Il permet un zonage intra-parcellaire de la biomasse végétative produite en prenant en compte, la géométrie de plantation, la hauteur de feuillage et la densité du bois.

Ces deux types d'outil sont parfaitement adaptés pour observer les effets potentiels de concurrence dans une parcelle conduite en agroforesterie viticole.



Exemples d'observations réalisées avec les capteurs Greenseeker® et Physiocap® sur des parcelles en agroforesterie viticole, dans le cadre du projet Vitiforest. On peut observer le peu d'impact de la présence des arbres (représentée par les lignes sur les cartes) sur les indicateurs de biomasse de la vigne (NDVI ou bois de taille), après 9 ans de co-plantation.



Il est aujourd'hui communément admis que l'érosion de la biodiversité est un défi majeur pour la durabilité des écosystèmes, et parmi eux les systèmes de production agricole. Les deux facteurs principaux identifiés pour expliquer la perte actuelle de biodiversité sont le recul des surfaces en éléments semi-naturels (simplification des paysages) et les pollutions.

Dans ce contexte, l'agroforesterie, par l'apport de nouvelles strates végétales au sein des parcelles, peut sembler une solution intéressante afin de remédier au moins au premier facteur. Il est cependant important de considérer également d'autres facettes de la biodiversité, et notamment les complexes ravageurs / auxiliaires de la vigne, ou les composantes biologiques des sols, afin d'envisager cette solution dans son ensemble.



Les impacts de l'arbre sur la biodiversité

La biodiversité aérienne



A court et moyen termes, l'introduction de l'arbre dans l'agro-écosystème apporte une diversité paysagère et une variabilité des strates de végétation et donc de nouvelles niches écologiques. En effet, l'arbre et tout ce qui le compose (branches, feuilles, fleurs, fruits, fissures du tronc, racines), offrent une "mixité" d'habitats, de refuges, de ressources alimentaires, de zones de chasse, de reproduction et d'hivernage.

De plus, un aménagement arboré, que ce soit sous forme de haie ou d'alignement d'arbres, s'accompagne très souvent par la mise en place d'une bande enherbée plus ou moins large à son pied. Enfin, de manière générale et d'un point de vue patrimonial, dans la mesure où sont respectés les principes d'utilisation d'espèces locales, de diversité des essences (floraisons et fructifications étalées dans le temps, production de pollen, nectar, précocités et donc persistances des feuillages différentes...), la présence d'arbres dans les parcelles peut être considérée comme un élément positif pour la biodiversité ordinaire.

Les arbres contribuent théoriquement au maintien d'une grande diversité d'espèces (insectes, araignées, micromammifères, oiseaux, reptiles...).

Sur le long terme, le développement des arbres entraîne la présence d'une strate arborée haute au sein des parcelles ainsi que l'apparition de cavités, fentes, qui sont autant de micro-habitats favorables à certaines espèces (chauves-souris, oiseaux nicheurs, etc.).



Au sein de cette diversité globale, les organismes utiles au viticulteur peuvent aussi bénéficier des ressources et refuges supplémentaires offerts par l'introduction d'arbres. C'est le cas de certains prédateurs réguliers et occasionnels (acariens, arachnides, chrysopes, certains carabes ou hétéroptères, etc.), de même que certains parasitoïdes.

Cela a notamment été montré pour les acariens prédateurs (Projet PIRAT, Domaine de Restinclières dans l'Hérault).

Le projet Vitiforest, mené sur des parcelles relativement jeunes (8 ans), n'a pas mis en évidence statistiquement l'influence de l'arbre sur les ravageurs ou auxiliaires dans

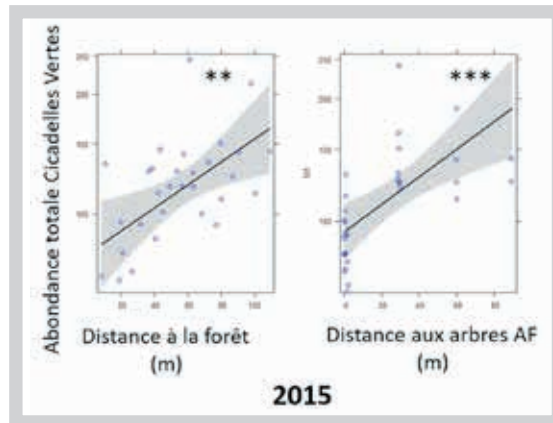
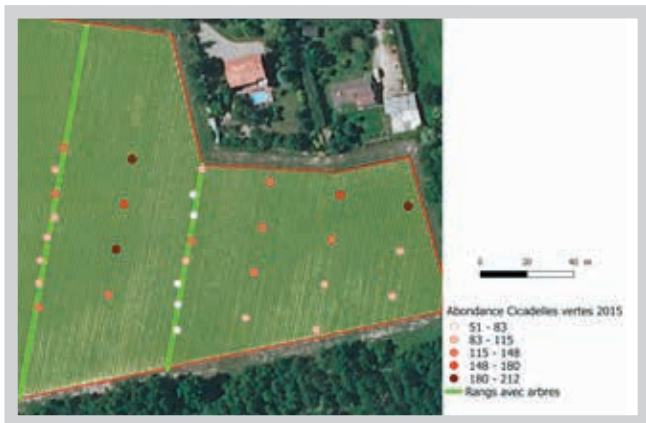
les parcelles de vigne agroforestières. Les références manquent encore aujourd'hui pour qualifier l'effet de l'introduction d'arbres sur ces réseaux trophiques complexes.

L'introduction d'arbres dans les parcelles viticoles n'est pas à considérer comme une solution isolée pour répondre aux problématiques environnementales actuelles. L'objectif à poursuivre pour tout aménagement visant la préservation de la biodiversité est bien la complémentarité des solutions apportées et leur continuité dans l'espace (connectivité des milieux semi-naturels).

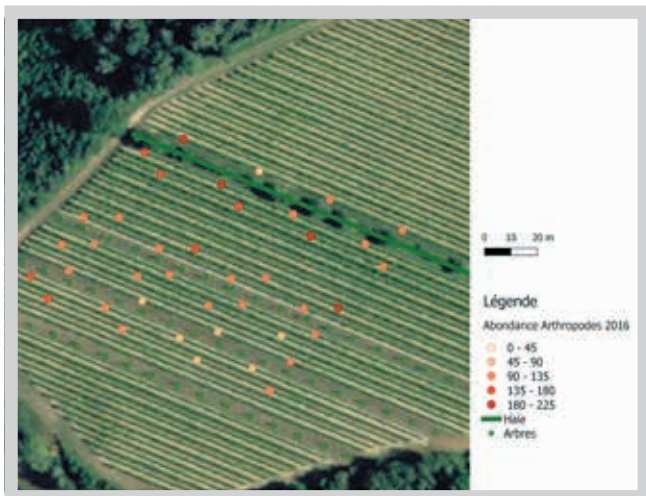
Ainsi, il est plus pertinent d'associer la mise en place d'arbres intra-parcellaires avec une démarche globale de gestion écologique des abords de parcelles (fauches tardives, plantations de haies autour des parcelles), et une démarche de réduction des intrants phytosanitaires.

Exemples de résultats issus du projet VITIFOREST

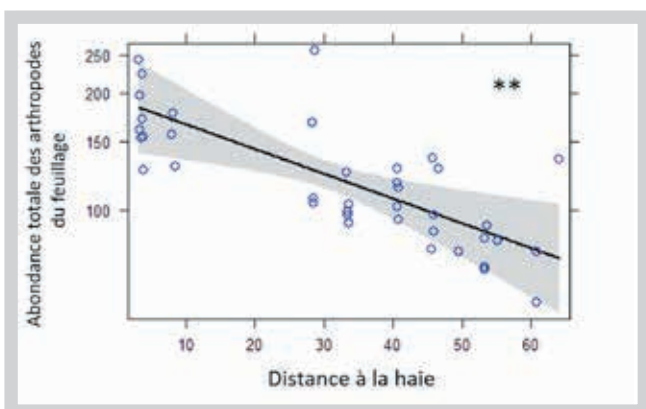
Le projet Vitiforest a mis en évidence des effets contrastés de l'arbre sur la répartition des ravageurs (Cicadelles vertes) et de la biodiversité (insectes, araignées etc.) selon le site étudié et l'année considérée. Il n'a pas permis de conclure sur un effet tranché et uniforme de l'implantation d'arbres intra-parcellaires sur ces paramètres, dans le cas de parcelles encore jeunes.



Représentation aérienne (à gauche) et graphique (à droite) de la répartition des Cicadelles Vertes en 2015 sur la parcelle de Lapouyade (33) : elles sont moins abondantes à proximité de la forêt et des lignes d'arbres agroforestiers. Un effet inverse a été constaté en 2016 sur cette mesure.



Représentation aérienne (haut) et graphique (bas) de la répartition des arthropodes (mesure de leur abondance globale dans le feuillage de la vigne) sur la parcelle de Lagardère (32) : les abondances sont plus importantes à proximité directe de la haie champêtre.



Aspiration des arthropodes présents dans le feuillage de la vigne.

Plaques engluées disposées dans les parcelles pour les mesures d'abondances de cicadelles vertes, et relevé de ces plaques avant dénombrement.

Les lombrics, ces ingénieurs du sol

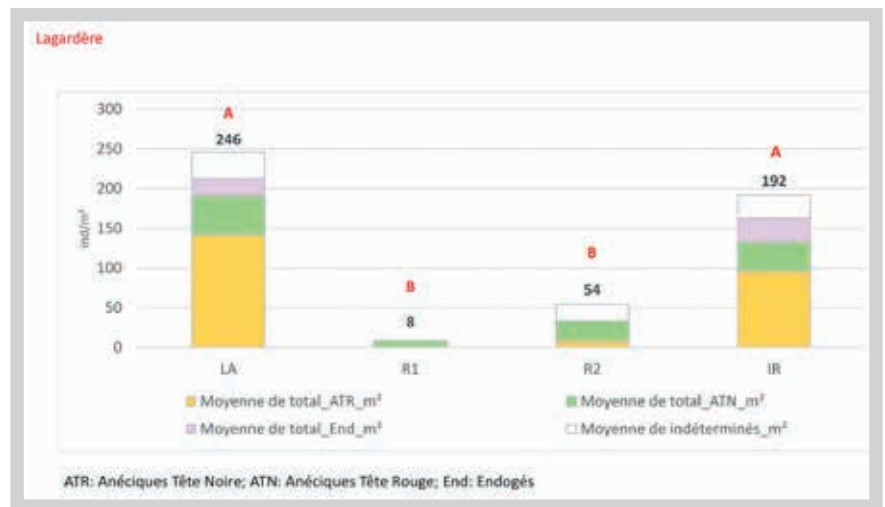
Les vers de terre, ou lombriciens, sont à la fois indicateurs et acteurs de la qualité des sols. Ils sont révélateurs des états et des usages du sol parce qu'ils sont intimement liés à ses constituants et réagissent à ses modifications.

Ce sont des auxiliaires reconnus pour leur contribution à la fertilité des sols. En effet, les vers de terre jouent un rôle important dans la dégradation et le recyclage des matières organiques en surface ou dans le sol. Ils créent des réseaux de galeries qui assurent un transfert et un stockage du carbone dans les sols, favorisant de plus la circulation des gaz et l'infiltration de l'eau. Les tunnels créés par les vers de terre favorisent le développement et la progression des racines mais aussi l'activité des micro-organismes (humification, minéralisation). Les déjections de surface (turricules) créent de la rugosité de surface qui limite l'érosion des sols en freinant le ruissellement des eaux. Enfin les agrégats biologiques liés à ces déjections participent à une meilleure stabilité de la structure du sol. Les vers de terre brassent d'importantes quantités de sol (jusqu'à 30 tonnes / ha en prairie).

Les vers de terre sont sensibles à de nombreux composants de l'agriculture moderne : intrants phytosanitaires, compaction du sol, travail du sol qui détruit les galeries et enfouit la matière organique et les groupes de lombrics vivant en surface. Au contraire, toute action qui augmente la quantité de matière organique du sol est positive pour les vers de terre.

En France, une centaine d'espèces de vers de terre a été recensée. Elles peuvent être classées en fonction de trois grandes catégories écologiques: les épigés, les anéciques, les endogés.

Sur les différentes parcelles du projet Vitiforest, un impact significatif de la présence des arbres sur la distribution des vers de terre a été mis en évidence. A l'exception d'une parcelle, davantage de vers de terre de type anécique et endogé ont été retrouvés sur la ligne d'arbres. Un gradient de fréquence décroissante a ensuite été relevé au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la zone arborée. On note également que les zones travaillées (inter-rang ou rang de vignes) présentent un nombre significativement moins élevé d'individus que les zones avec un enherbement permanent.



Exemple de dénombrements de lombrics sur la parcelle agroforestière de Lagardère (32) en fonction de la zone de prélèvement.

Les communautés microbiennes des sols

Parmi les organismes vivants dans le sol, les microorganismes (bactéries et champignons) sont les plus abondants et diversifiés. Du fait de leur petite taille, leur énorme diversité taxonomique et génétique, leur réactivité aux perturbations, ainsi que leur implication forte dans les cycles biogéochimiques gérant les flux de matière et d'énergie, ils sont des candidats incontournables pour élaborer un diagnostic de la qualité des sols viticoles.

Le bilan national de la qualité des sols viticoles est mitigé

L'analyse de la qualité des sols à l'échelle nationale montre que les sols viticoles hébergent la plus faible biomasse moléculaire microbienne en comparaison de ceux sous prairies et forêts. Ceci peut s'expliquer par différentes pratiques viticoles comme l'absence de couvert végétal permanent (vignes non enherbées), le travail du sol, la fertilisation par des engrais chimiques au détriments d'apports organiques et l'ajout de pesticides de type antifongiques. Toutes ces pratiques mènent à une destruction des habitats du sol pour les microorganismes et/ou à un épuisement des ressources nutritives (baisse de la quantité et de la qualité du carbone organique du sol) et quelquefois à des contaminations toxiques pour les microorganismes (métaux lourds, pesticides, etc).

L'agroforesterie : une pratique vertueuse pour la qualité microbiologique des sols ?

La présence d'arbres au sein de parcelles viticoles pourrait représenter une forme d'atténuation de l'impact de certaines pratiques viticoles :

- En amenant de l'hétérogénéité environnementale (au niveau du couvert végétal et microclimatique) et donc des nouvelles niches écologiques au sein de parcelles trop homogènes, ce qui peut favoriser la diversité des communautés microbiennes.
- En fournissant des ressources nutritives supplémentaires aux microorganismes du sol par la rhizosphère et la litière des arbres.
- En limitant la contamination des sols par les traitements phytosanitaires de la vigne.

Impact de la présence d'arbres dans les vignes sur la qualité microbiologique des sols

Sont présentés ici les résultats de la parcelle agroforestière localisée à Lapouyade en Gironde : l'analyse de la qualité microbiologique globale de la parcelle, selon les indicateurs microbiens, biomasse et biodiversité, démontre une bonne qualité microbiologique de cette parcelle.

Une analyse plus détaillée de ces indicateurs au sein de la parcelle en fonction de l'éloignement à l'arbre, n'a pas montré, de manière significative, l'impact de l'arbre sur les indicateurs microbiens d'abondance et de diversité. Ceci peut s'expliquer par l'âge des arbres et leur plantation récente (environ 7 - 8 ans), qui limite l'impact de leur système racinaire, de leur feuillage (ombre, etc.) et de leur litière. L'enherbement du rang peut aussi masquer l'effet de l'arbre et expliquer nos résultats.

En revanche, il semblerait que la présence de l'arbre modifie l'abondance relative de certains taxons microbiens. Plus précisément, l'arbre stimule des taxons reconnus pour se développer dans des sols forestiers riches en matières organiques et impliqués dans la dégradation de cette matière organique. La présence de l'arbre stimule aussi la présence de champignons mycorhiziens.

Une étude complémentaire à mener dans les rangs non enherbés et lorsque les arbres seront plus âgés permettrait de confirmer ces résultats.

INTÉRÊT

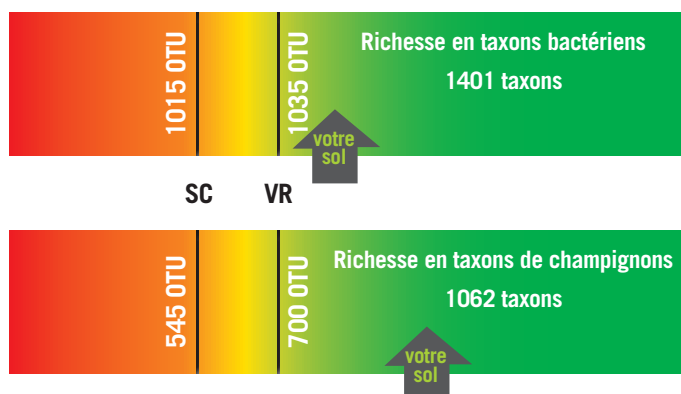
La diversité microbienne est mesurée par le séquençage massif de l'ADN de votre sol. Elle est déclinée en un indicateur de richesse bactérienne et de champignons (en nombre de taxons ou OTU Operational Taxonomic Unit). Ces indicateurs renseignent sur le fonctionnement biologique du sol (minéralisation, matière organique, dépollution, stabilité structurale...) et sur ses capacités de résilience qui sont en lien direct avec la qualité et durabilité de votre système de production.

INTERPRÉTATION

Un référentiel national permet de prédire le seuil critique (SC) et la valeur de référence (VR) de la diversité de bactéries et de champignons de votre sol.

DIAGNOSTIC

Votre sol présente un bon niveau de diversité en bactéries et en champignons. Vos usages du sol n'altèrent pas la diversité, ils participent au bon fonctionnement (fertilité biologique) et à la stabilité (résistance/durabilité) biologique de votre sol.



Exemple de résultats d'analyses d'indicateurs microbiologiques du sol pour la parcelle de Lapouyade (33) en 2016.

Chapitre 5

Aménagement d'une parcelle de vigne en agroforesterie

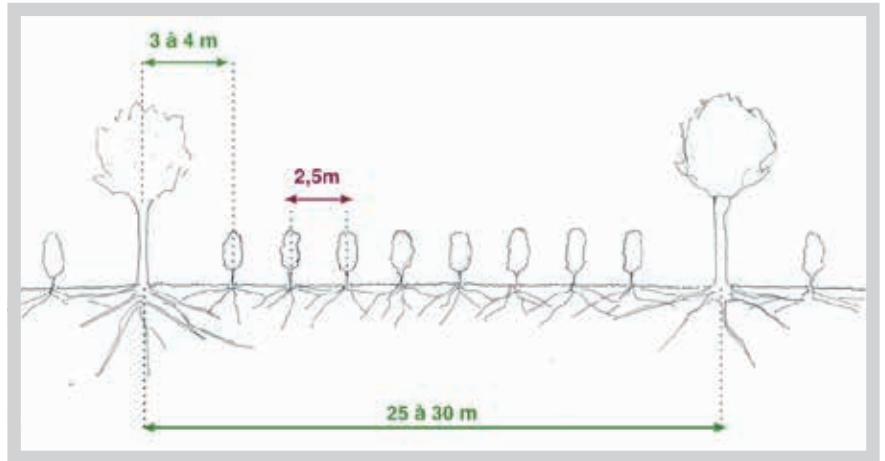
Vingt ans après les premiers essais d'agroforesterie viticole réalisés par la Chambre d'Agriculture de l'Hérault et l'INRA de Montpellier sur le domaine départemental de Restinclières (34), il est possible de tirer des enseignements pour concevoir des parcelles arborées associées à de la vigne.

Conception du projet et agencement des arbres

Au moment de la conception d'un projet d'agroforesterie viticole, divers paramètres vont être considérés.

Concernant le type de formations arborées (haies, arbres isolés, alignement, bosquet), plusieurs choix sont possibles, seuls ou combinés, en bordure de parcelle ou intercalés entre les rangs de vigne, en fonction des contraintes de production et des attentes du viticulteur.

Par exemple, si la priorité est de limiter l'effet de vents latéraux ou les phénomènes de dérives lors des pulvérisations, une haie en bord de parcelle, plutôt de type brise vent sera privilégiée.



S'il s'agit de créer des ressources et des habitats pour la biodiversité et la faune auxiliaire, on favorisera une diversité d'espèces végétales et de formes arborées (buissons, haie, arbres) connectées entre elles.

Si le viticulteur souhaite implanter des arbres au sein même de la vigne, on partira plutôt sur des formes arborées isolées, alignées ou sur une haie basse régulièrement taillée.

Sur les parcelles de vigne déjà en place, on s'adaptera à ses caractéristiques (orientation des rangs de vigne, écartements). Dans ce cas de figure, soit on arrachera un rang de vigne pour y implanter les arbres.

Soit, on plantera les arbres de manière plus aléatoire en remplacement de ceps de vigne manquants.

Pour une parcelle en cours de création ou de restructuration, on aura davantage de libertés pour le choix de l'orientation des arbres et les distances entre ligne d'arbres et rang de vigne.

Recommandations générales

Dans la mesure du possible :

- Privilégier les orientations Nord-Sud pour limiter et équilibrer l'ombrage des arbres portés sur la vigne.
- Prévoir une distance minimale de 3 mètres entre la ligne d'arbres et le premier rang de vigne, idéalement 4 mètres.
- Essayer de viser une distance de 25 à 30 m entre chaque ligne d'arbres.
- La distance des arbres sur la ligne dépendra de la densité visée.
- Rester sur une faible densité d'arbres : 30-50 tiges/ha.
- Respecter les tournières en bout de rangs pour les manœuvres d'engins.

Aspect réglementaire concernant l'implantation d'arbre au sein d'une parcelle viticole :

- Sauf si le cahier des charges d'une appellation (AOP, IGP) l'interdit, des arbres peuvent a priori être présents au sein d'une parcelle de vigne ou peuvent y être intégrés.
- Il n'y a pas, à l'heure actuelle, de réglementation nationale concernant l'inscription et les déclarations des parcelles agroforestières viticole au Casier Viticole Informatisé (CVI). Il est de la responsabilité du viticulteur de se rapprocher du service de l'administration des douanes dont dépend son exploitation.
- A minima, il faut conserver des îlots de 10 ares de vignes entre chaque alignement d'arbres.
- Les aides à la plantation sont basées sur les surfaces réelles en vigne, sans prise en compte des surfaces occupées par les arbres (source FranceAgriMer).

Choix des essences

Le bon arbre au bon endroit

- Choisir des espèces d'arbres rustiques et adaptées aux conditions pédoclimatiques locales.
- Favoriser une diversité d'espèces et génétique (éviter les populations monoclonales).
- Considérer les objectifs du viticulteur : espèces destinées à produire du bois d'œuvre, des fruits, du bois de chauffage, de l'ombrage, une diversité de floraisons, etc.
- Choisir des espèces d'arbres adaptées au terroir de la vigne et si possible avec un feuillage léger et peu concurrentiel pour la lumière.
- Tenir compte de l'hétérogénéité de la parcelle (humidité, profondeur...).
- Privilégier des espèces d'arbres variées pour abriter une faune auxiliaire variée.

Le matériel végétal utilisé devra être de premier choix et certifié tant du point de vue sanitaire que génétique. De plus, on travaillera préférentiellement avec de jeunes plants qui présentent une meilleure reprise que les plants déjà âgés.

Modalités de mise en place

Une bonne préparation du sol est primordiale pour assurer un enracinement et développement optimal des jeunes arbres qui seront plantés. Un sous-solage, puis un affinage en surface se feront préférentiellement à l'automne avant la plantation des arbres en hiver ou au début du printemps.

Pour limiter la concurrence herbacée et conserver l'humidité du sol, un paillage sera déposé sur une surface de 1m² autour des jeunes arbres. Il pourra être constitué de paille, de bois raméal fragmenté ou d'un film biodégradable. De même, chaque arbre sera protégé par une protection contre les cervidés de 1,2 m de hauteur.



Conduite des arbres

Qu'il s'agisse de haies ou d'arbres isolés, il est primordial de former les arbres dès les 5-8 premières années. Pour les arbres isolés, il s'agit de former le tronc et de le dégager de ses branches sur une hauteur d'au moins 2 mètres, idéalement sur 5 ou 6 mètres, notamment pour produire du bois d'œuvre.

Pour les haies, il s'agit d'assurer une contention horizontale pour éviter son développement dans l'inter-rang de vigne. Pour certaines haies basses, on pourra envisager de rogner les arbustes au même moment que la vigne.

Selon les essences d'arbres choisies, l'ombre portée sera plus ou moins forte. On peut limiter cet ombrage en taillant l'arbre en forme de têtard qui permet de dégager sa couronne tous les 5 à 10 ans. Au fil des années, ces tailles successives vont participer à la formation de cavités dans le tronc, apportant ainsi de nouveaux refuges pour la faune dont les oiseaux.



Chapitre 5

Aménagement d'une parcelle de vigne en agroforesterie

Exemple d'aménagements réalisés

Sur une exploitation viticole en Côte de Gascogne, un viticulteur qui a déjà planté plusieurs centaines de mètres de haies champêtres, a souhaité tester un nouveau modèle d'aménagement arboré au sein de ses parcelles.

Motivé par les apports de l'arbre en matière de biodiversité, de paysage et d'agronomie, il a implanté deux parcelles de vigne en agroforesterie. L'une en 2015 avec un cépage blanc (Ugni blanc) orientée Est-Ouest, l'autre en 2017 avec un cépage rouge (Tannat), orientée Nord-Sud.

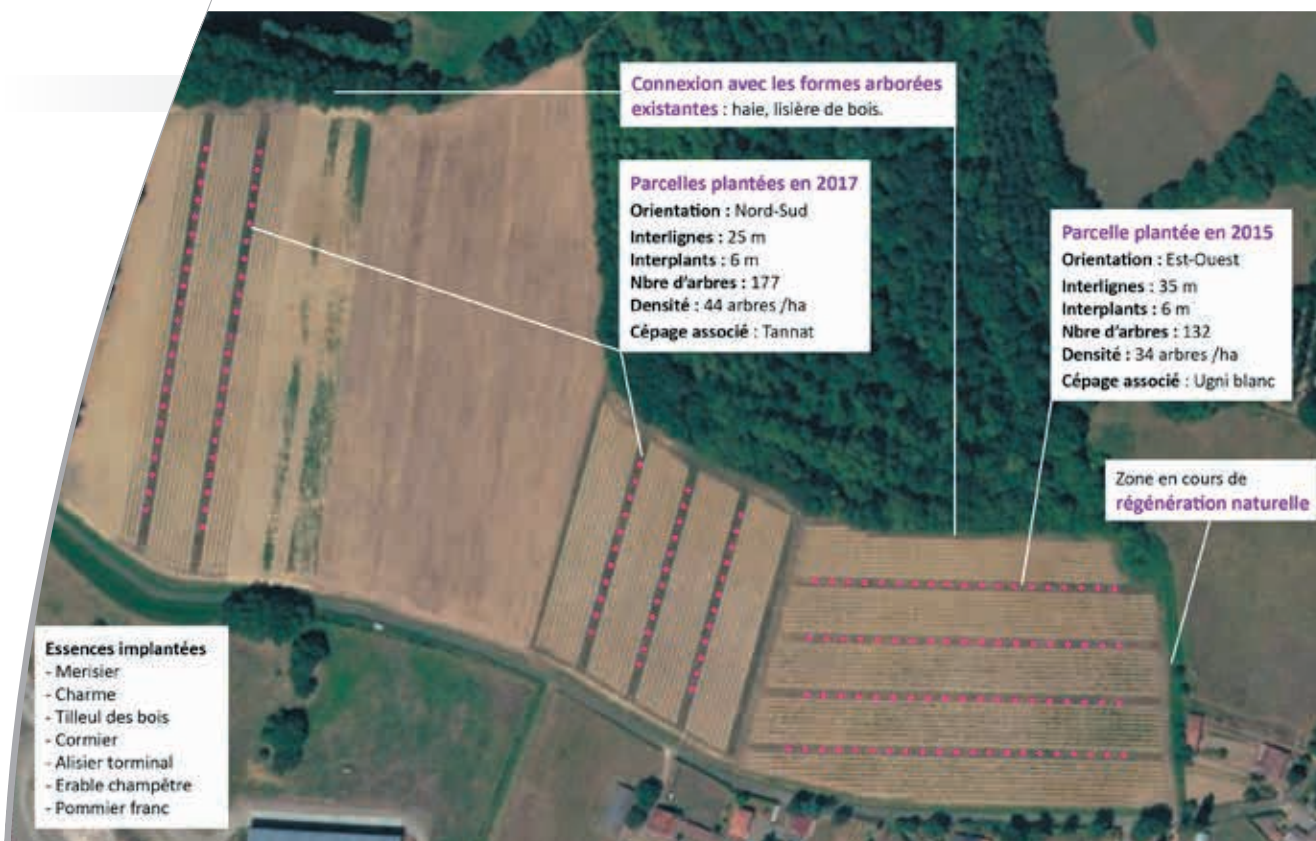
Pour limiter au maximum les potentiels effets concurrentiels de l'arbre à long terme, il a fait le choix de larges espacements entre la rangée d'arbres et le premier rang de vigne. Les arbres (6 essences différentes à bois précieux) ont été plantés à 5 mètres des premiers pieds de vigne, sur une large bande enherbée qui sera aussi un refuge et un habitat pour la biodiversité. Les lignes d'arbres sont distantes de 35 m sur la parcelle d'Ugni blanc et de 25 m sur la parcelle de Tannat.

Enfin, des tournières de 8 mètres ont été laissées en bout de lignes arborées pour ne pas gêner les manœuvres d'engins.

Au moment de la conception du projet d'aménagement, il est intéressant de penser aux connections avec les structures végétales existantes (haies, bois) et de favoriser aussi celles en cours de développement (arbustes en régénération naturelle en bordure de fossé).

Au niveau des coûts engagés, le prix unitaire et global d'un arbre intra-parcellaire planté et protégé est de 18€ HT et se décompose de la manière suivante :

- **Fournitures**
(plants, paillage, protection cervidés, tuteurs) : 7,30€
- **Travaux**
(Préparation du sol, pose du paillage, des protections et plantation) : 5,20€
- **Ingénierie du projet et suivi sur 3 ans** : 5,50€



Il existe encore peu de travaux s'intéressant à l'incidence économique du développement de pratiques agroforestières en viticulture permettant de fournir des éléments de décision aux viticulteurs désireux d'intégrer des arbres dans leur système de production. Comme toute activité, l'agroforesterie viticole entraîne des charges et des produits nouveaux liés aux productions agroforestières qu'il est nécessaire d'identifier et d'évaluer. Mais l'implantation d'arbres dans ou autour des vignes peut aussi avoir des conséquences sur les charges et les produits liés à la conduite de la vigne elle-même, qu'il convient d'intégrer également dans une approche technico-économique de l'agroforesterie en viticulture. L'objectif est donc ici de mettre en lumière les éléments à prendre en compte pour évaluer a priori l'incidence de la mise en place d'un tel système plus que de donner des références.

Pour mieux comprendre ce que l'on peut mesurer et prendre en considération, il faut différencier les différents systèmes agroforestiers que l'on peut rencontrer en viticulture. On s'intéresse ensuite à l'appréciation des incidences directes en matière de valorisation des productions et de consommation de facteurs de production.

Les productions associées en systèmes agroforestiers viticoles

A l'échelle de l'exploitation, on distingue plusieurs possibilités depuis l'absence de production particulière (et dans ce cas, pas de valorisation supplémentaire due à l'activité agroforestière) à la production de bois, de fruits ou des deux simultanément, en fonction des choix de l'exploitant :

- Pas de production particulière: dans ce cas, pas de produit supplémentaire (ou petites productions destinées à l'autoconsommation). La vigne bénéficie des aménités agronomiques et environnementales dues à la présence des arbres ;

- Production de bois (bois raméal fragmenté, bois énergie, bois d'œuvre): cycles de production différents de celui de la vigne, cycles étalés dans le temps. La taille doit faire l'objet d'une attention particulière et demande donc d'y consacrer du temps ;

- Production de fruits: essences spécifiques, permet aussi la production de bois raméal fragmenté. Dans ce cas, doit être prise en compte la conduite des arbres pour la production de fruits (taille, détection des maladies, traitements, irrigation, récolte) ;

- Productions combinées: production de bois et de fruits simultanée: suppose la plantation de plusieurs essences en fonction des productions souhaitées. La gestion combinée de plusieurs productions agroforestières en plus de la conduite de la vigne nécessite une bonne gestion du temps et des connaissances.

A l'échelle de la parcelle, les productions peuvent également être diversifiées en fonction des types d'essences et d'aménagements choisis par les exploitants:

- Dans les zones de régulation naturelle: production possible de bois raméal fragmenté et de bois énergie (en fonction de la fréquence d'entretien) ;

- Haies non productives: arbustives et non productives la plupart du temps. Production possible de bois raméal fragmenté et de bois énergie (en fonction de la fréquence d'entretien) ;

- Haie double pour production de bois: production possible de bois raméal fragmenté et de bois énergie, possibilité de valoriser certains pieds en bois d'œuvre mais la production est dans ce cas peu conséquente ;

- Haie fruitière: production possible de bois raméal fragmenté et de bois énergie, production de fruits en autoconsommation ;

- Alignement de trognons pour production spécifique: production de bois raméal fragmenté et/ou de bois énergie en quantités importantes ;

- Alignement multi-essences intra-parcellaire à production variée: production de fruits et de bois d'œuvre simultanée, production possible de bois raméal fragmenté et de bois énergie lors des tailles d'entretien ;

- Alignement mono-essence intra-parcellaire à production ciblée: production de fruits ou de bois d'œuvre, production possible de bois raméal fragmenté et de bois énergie lors des tailles d'entretien.



Chapitre 6

Aspects technico-économiques

	Zone de régénération naturelle <ul style="list-style-type: none">• BRF et bois énergie (selon la fréquence d'entretien)
	Haie non productive <ul style="list-style-type: none">• BRF et bois énergie (selon la fréquence d'entretien)• la plupart du temps arbustive (simple)
	Haie double pour production de bois <ul style="list-style-type: none">• BRF / Bois énergie• Possibilité de valoriser certains pieds en bois d'œuvre mais production peu conséquente
	Haie fruitière <ul style="list-style-type: none">• BRF / Bois énergie• Fruits (autoconsommation)
	Alignement de trognons pour production spécifique de BRF <ul style="list-style-type: none">• BRF et bois énergie en quantité importante
	Alignement multi essence intraparcellaire à production variée <ul style="list-style-type: none">• Fruits ET bois d'œuvre• un peu de BRF / Bois énergie lors des tailles d'entretien
	Alignement mono essence intraparcellaire à production ciblée <ul style="list-style-type: none">• Fruits OU bois d'œuvre• un peu de BRF / Bois énergie lors des tailles d'entretien

Typologie des structures agroforestières selon le mode d'implantation des arbres et de leurs productions.

	Pas de production particulière <ul style="list-style-type: none">• Aménités environnementales et agronomiques• Petites productions destinées à l'autoconsommation (BRF, fruits et bois énergie)
	Production de bois <ul style="list-style-type: none">• BRF / Bois énergie / Bois d'œuvre• Cycles de production différents, étalés dans le temps• Nécessite du temps principalement pour la taille
	Production de fruits <ul style="list-style-type: none">• BRF et fruits• Nécessite du temps récolte, traitements/protection et détection des maladies• Essences différentes que pour production bois
	Productions combinées de bois et fruits <ul style="list-style-type: none">• BRF / Bois énergie / Bois d'œuvre / Fruits• Essences particulières pour chaque productions• Nécessite beaucoup de temps et de connaissance pour une bonne gestion de la production

Typologie des exploitations agroforestières viticoles selon les productions (illustrations issues du rapport de stage de Fanny Madrid, Bordeaux Sciences Agro).

Valorisation des productions

Les différents systèmes décrits entraînent des niveaux de valorisation différents, en valeur comme en rythme dans la mesure où la périodicité de la production agroforestière n'est pas forcément annuelle. Il n'existe pas de référence en la matière, mais la littérature donne quelques indications quant au niveau de valorisation des productions agroforestières. Mais selon le système choisi, les productions associées peuvent permettre d'accroître la valeur ajoutée de la production.

En ce qui concerne les quantités de raisin produites, un gain de productivité en biomasse a été observé pour certaines associations. De manière générale, peu de variations sont observées dans la production des raisins. Pour autant, les aménagements agroforestiers doivent être pensés de manière systémique pour limiter les phénomènes de concurrence entre les deux cultures (eau, azote, lumière) (cf. partie Agronomie).

PRODUCTION	LATENCE AVANT PREMIÈRE RÉCOLTE	CYCLE DE PRODUCTION	ESSENCE	FILIÈRE ORGANISÉE	PRIX DE MARCHÉ
BOIS D'ŒUVRE	20-60 ans		Noyer commun, Alisier, Tormal, Merisier, Cormier, Frêne commun, Poirier et Pommier francs, Erable champêtre, Orme résistant	Pas encore adaptée aux productions agroforestières	Très variable 250€ par arbre pour un noyer par exemple
BOIS ÉNERGIE (diam. > 5 cm)	7 ans	7 ans		Oui	Très variable (50 à 110€ / stère selon la qualité)
BOIS RAMÉAL FRAGMENTÉ	2-3 ans	2-3 ans	Feuillus principalement : Saule, Noisetier, Tilleuls, Châtaigner, peuplier	Non	Non (de gratuit à 300€/m ³ quand il est vendu en sac. Prix de vente conseillé entre 15 et 30€/m ³)
FRUITS	3 à 10 ans	Annuel		Oui	Oui mais variable en fonction du fruit

Les charges

On distingue les charges d'implantation des arbres/arbustes/haies (investissement) et les charges liées à leur entretien annuel (coût direct des facteurs de production) qui peuvent être mesurées à l'unité (arbre), à l'hectare ou au mètre linéaire.

Concernant les charges liées à la conduite de la vigne, les modifications sont assez variables selon l'implantation agroforestière choisie. En ce qui concerne les intrants (engrais, produits phytosanitaires), une réduction des charges est attendue grâce à l'amélioration du fonctionnement de l'agrosystème (équilibre ravageurs/auxiliaires). Pour les charges de main d'œuvre, une augmentation est possible si les aménagements agroforestiers ralentissent les travaux en vert et les interventions mécaniques. Enfin, les systèmes agroforestiers ne nécessitent pas forcément l'achat de matériels spécifiques pour la conduite de la vigne, qu'il faudrait toutefois prendre en compte si le cas se présentait.

Le surcoût d'un système agroforestier viticole n'est donc pas une conséquence systématique. Beaucoup de paramètres entrent en compte et peuvent permettre à ces systèmes de fonctionner avec des coûts directs analogues, ou des surcoûts directs compensés par des produits nouveaux.

COÛT D'IMPLANTATION

Coût de la préparation du sol (mulching), marquage, paillage

+ Coût des plants

+ Coût des protections mécaniques des arbres s'il y a lieu

+ Coût de la main d'œuvre ET/OU Coût de la prestation si prise en charge par un prestataire

COÛT D'ENTRETIEN ET D'EXPLOITATION

Coût de la taille (main d'œuvre et amortissement du matériel de taille)

+ Coût des traitements phytosanitaires / biocontrôle / désherbage s'il y a lieu (intrants, main d'œuvre, amortissement du matériel)

+ Coût des chantiers de coupe de bois

+ Coût de la récolte pour les fruits (main d'œuvre et amortissement du matériel)



Le résultat économique

Le calcul d'un indicateur annuel (du type Résultat ou Marge) pour la partie agroforestière peut être discutable compte tenu de la périodicité de la production agroforestière qui n'est pas toujours annuelle. Un indicateur synthétique de type Valeur Nette (ou Valeur Actuelle Nette) est alors possible (Somme des produits agroforestiers pluriannuels actualisée moins somme des charges agroforestières pluriannuelles actualisée). On peut aussi opter pour un indicateur global viti-forestier pour le calcul des charges (intégration des coûts agroforestiers dans le coût de production de la vigne). Avec les mêmes limites liées à la périodicité de la production agroforestière, il est également envisageable de calculer un résultat (ou une marge) viti-forestière en intégrant les produits agroforestiers aux produits de la vigne.

Compte tenu de la « jeunesse » des systèmes agroforestiers en viticulture, et de la durée de vie des cycles de production agroforestiers, le recueil d'informations doit encore continuer sur plusieurs années pour pouvoir apprécier le réel effet économique de tels systèmes grâce à la production de références et à la lecture des résultats. La distinction des charges et des produits agroforestiers demande une organisation de la traçabilité pour pouvoir mieux apprécier la contribution de ces systèmes à l'économie des exploitations viticoles.

Cette appréciation économique gagnerait enfin à s'enrichir d'une évaluation d'une part des externalités positives liées aux services écosystémiques rendus par les systèmes agroforestiers à la vigne (entretien d'un microclimat, équilibre ravageurs/auxiliaires, fertilité et biodiversité du sol), aux exploitations (autonomie) et à leur environnement (entretien des paysages), et d'autre part de la réduction des externalités négatives, ce qui donnerait une vision plus systémique de l'impact économique réel de l'agroforesterie en viticulture.



Dessin de David Delas (Arbre et Paysage 32)

Annexes

Pour aller plus loin

- Liagre, F. and C. Dupraz, Eds. (2011).
Agroforesterie: des arbres et des cultures.
2^e édition. Editions France Agricole, 432p.
- Sirven, B. (2016).
Le génie de l'arbre.
Editions Actes Sud, 408 p.
- Trambouze, W. and N. Goma-Fortin (2013).
Agroforesterie viticole : résultats de 11 ans d'étude sur la production et la vigueur des vignes.
Ciência e técnica vitivinícola: journal of Viticulture and Enology 28 : 510-513.
- Dufourcq, T., et al. (2017).
Utilisation de capteurs embarqués pour caractériser la variabilité spatiale dans les vignobles conduits en agroforesterie.
20th International GiESCO Symposium. Mendoza, Argentina: 868-872.
- Guenser, J., et al. (2018).
Evaluation de la biodiversité et des paramètres agronomiques pour deux parcelles de vigne en agroforesterie.
XIIIth International Terroir Congress. Zaragoza, Spain: 108-112.
- Grimaldi Juliette (2018).
Impacts microclimatiques de l'agroforesterie en viticulture : étude de cas dans le Sud de la France.
Thèse de doctorat. Université Paul Sabatier et Centre d'Etudes Spatiales de la Biosphère, Toulouse France. 2018. 307 p.
- Projet Vitiforest (2019).
Rapport de fin de projet.
A paraître.

Projet Vitiforest (2015-2018)

Mise en place et évaluation de sites pilotes en agroforesterie viticole.



- Établir un réseau de parcelles pilotes,
- Mettre au point des protocoles de mesures,
- Acquérir, analyser, diffuser des données sur l'influence de l'arbre en contexte viticole,
- Constituer un réseau de partenaires.



REMERCIEMENTS

Les données présentées sont issues pour partie des travaux réalisés dans le cadre du projet VITIFOREST (Casdar Innovation et Partenariat 2015-2018).

PARTENAIRES TECHNIQUES POUR LA RÉDACTION DE LA BROCHURE

- Institut Français de la Vigne et du Vin
- Association Arbre et Paysage 32, Auch (32)
- Vitinnov, Gradignan (33)
- CESBIO, Auch (32)
- INRA UMR agro-écologie, Dijon (21)
- Bordeaux Sciences Agro, Gradignan (33)

DOMAINES VITICOLES CITÉS DANS LA BROCHURE

- Domaine du Pajot, à Eauze (32)
- Patrick Dubos, vigneron pour Val de Gascogne, à Lagardère (32)
- Domaine Lagrèzette, à Caillac (46)
- Domaine Emile Grelier, à Lapouyade (33)
- Domaine Départemental de Restinclières, à Prades-Le-Lez (34)

PARTENAIRES FINANCIERS

- Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation
- Agence de l'Eau Adour Garonne
- Fondation de France
- Région Occitanie
- Syndicat des Côtes de Gascogne



INSTITUT FRANÇAIS
DE LA VIGNE ET DU VIN

ITINÉRAIRES N° 28

Comité de rédaction :

Emilie Bourgade (AP32), Vincent Bustillo (CESBIO), Bernard Del'Homme (BSA), Myriam Desanlis (IFV), Thierry Dufourcq (IFV), Josepha Guenser (Vitinnov), Juliette Grimaldi (CESBIO), Virginie Montagne (INRA UMR AE), Lionel Ranjard (INRA UMR AE), Adeline Alonso Ugaglia (BSA).

Crédits photos :

IFV, Vitinnov, Domaine E. Grelier, Arbre et Paysage32, CESBIO, Agroof.