



VITAM

VITiculture et Agroforesterie Méditerranéenne



Rapport final



Consortium de recherche/comité de pilotage : Camille Béral (Agroof) ; Ambroise Martin-Chave (Agroof) ; Daniele Ori (Agroof) ; Numa Faucherre (Agroof) ; Hélène Legallic (Agroof) ; Jean-Christophe Payan (IFV) ; Caroline Gouttesoulard (IFV) ; Lucile Chedorge (Syndicat des vignerons des Côtes du Rhône) ; Raphaël Métral (Supagro UMR ABSYS) ; Clélia Saubion (Chambre d'Agriculture de l'Hérault) ; Alice Bouhassoun (Chambre d'Agriculture de l'Hérault) ; Pauline Garin (Chambre d'Agriculture du Vaucluse) ; Viviane Sibe (Chambre d'Agriculture du Vaucluse) ; Clara Bertrand (Chambre d'Agriculture du Vaucluse) ; Arnaud Prijent (EPLEFPA Olivier de Serre) ; Juliette Colin (Arbres et Paysages de l'Aude)

Contributeurs (hors comité de pilotage) : EPLEFPA d'Orange ; Domaine de Calet ; Domaine des Célestes ; Vitinnov

Stagiaires : Antonin Bosc (Agroof - 2022) ; Clara Bertrand (CA 84 - 2022) ; Thomas Gargne (Agroof - 2023) ; Anais Vander Cruyssen (CA 84 - 2023).

Remerciements :

Nous tenons à remercier la Fondation de France, l'Office Français de la Biodiversité et BRL pour leur soutien financier durant ces trois années de projet.

Nos remerciements vont également à l'ensemble des viticulteurs et vignerons ayant contribué au projet.

CITATION DE CE RAPPORT : Béral C. et al., 2025. Agroforesterie viticole en zone méditerranéenne : rapport final du projet de recherche VITAM. 60pp.

Cet ouvrage est disponible en ligne : <https://vitam.projet-agroforesterie.net/projet.html>

Table des matières

Etat de l'art	4
Le projet VITAM	5
Action 1 - Echanges et création de référentiels technico-économiques	6
Journées techniques réalisées	7
Enquêtes sur les pratiques d'agroforesterie en système viticole	8
Analyse technico-économique sur le Domaine du Chapitre.....	13
Présentation du dispositif expérimental SALSA.....	13
Mesures et observations effectuées.....	15
Résultats	16
Conclusions et perspectives.....	21
Point sur les réglementations	23
Action 2 - Effets des arbres sur les performances agronomiques des vignes en lien avec les modifications du microclimat	25
Objectifs	25
Matériels et méthodes	25
Les sites d'étude	25
Mesures réalisées sur les vignes	27
Les mesures microclimatiques	30
Résultats.....	31
Conditions météorologiques	31
Résultats des suivis microclimatiques	32
Effets sur la phénologie des vignes.....	35
Effets sur les rendements	39
Effets sur la qualité des baies	40
Discussion et perspectives	41
Action 3 - Mise en place d'une dynamique d'expérimentation participative	42
Co-conception d'un projet d'agroforesterie viticole à vocation microclimatique dans le Gard	42
Journée de co-conception du projet agroforestier viticole du Domaine Provence Ventoux...	45
Atelier hydrologie régénérative en viticulture au Château de Lastours à Portel des Corbières le 19 juin 2024.	46
Co-conception de deux parcelles d'agroforesterie viticole sur le domaine de Restinclières	48
Action 4 – Diffusion.....	55
Références bibliographiques	57
Annexes	59

Etat de l'art

L'agroforesterie viticole est caractérisée par l'association d'arbres et de vignes sur une même surface, en périphérie ou au sein des parcelles.



Figure 1 - Illustrations de différentes formes d'agroforesterie viticole avec, de gauche à droite, des alignements intraparcellaires remplaçant des rangs de vignes, des arbres implantés sur les rangs de vignes et une haie périphérique (crédits photos : Agrof, Juliette Grimaldi, Agrof).

Les arbres, autrefois fréquemment complantés avec les vignes, ont disparu des vignobles du sud de la France au cours de la forte intensification des pratiques au siècle dernier. Face aux enjeux économiques et écologiques des systèmes viticoles, cette pratique suscite l'intérêt des viticulteurs car elle peut permettre de diversifier les productions sur une même surface (fruits, truffes, bois, ... etc.), et apparaît également susceptible de rendre un certain nombre de services écosystémiques : amélioration de la santé des sols, conservation de la biodiversité, régulation naturelle des bioagresseurs, protection climatique, amélioration paysagère, etc.

Via leur ombrage, mais aussi la modification des flux hydriques et turbulents, les arbres modifient le microclimat. Leur présence peut tamponner les extrêmes de température et maintenir une certaine humidité de l'air aux périodes estivales et d'autant plus en conditions caniculaires (Yang et al. 2021 ; Blanchet et al. 2022). La température a un effet important sur la modification de la croissance et du développement des cultures, en fonction des optimums par stade de développement (Fischer 1985; Frank and Bauer 1996; Friend 1965; Yang et al. 2021). En fonction des années climatiques, les effets du microclimat créé par les arbres vont être contrastés. Le microclimat créé par les arbres a également le potentiel de favoriser une utilisation plus efficace des ressources en eau en limitant l'évapotranspiration, et donc favoriser des économies de cette ressource. A titre d'exemple, en système agroforestier tempéré à courte rotation avec des peupliers associés avec du blé d'hiver, Kanzler et al., (2019) ont observé que des températures plus faibles et une hygrométrie plus importante sous les arbres étaient accompagnées d'une moindre transpiration des plantes (-24 à -32%) par rapport à une monoculture. Malgré tout, aucune étude ne fait le bilan hydrique des systèmes, c'est-à-dire intégrant aussi l'eau consommée par les arbres.

Dans tous les cas, l'association entre les arbres et les vignes peut aussi s'accompagner de phénomènes de compétition pour l'eau, la lumière et les nutriments qu'il sera important de maîtriser pour éviter que ces phénomènes deviennent limitants. En contexte méditerranéen, les essais conduits au domaine de Restinclières dans l'Hérault, sur sols superficiels, ont pu montrer des effets de compétition forts entre résineux ou cormiers en alignements intraparcellaires sur les vignes situées à proximité (de 2,5 m à 3,75 m) avec une réduction de la vigueur et du nombre de

grappes/cep (Gosme et al., 2019). Les interactions entre les arbres et les vignes, qu'elles soient positives ou négatives, vont fortement dépendre des conditions pédoclimatiques, des types d'aménagements implantés et des pratiques viticoles déployées.

Aujourd'hui, il n'existe pas d'étude robuste portant sur une diversité suffisante de parcelles viti-forestières. Plusieurs initiatives individuelles et collectives de viticulteurs se sont lancées sur l'agroforesterie viticole. On peut notamment citer les initiatives suivantes des partenaires du projet: Le GIEE du Ventoux "Les hommes qui plantent des arbres" réunissant 15 exploitations viticoles et la Chambre d'agriculture de Vaucluse; Le GIEE "AARC en Vigne", réunissant 50 vignerons, l'IGP Cévennes et le groupe Gérard Bertrand; Le groupe thématique "Arbres en Vignes" dans l'Aude animé par Arbres et Paysages de l'Aude; L'association VIVR' dans le Gard, réunissant 5 vignerons sur la vallée de la Robiac, en partenariat avec AGROOF; Le Syndicat des Côtes du Rhône (5000 viticulteurs) faisant état d'une demande croissante des vignerons vis à vis de l'agroforesterie.

Une meilleure connaissance du fonctionnement de ces systèmes est toutefois indispensable pour identifier les déterminants de leur performance et mieux accompagner les viticulteurs dans les choix de conception et de pilotage.

Le projet VITAM

Coordonné par Agroof de 2022 à 2025, soutenu financièrement par la Fondation de France et l'Office Français de la Biodiversité, et réalisé en partenariat avec les chambres d'agriculture de l'Hérault et du Vaucluse, Arbres et Paysages 11, Supagro

UMR ABSYS, EPLEFPA Olivier des Serres - Ferme du Pradel, Syndicat des Côtes-du-Rhône, Institut Français de la Vigne et du Vin, le projet VITAM ("VITiculture et Agroforesterie Méditerranéenne") s'est intéressé à faciliter le développement de l'agroforesterie viticole en zone méditerranéenne via **l'acquisition de références techniques, économiques et agronomiques et la mise en place d'une dynamique pérenne d'expérimentations participatives**. Ses objectifs étaient les suivants :

- Favoriser les échanges techniques et contribuer à la création de référentiels technico-économiques sur l'installation et la gestion des systèmes agroforestiers viticoles (**Action 1**).
- Améliorer les connaissances sur l'effet des aménagements agroforestiers sur le microclimat, l'état hydrique des vignes et leurs performances agronomiques (**Action 2**).
- Formaliser un réseau d'expérimentation participative pérenne à travers la co-conception de sites pilotes chez des viticulteurs et l'élaboration de protocoles de suivis mobilisables par les groupements de viticulteurs et les établissements de l'enseignement agricole (**Action 3**).
- Diffuser et favoriser l'accès aux résultats du projet (**Action 4**).

L'ensemble des livrables du projet sont disponibles à l'adresse ci-dessous :
<https://vitam.projet-agroforesterie.net/livrables.html>

Action 1 - Echanges et création de référentiels technico-économiques

La finalité de cette action était de favoriser l'échange de savoirs, connaissances et questionnements autour de l'agroforesterie viticole, deux sous actions ont été menées :

- La réalisation de journées techniques d'échanges
- La réalisation d'enquêtes auprès de viticulteurs
- L'analyse des performances technico-économiques d'un système innovant



Figure 1 – Photographie de la journée technique organisée par la chambre d'agriculture Vaucluse dans le cadre de VITAM en mars 2023.

Journées techniques réalisées

Au cours du projet, plusieurs moments d'échanges ont été réalisés :

- Une journée a été réalisée le 22 Mars 2023 avec le GIEE du Ventoux « des hommes qui plantent des arbres » sous l'initiative de la Chambre d'Agriculture du Vaucluse et avec l'appui d'Agroof. Cette journée à destination des vignerons avait pour but de présenter les enjeux des systèmes agroforestiers viticoles d'un point de vue scientifique et technique, et de présenter les principaux dispositifs d'accompagnements. Elle a réuni une trentaine de participants dont de nombreux vignerons du secteur Ventoux.
- Arbres et paysage de l'Aude a organisé, le 12 juillet 2023, une journée de co-conception d'un projet agroforestier avec son groupe de viticulteur.rice.s "Entre Vignes et Mer". Ce groupe travaille à la recherche de solutions pour améliorer les conditions de cultures face aux enjeux climatiques de la zone méditerranéenne audoise (cf. compte rendu en annexe).
- Le 31 mars 2023, Agroof est intervenu pour présenter VITAM et ses résultats lors d'une journée d'échange organisée par la Ferme du Pradel et l'Association Drômoise d'Agroforesterie. L'occasion en collaboration avec Juliette Grimaldi de rappeler l'état des connaissances sur l'agroforesterie viticole, les premiers résultats de vitam et les questionnements encore en suspens.



Figure 2 – Photographie de la journée technique organisée par la chambre d'agriculture Vaucluse dans le cadre de VITAM en mars 2023.

Enquêtes sur les pratiques d'agroforesterie en système viticole

Partenaires impliqués (**et responsable**) : **Agroof**, Syndicat des Côtes du Rhône, Arbres et Paysage de l'Aude, Chambres d'agriculture de l'Hérault **et du Vaucluse**.

Rédaction : *Daniele Ori & Ambroise Martin-Chave & Camille Béral (Agroof)*

Sur le pourtour méditerranéen, la vigne a pu être cultivée en association avec des arbres depuis l'Antiquité notamment au sein des ouillères, jouales ou encore des hautains.

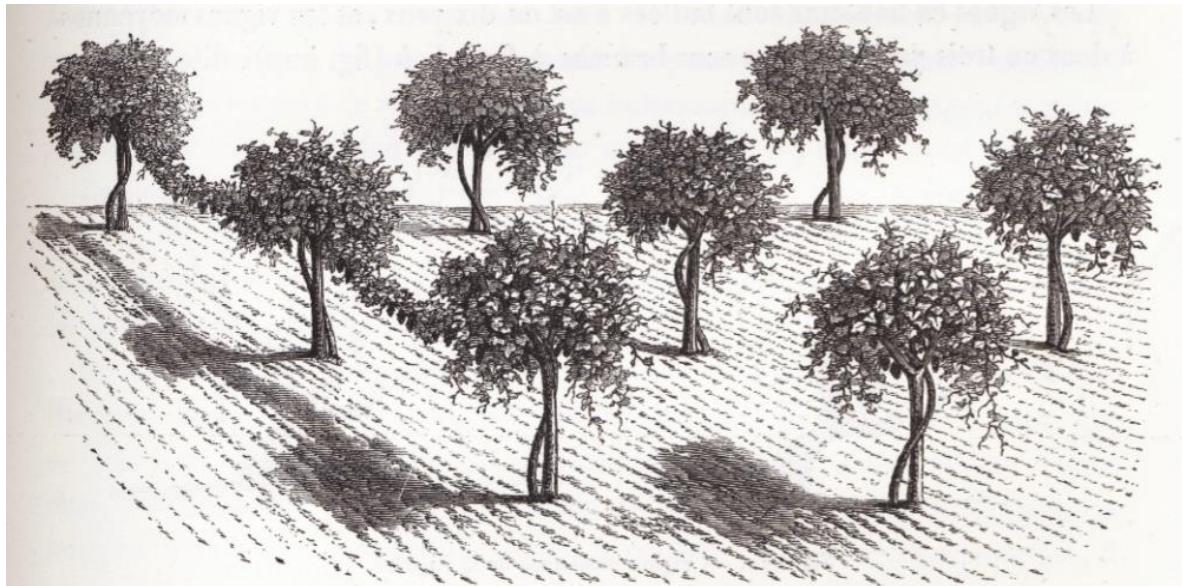


Figure 3 – Vignes en hautains

VITAM s'est intéressé à caractériser qualitativement le type de systèmes agroforestiers aujourd'hui implantés sur le pourtour méditerranéen français, à travers les retours d'expériences des partenaires conseillers agroforestiers (Agroof, AP11, CA34, CA84), et la réalisation d'une quinzaine d'enquêtes dans l'Hérault, le Gard, le Vaucluse et le Var.

	Type d'aménagements
Domaine des Patris (Vaucluse)	Haies diversifiées intra parcellaires et périphériques
La massole (Hérault)	Haies diversifiées intra parcellaires et périphériques
Château Mongin (Vaucluse)	Haies diversifiées intra parcellaires et périphériques
Domaine Olivier de Serre (Ardèche)	Alignements intraparcellaires discontinus de fruitiers
Domaine Beaurenard (Vaucluse)	Haies et alignements discontinus intraparcellaires
Domaine du Scamandre (Gard)	Arbres diversifiés inter-ceps
Domaine des Célestes (Gard)	Haie périphériques brise-vent
Les conquêtes (Hérault)	Alignements discontinus intraparcellaires
Domaine Beaucastel (Vaucluse)	Alignements discontinus intraparcellaires de fruitiers
Château la Diffre (Vaucluse)	Alignements discontinus intraparcellaires de fruitiers
Lionel Audoin (Vaucluse)	Arbres en bordure et alignements discontinus intraparcellaires
Domaine des Maels (Aude)	Haies diversifiées intra parcellaires et périphériques
Mas des Roquets (Hérault)	Alignements discontinus intraparcellaires

Mas des Justes (Gard)	Haies périphériques
Château du Viviers (Var)	Haies diversifiées intra parcellaires et périphériques

Le travail d'enquête mené dans VITAM montre, qu'aujourd'hui, la plupart des projets concernent l'implantation de haies à vocation biodiversité. Il s'agit souvent de **haies multi-strates et multi-espèces, à profil ondulé**, ce qui les rend plus perméables au vent et à la lumière. Cette configuration permet un ombrage modéré et une bonne ventilation des parcelles limitant les éventuels risques de maladies cryptogamiques. Dans de nombreux cas, les viticulteurs souhaitent encourager la présence de certains auxiliaires spécifiques, tels que les chiroptères, prédateurs naturels des tordeuses. Cette approche s'inscrit également dans une réflexion à une échelle paysagère plus large, souvent accompagnée par d'autres infrastructures agroécologiques (mares, bosquets...etc.).



Figure 4 – Exemple d'une haie ondulé de 13 ans dans le var composée d'une dizaine d'espèces et séparant deux parcelles (crédit photo : Agroof).



Figure 5 – Exemple d'une haie diversifiée intraparcellaire (crédit photo : Agroof).

Les **haies brise-vent** sont également largement implantées, bien qu'elles nécessitent une vigilance particulière concernant la ventilation des parcelles en lien avec les maladies, le risque de gel et la gestion de l'ombre portée. Que ce soit au sein des caves coopératives ou des domaines viticoles, la question de l'amélioration du paysage revient fréquemment. Elle est liée à des initiatives individuelles visant à améliorer l'accueil à la cave, à développer l'œnotourisme, ou encore à répondre aux exigences de chartes paysagères. La majorité des haies sont implantées en périphérie des parcelles, souvent en bordure de fossés, sur terrain plat, et plus rarement sur talus ou baissières dans une logique d'amélioration de gestion de la ressource en eau.



Figure 6 – Exemple d'une haie brise vent dans le Gard (crédit photo : Agroof)

Les **alignements intraparcellaires d'arbres**, répétés au sein d'une parcelle, sont beaucoup moins courants mais tendent à se développer pour répondre à des objectifs multiples, notamment de diversification de la production et de protection microclimatique. En effet, face à des vignes de plus en plus soumises aux aléas climatiques impactant leur phénologie et la qualité œnologique des baies (augmentation des concentrations des composés phénoliques, diminution de la taille des baies, augmentation des sucres et baisse de l'acidité), les arbres, en modifiant le microclimat des parcelles apparaissent comme une piste d'adaptation. Certains viticulteurs préfèrent planter les rangs d'arbres à la place de plusieurs rangs de vignes, ce qui permet un niveau de mécanisation élevé et intégral de la parcelle.



Figure 7 – Exemple d'un alignement d'arbres intraparcellaires discontinu au sein d'une parcelle de vignes en Ardèche (crédit photo : Agroof)

D'autres viticulteurs font le choix de planter sur les rangs de vignes en limitant une partie des interventions mécaniques, avec l'objectif d'avoir un lien plus étroit avec les arbres et ses bénéfices attendus.



Figure 8 – Exemple de présence d'arbres intraparcellaires discontinus au sein des rangs de vignes dans le Gard au domaine du Scamandre (crédit photo : Agroof)

Dans des objectifs de favoriser la biodiversité et d'intégrer des aspects paysagers aux parcelles, il est courant d'observer des plantes à parfum, aromatiques et médicinales (PPAM) ou encore des arbisseaux fixateurs d'azote en strate basse dans un objectif fertilitaire. Parmi les espèces de diversification méditerranéennes les plus utilisées figurent l'olivier, le pistachier vrai, l'amandier, le grenadier, ainsi que les chênes vert, pubescent et kermès truffiers.

Enfin, un système déjà bien identifié mais néanmoins potentiellement important en termes de surfaces concernées est l'association chênes truffiers et vignes qui est pratiquée principalement dans la région du Tricastin, une des premières régions productrices de truffes noires *Tuber melanosporum*. Un de ces systèmes a été caractérisé dans le cadre du projet Arbriss'eau, coordonné par Agroof et financé par l'Agence de l'Eau RMC. Dans ce cas, la plantation prend place dans les 5 à 10 dernières années de vie de la parcelle de vigne. Les arbres sont plantés ou semés entre deux ceps sur le rang, tous les deux, trois ou quatre rangs. Les premières années, les arbres ne gênent pas l'exploitation mécanique. Lorsque les arbres gênent le passage des machines, ces rangs sont taillés et récoltés manuellement, puis lorsque les truffes sont en âge théorique de production ou que l'exploitant souhaite arrêter l'exploitation de la vigne sur la parcelle, les souches sont dévitalisées si possible en évitant d'arracher. Selon les besoins de droit de plantation et objectif de production, il arrive que certaines parcelles soient toujours exploitées pour la vigne en même temps que les truffes (plantation d'âge supérieure à 10 ans).



Figure 9 - Cavage de *Tuber aestivum* en mai pour éviter sa prolifération dans cette truffière associée à du Carignan planté en 1952, arraché en 2019 après une dernière vendange et dévitalisation en 2018. Les chênes verts plantés en 2000 sont productifs depuis une dizaine d'années lors de la visite en mai 2019.

Livrables : Ces enquêtes ont été valorisées sous forme de fiches présentant une description des aménagements agroforestiers mis en place ainsi que des retours d'expérience des viticulteurs quant à leur gestion.

L'ensemble des fiches est disponible au lien ci-dessous :
<https://vitam.projet-agroforesterie.net/livrables.html>

Analyse technico-économique sur le Domaine du Chapitre

Rédaction : R. Métral, Institut Agro Montpellier

Le dispositif SALSA^[1], installé en 2019 sur le domaine du Chapitre (Institut Agro Montpellier – Villeneuve-Lès-Maguelone, Hérault) vise à évaluer les performances de systèmes de production viticole, mobilisant une combinaison de leviers dont : (i) des variétés résistantes au mildiou et à l'oïdium, (ii) des infrastructures agroécologiques pour favoriser les régulations naturelles contre les ravageurs, (iii) un recours important aux couverts végétaux en alternative la plus complète possible au travail du sol, et (iv) en excluant par ailleurs l'utilisation de tous produits classés CMR. L'objectif est ainsi de concevoir et évaluer de tels systèmes, avec un IFT (Indice de Fréquence de Traitement) réduit de plus de 80% par rapport aux références régionales.

Présentation du dispositif expérimental SALSA

Le dispositif expérimental SALSA a été planté en 2019 sur une parcelle de 3 ha. Il permet la comparaison de trois systèmes de culture selon un gradient agroécologique de biodiversité avec un système témoin de référence conduit en conventionnel selon la viticulture méditerranéenne, et deux systèmes en bio et biocontrôle basés sur la variété Artaban résistante au mildiou et à l'oïdium avec utilisation intensive des couverts semés ou spontanés et l'association d'arbres en vitiforesterie pour l'un des systèmes (Voir Figure 1). Cette plateforme expérimentale est construite avec 3 répétitions de chaque système de 0,2 ha (12 rangs * 60 ceps). Ce dispositif permet d'accueillir différentes équipes interdisciplinaires pour l'étude des régulations biologiques et la caractérisation du fonctionnement hydro-azoté pour l'évaluation des performances des systèmes conçus et testés dans le cadre du projet.

- Le système Aviti associe une variété résistante au mildiou et à l'oïdium (Artaban) et l'utilisation de couverts végétaux semés favorisant les régulations naturelles, la gestion des adventices et la fertilité du sol, une gestion du rang sans herbicide avec la possibilité d'utiliser des mulchs. Des travaux d'ébourgeonnage sont conduits pour une bonne maîtrise de la croissance et de la vigueur. Un suivi précis des stocks d'eau du sol permettra un pilotage adaptatif en fonction des conditions du millésime. La lutte chimique pour gérer la durabilité des résistances et en dernier recours les maladies secondaires est envisagée prioritairement avec des produits de biocontrôle ou bio.
- Le système Dviti (Figure 2) est basé sur la stratégie du système Aviti mais propose des leviers de diversification supplémentaires avec l'introduction d'arbres (grenadiers et figuiers pour un tiers de la surface viticole) et une gestion des couverts végétaux spontanés dans l'inter-rang, avec en plus des plantes aromatiques émettant des composés organiques volatiles (COVs) avec des effets divers dans les réseaux trophiques qui seront étudiés. La stratégie visée est de renforcer les capacités de régulations naturelles du système tout en fournissant une diversification des produits récoltés.
- Enfin, un système de référence Tviti avec deux variétés (Artaban et Syrah) sans couverts végétaux durant la saison végétative (flore spontanée possible l'hiver) couplé à du travail sol sur le rang et l'inter-rang (conduite conventionnelle en Languedoc).

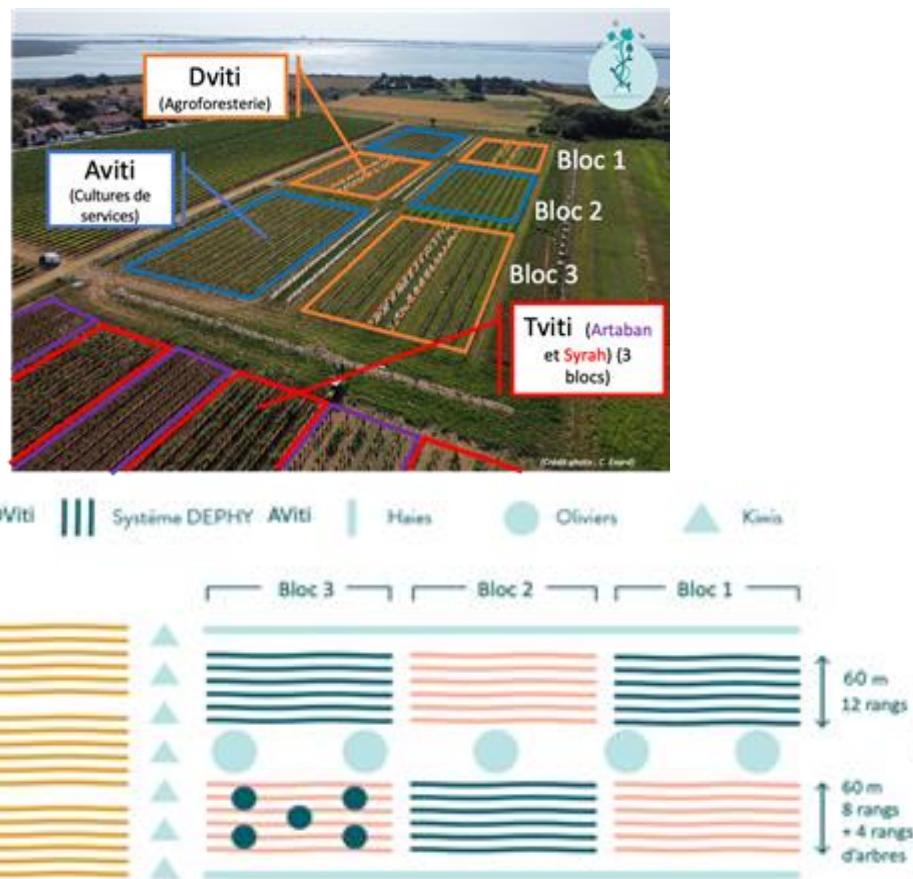


Figure 1 : Vue et schéma du dispositif expérimental (en bloc) SALSA+ (DEPHY EXPE Montpellier) montrant les 3 systèmes étudiés (Aviti, Dviti (vitiforestier), Tvtiti (Référence)).



Figure 2 : Schéma et vues de la modalité DViti de vitiforesterie du dispositif expérimental SALSA (Institut Agro Montpellier, Domaine du Chapitre, Villeneuve-lès-Maguelone)

Mesures et observations effectuées

Le principal objectif reste une **réduction d'au moins 80% de l'IFT**. La confirmation de la baisse de -84% de l'IFT constatée sur des projets précédents est un enjeu majeur pour la durabilité et la transférabilité des systèmes conçus. Il est en effet nécessaire d'évaluer des stratégies qui permettent de maintenir la résistance des variétés nouvelles issues de la sélection génétique et de gérer la contrainte des maladies secondaires émergentes avec la baisse de l'utilisation des fongicides.

L'utilisation de nouvelles variétés résistantes est aujourd'hui perçue également comme une contrainte par la filière viticole, notamment pour les vins en AOP qui doivent réviser leur cahier des charges pour les utiliser largement. L'acquisition de connaissances sur des **performances agronomiques et sociotechniques des nouvelles variétés** de vigne associées avec des leviers agroécologiques comme l'agroforesterie doit permettre de favoriser cette appropriation.

Enfin, certains systèmes testés dans le projet sont encore assez jeunes et tout particulièrement le système vitiforestier planté en 2019. L'hypothèse d'une biodiversité accrue pour améliorer la résilience des agrosystèmes doit être encore testée. Cet objectif est également un enjeu important et tout particulièrement avec l'**adaptation au changement climatique** en zone méditerranéenne marquée par des excès de températures et des manques d'eau récurrents pour la culture de la vigne.

Les critères et indicateurs d'évaluation des performances et des résultats recouvrent les différents piliers de la durabilité :

- **Usage des produits phytosanitaires** : L'indice de fréquence de traitement (IFT) est l'indicateur utilisé pour quantifier l'intensité du recours aux produits phytosanitaires. Il est interprétable comme le "nombre de traitements à pleine dose opérés par unité de surface cultivée" (Brunet et al., 2008)[2]. Il est calculé pour chaque produit en rapportant les doses réellement appliquées et la surface traitée, à la surface totale et aux doses maximales autorisées pour les usages concernés (dernière dose en vigueur).
- **Maîtrise des bio-agresseurs** : La présence de bio-agresseurs est évaluée par estimation visuelle à la parcelle sur feuilles et grappes. Pour chaque bio-agresseur, elles permettent de calculer une fréquence d'organes symptomatiques, ainsi qu'une intensité d'attaque (correspondant au pourcentage moyen de surface endommagée).
- **Rendements** : La production agronomique des parcelles est évaluée par comptage et pesée des grappes produites par échantillonnage dans des placettes. A partir de ces valeurs, le rendement théorique de la parcelle est calculé en prenant en compte la surface réellement plantée.
- **Temps de travaux & Coûts** : La traçabilité des opérations culturales est enregistrée sur le système d'information AGROSYST, avec pour chaque intervention des éléments contextuels permettant de calculer des temps de travaux (débit de chantier, surface concernée, nombre de personnes mobilisées, etc.) et des coûts (intrants, dose, matériel utilisé, etc.). Ces informations sont associées à des références de prix standards (Hamiti et Van Kempen, 2017)[3], et compilées en indicateurs exprimés par hectare et par campagne, et notamment les éléments suivants :
 - Charges de mécanisation
 - Charges phytosanitaires

- Temps de travaux
- **Auxiliaires** : Des captures d'arthropodes sont réalisées à 3 reprises lors de chaque campagne (Avril, Mai, Juin). Pour prélever un large spectre d'auxiliaires, elles sont effectuées via trois dispositifs de piégeage : des battages dans la canopée, des cuvettes surélevées, et des pots Barber dans le sol. Les invertébrés ainsi capturés sont identifiés par des laboratoires prestataires, puis des données d'abondance (nombre d'individus), et de richesse spécifique (nombre d'espèces) sont calculées pour des guildes ou des taxons d'intérêt.

Résultats

Production

Le système témoin présente des moyennes de rendement excédant très largement celles des systèmes Aviti et Dviti. En 2025, les rendements suivants ont été enregistrés :

- Aviti = 3,6 t/ha
- Tvti Syrah = 11,9 t/ha
- Tvti Artaban = 14,4 t/ha
- Dviti = 2,5 t/ha (1/3 de surface viticole en moins par rapport à Aviti...)

Les pratiques de gestion du sol dans les modalités innovantes, le non travail du sol avec notamment la concurrence hydrique des couverts, ont entraîné également une forte contrainte azotée, qui se traduit par un rendement 2 à 4 fois plus faible (Figure 3). Contrairement à la modalité résistante, le témoin a par ailleurs bénéficié d'une fertilisation organo-minérale qui a contribué à renforcer ces écarts de production.

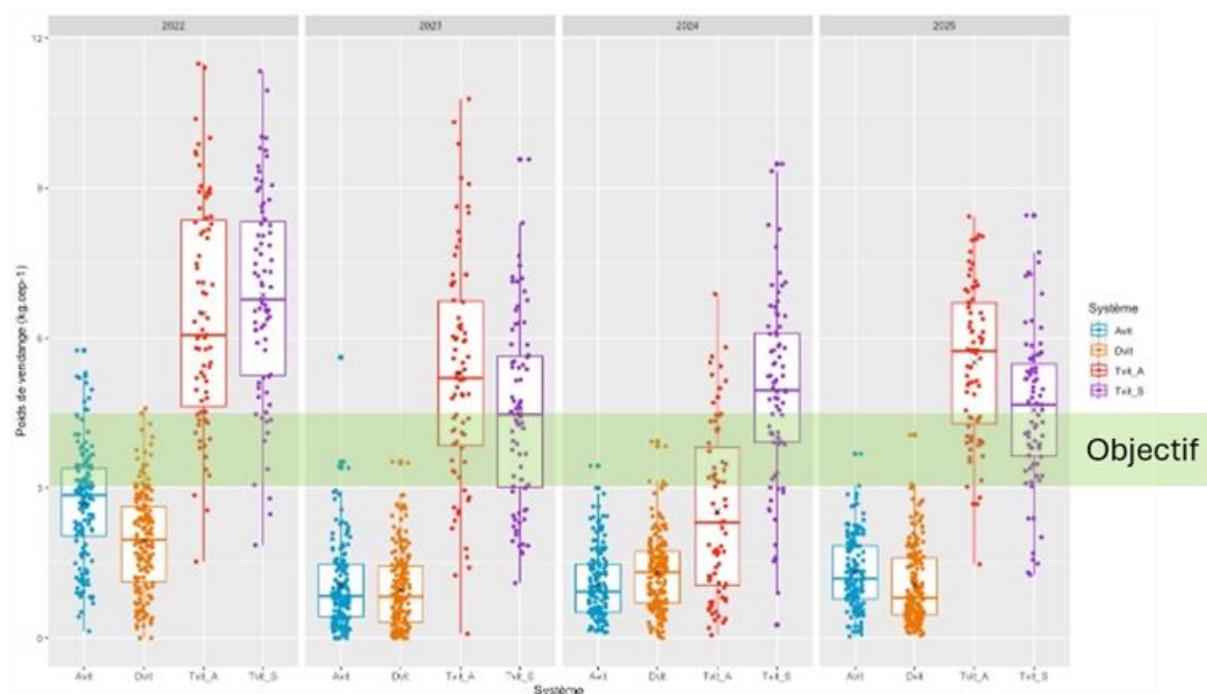


Figure 3 : Rendement en raisin des différents systèmes testés (SALSA) entre 2020 et 2025 (Bleu = Aviti, Orange = Dviti, Rouge = Tvti_Artaban, Violet = Tvti_Syrah)

Dans ce contexte, et en considérant que le dispositif n'a connu que 4 campagnes de production, ces valeurs ne peuvent pas être comparées facilement aux objectifs d'une vigne en IGP (14 850 kg/ha). Un objectif de production plus réaliste pourrait être proposé autour 8 et 10 t/ha de raisin.

Cela se traduit également sur la vigueur et les poids de bois de taille observés (Figure 4) bien inférieur aux objectifs sur Aviti et Dviti. Il est important de noter que de tels écarts de vigueur et de production ne sont pas constatés entre Syrah et Artaban au sein du témoin, ce qui confirme bien l'effet de la gestion du système entre les modalités.

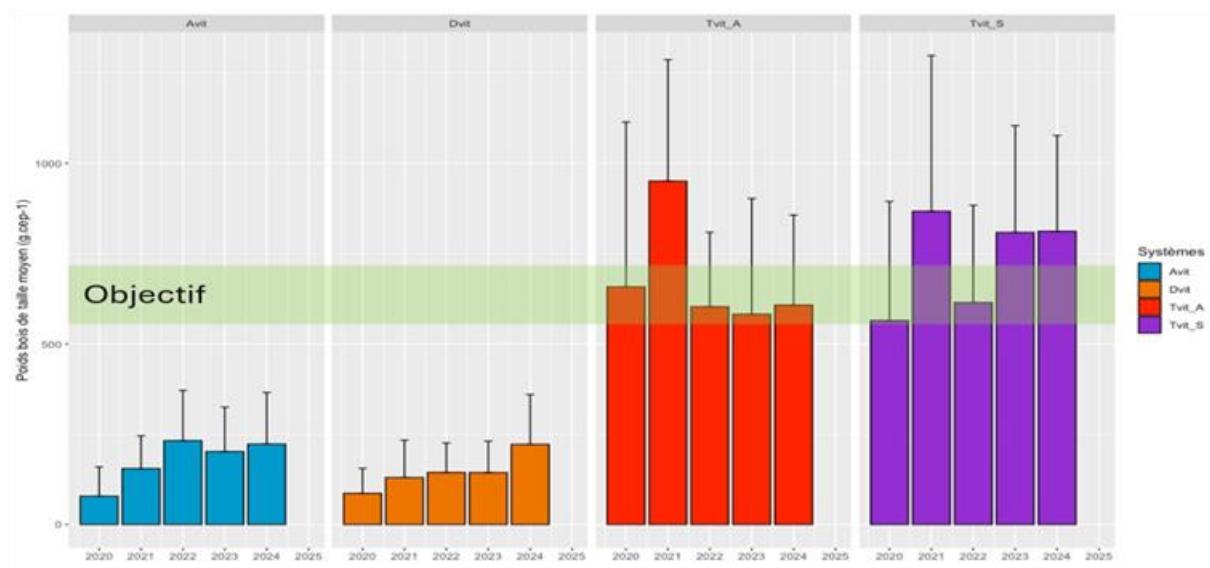


Figure 4 : Poids de bois de taille des différents systèmes testés (SALSA) entre 2020 et 2024 (Bleu = Aviti, Orange = Dviti, Rouge = Tvti_Artaban, Violet = Tvti_Syrah).

En 2025, le système Dviti a produit environ 20 hL/ha de vin (2,5 t/ha) et 400 L/ha de jus de grenade (1,2 t/ha). L'objectif initial était de produire un complément de revenu. La diversification à la parcelle conçue à la plantation aboutit ainsi à une première récolte de diversification des produits.

Temps de travail

L'évolution des temps de travaux sur la période 2019-2023 montre un investissement très supérieur en main d'œuvre (notamment manuelle) sur les systèmes agroécologiques les premières années sur Aviti et Dviti (environ 400 h/ha en 2019 et 2020) par rapport à Tvti (entre 100 et 200/ha en 2019 et 2020). Le temps de travail diminue sur les systèmes agroécologiques en 2023 (environ 150 h/ha) mais reste supérieur au Tvti (environ 100 h/ha en 2023) (Figure 5). Les différences sont principalement dues à la gestion des couverts du rang et de l'inter-rang (mise en place et entretien du paillage), et taille en vert de la vigne pour la formation et la gestion de la vigueur pour permettre un bon développement du plantier.

Les arbres associés sur Dviti permettent de réduire le temps de travail/ha (1/3 de surface viticole en moins). Autrement dit, la gestion des arbres est très faible en temps de travail par rapport à l'entretien des vignes. C'est un résultat favorable à l'introduction d'arbres sur les exploitations viticoles.

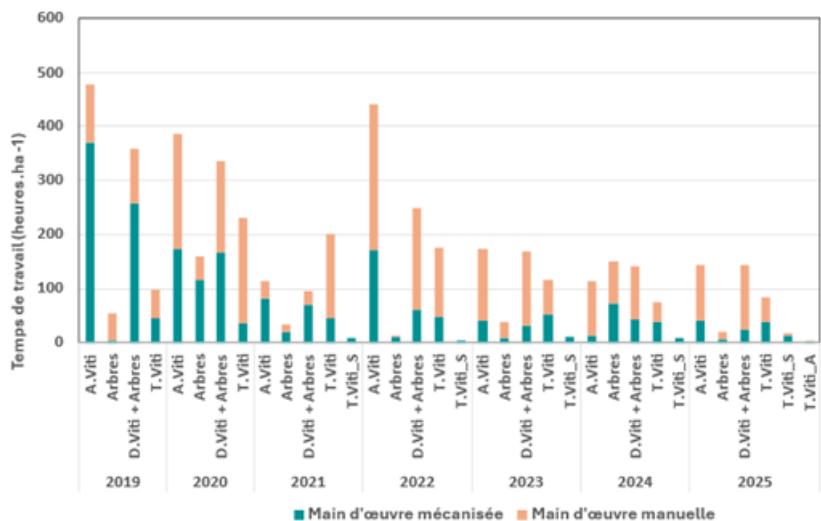


Figure 5 : Temps de travail (en heures/ha) (mécanisé ou manuel) selon les systèmes testés (Tviti_S et Tviti_A représente le temps de travail supplémentaire respectivement sur le témoin Syrah et Artaban à ajouter au temps Tviti)

Utilisation des produits phytos

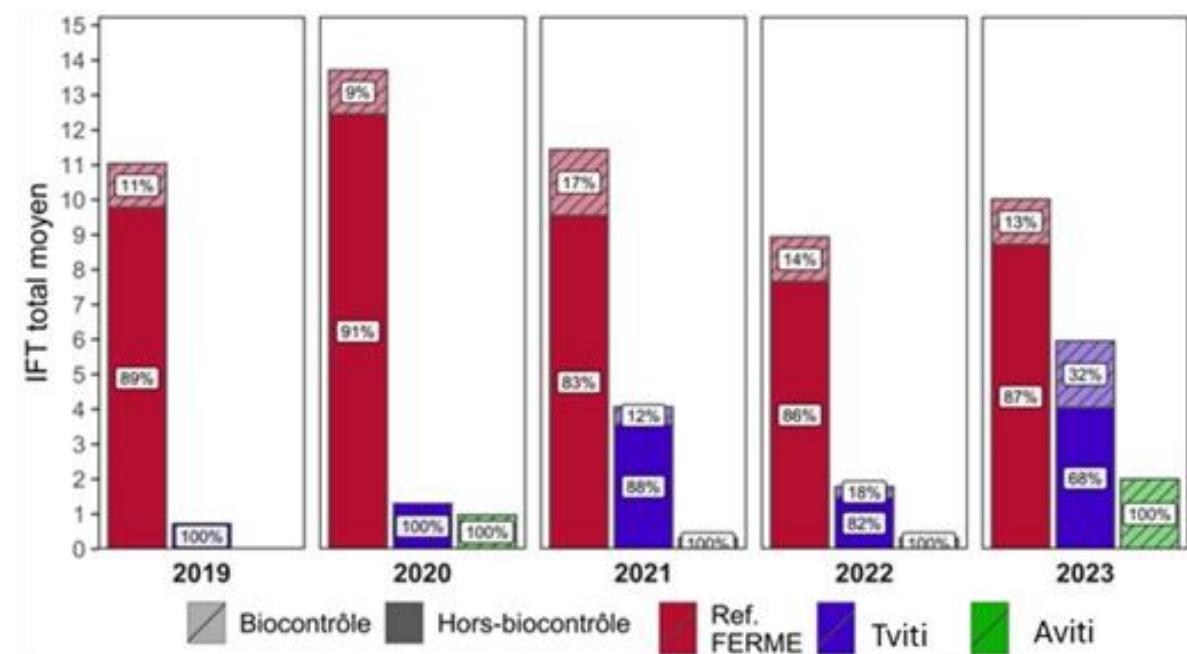


Figure 6 : IFT comparé entre Tviti, Aviti et la référence du réseau Dephy Ferme (Ecophyto)

Une baisse très forte de l'utilisation des phytos est observée sur les systèmes innovants testés. En moyenne sur les 5 campagnes, les systèmes mobilisant la résistance variétale affichent un IFT total 6 fois inférieur à celui des témoins sensibles, et 9 fois inférieur à celui des références régionales bas intrants (Figure 6). Les variétés tolérantes sont aujourd’hui un levier pratiquement incontournable pour atteindre les objectifs de réduction des pesticides au-delà des 80% des références sur cépages sensibles. En contexte méditerranéen avec une faible pression en mildiou, aucun symptôme de mildiou ni d’oïdium n’a été observé sur la variété Artaban.

Compte tenu de l'absence de gènes de résistance aux autres bio-agresseurs dans les variétés tolérantes actuelles, la surveillance des autres maladies comme le Black Rot est indispensable. Dans le bordelais des pertes de récolte supérieure à 50% ont, par exemple, été observées à cause de ce champignon (Amiot, NEFTi et al,2024)[4].

Qualité des sols

Pendant les 5 premières années après plantation, la stratégie de gestion du sol a été conçue avec une absence totale de travail mécanique, sans herbicide et avec une utilisation intensive des couverts végétaux semés ou spontanés.

L'amélioration de plusieurs critères de qualité des sols ont pu être observés sur les systèmes innovants Aviti et Dviti de façon identique en comparaison avec la référence Tvti :

- Qualité physique : amélioration significative de la stabilité structurale des agrégats sur les 10 premiers cm du sol ;
- Qualité chimique et organique : le taux de matière organique est passé de 1,8% à 2,3%
- Qualité biologique : les analyses de la nématofaune faite à la plantation et après 5 ans, montrent une amélioration significative (indice de structure) sur Aviti et plutôt une baisse sur la référence Tvti (Figure 7).

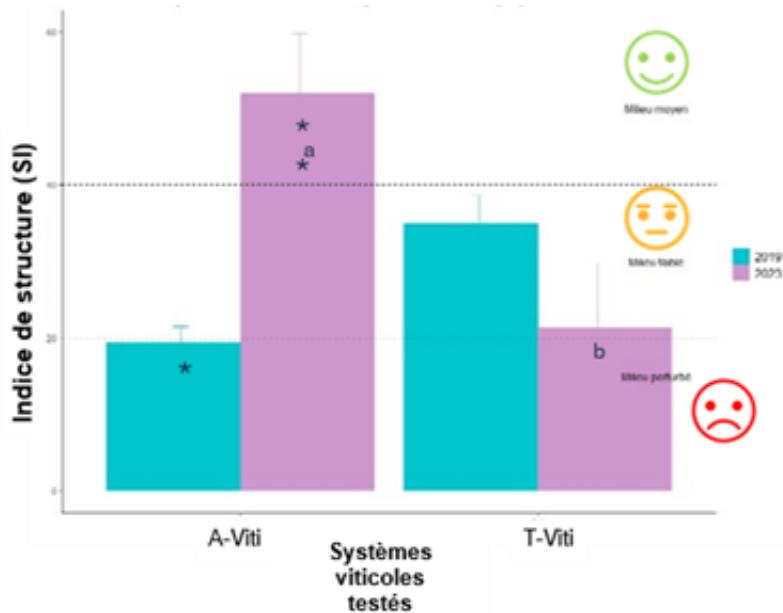


Figure 7 : Indice de structure (nematofaune) sur l'état biologique du sol avant et 5 ans après la plantation

Biodiversité

Les travaux de L. Tabary (2024)[5] montrent que la diversification végétale a un impact sur la diversité des acariens prédateurs et des ressources alimentaires favorisant une plus grande abondance de prédateurs sur les systèmes les plus diversifiés. Elle est expliquée par la plus grande quantité d'une espèce, *Phytoseiulus finitimus* dans les systèmes agroécologiques (Figure 8). Mais ces différences ne se répètent pas forcément chaque année (Pas de différence notable en 2024).

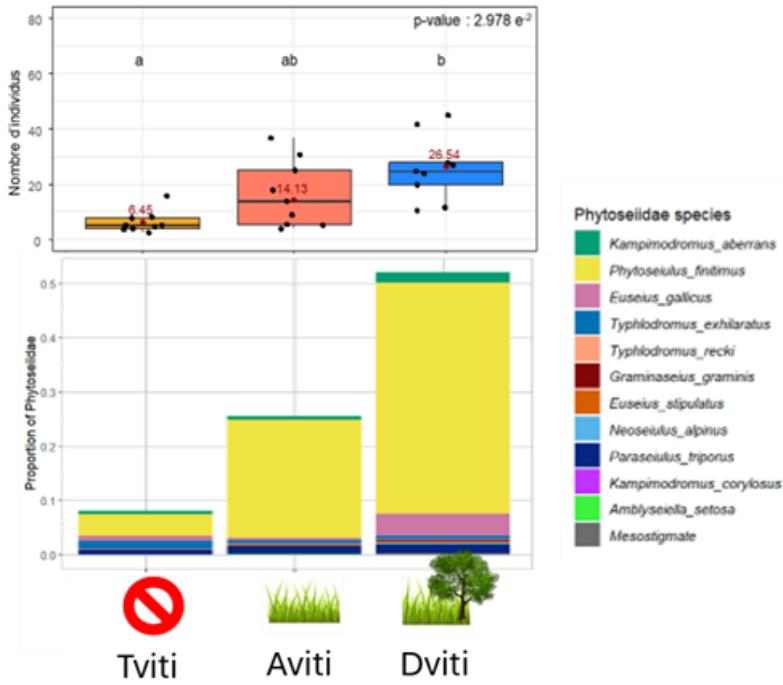


Figure 8 : Abondance et diversité des acariens prédateurs sur la vigne SALSA en 2023 (d'après L. Tabary, 2025)

Ces résultats montrent également le lien entre la diversité végétale et celles des acariens présents sur les vignes. Toutes les espèces de Phytoseiidae trouvées sur la vigne sont présentes au moins une fois dans les couverts : par exemple *Phytoseiulus finitimus* fréquemment observé sur *Erigeron sumatrensis*, sur *Crepis foetida*, sur *Helminthoteca echiooides* et sur *Picris hieracioides* (Tabary, 2025)[6].

A Montpellier, la campagne 2022 a été le premier millésime où la densité du feuillage permet la réalisation de battage dans la canopée. Lors de cette même année, 3.2 araignées en moyenne furent ainsi piégées dans les systèmes innovants agroécologiques, contre 0.3 dans celles du “témoin”. On retrouve des résultats similaires, et peu concluants pour les autres piégeages et espèces : qu’elles soient prédatrices (opiliens, forficules, carabes) comme pollinisatrices (abeilles sauvages et domestiques, syrphes). Dans l’ensemble, on observe peu de différences soutenues entre les années ou concernant l’abondance des auxiliaires.

Synthèse multicritères

La Figure 9 propose une synthèse de différents indicateurs de performance mesurés et observés.

En plus de l’IFT, l’ensemble des indicateurs relatifs aux substances actives (sa) utilisées sont en forte amélioration par rapport à la référence Tvti. L’absence de maladies observées est confirmée grâce à l’utilisation d’une variété tolérante (mildiou et oïdium) et l’absence de conditions favorables au black rot.

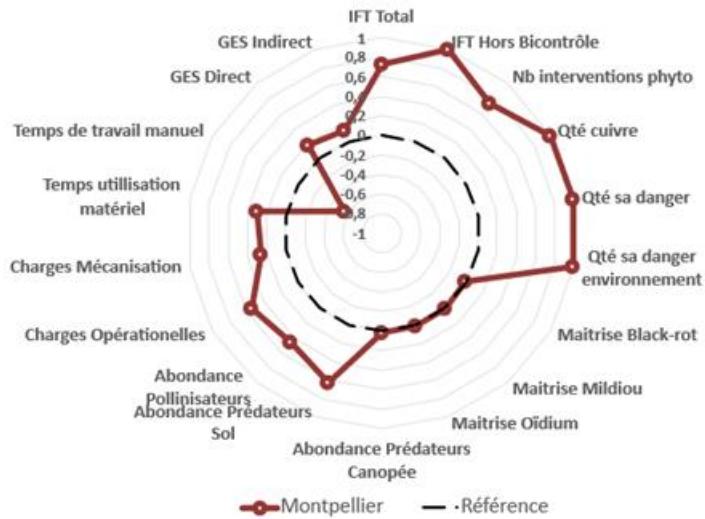


Figure 9 : Synthèse des résultats Aviti (vigne uniquement) de différents indicateurs comparés à la référence (Tvti). Les notes sont normalisées avec au-dessus de zéro un meilleur résultat que la référence et en dessous de zéro un résultat moins bon que la référence (zéro = pas de différence avec la référence).

L'abondance de la faune auxiliaire est également meilleure sur les polliniseurs, les prédateurs du sol et de la canopée.

Une réduction moyenne des coûts est également constatée, elle n'est toutefois pas significative.

Le temps de travail requis par les opérations manuelles est en moyenne plus élevé dans le système Aviti. Le temps de travail mécanisé est également comparable pour les deux systèmes. Cette différence se répercute logiquement sur les charges de mécanisation pour lesquelles une économie faible est constatée. En lien avec ces charges et une baisse des intrants, une légère baisse des émissions de GES (Gaz à Effet de Serre) est également constatée (indicateurs calculés par Agrosyst).

Conclusions et perspectives

Les résultats montrent que l'intégration de la résistance variétale dans les systèmes de production viticoles constitue un levier très efficace pour réduire la dépendance aux produits phytosanitaires. Les IFT observés avec ces systèmes constitueraient une réduction de plus de 84% par rapport à ceux obtenus en protection intégrée, même pour des exploitations en agriculture biologique ou à bas niveau d'intrants (CAN DEPHY Ecophyto, 2023). Ces performances résultent également de la combinaison avec d'autres pratiques de réduction des intrants : travail du sol limité et couverts végétaux, opérations en vert, infrastructures agroécologiques, agroforesterie etc. formant ainsi une véritable rupture avec les stratégies de protection conventionnelles.

Les couverts végétaux associés peuvent fournir des services nombreux et variés, qu'ils soient semés ou spontanés ! La gestion des sols en viticulture est un levier important pour améliorer les performances environnementales et agronomiques des systèmes viticoles. Les combinaisons de leviers éprouvées ont donc engendré une amélioration des performances environnementales des systèmes viticoles, sans dépréciation apparente de leurs performances sociales. Certains questionnements techniques doivent encore être élucidés pour favoriser leur déploiement :

notamment vis-à-vis du comportement agronomique des nouvelles variétés, ainsi que des stratégies pour les protéger et préserver la durabilité des résistances. Sur le plan économique, si les systèmes testés diminuent le coût de la protection du vignoble, des pistes pour valoriser la production doivent encore être développées. La vitiforesterie testée ici apporte des pistes intéressantes à la fois pour la diversification des revenus (récolte commercialisable) et pour les capacités de régulations biologiques augmentées avec une abondance et une diversité des prédateurs déjà observées.

Les stratégies de conduite doivent ainsi être adaptées aux objectifs et aux contextes de production des exploitations qui s'engagent dans une transition de leurs systèmes de culture. Les travaux conduits dans ce projet participent à la preuve du concept sur la combinaison des leviers agroécologiques, et à la production de connaissances pour argumenter le changement et la transition des systèmes agricoles. Il convient ainsi d'élaborer avec l'ensemble des acteurs une véritable ingénierie des compromis pour accéder à une plus grande durabilité de la production, identifier et piloter les trajectoires du changement.

Point sur les réglementations

Rédaction : *Lucile Chedorge (Syndicat des Côtes du Rhône)*

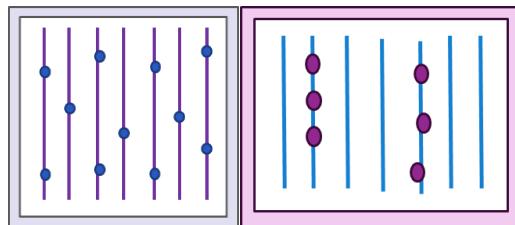
Après plusieurs mois de travail, les vignerons d'AOC et d'IGP obtiennent en 2024 une avancée majeure dans la simplification relative aux modalités de calcul du parcellaire. Désormais, en plus des tournières, les arbres et les haies sont pris en compte dans le calcul de la superficie plantée au Casier Viticole Informatisé CVI, dans une certaine limite (20 arbres isolés par ha, 40 arbres alignés par ha, 15% de la superficie totale de la parcelle pour les haies).

Ce que dit la circulaire du 28 juin 2024 relative à la prise en compte de certains éléments environnementaux pour le calcul de la superficie plantée au CVI, éligible à la production NOR : ECOD2414751C.

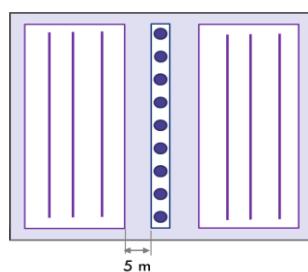
La superficie plantée comprend la superficie occupée par les plants de vigne ainsi que celle utile à la culture de la parcelle communément appelée « tournière ». La superficie enregistrée comme « plantée » au CVI peut être différente de la superficie réellement plantée, c'est-à-dire comportant des pieds de vigne. Elle est, au plus, égale à la superficie de l'autorisation de plantation mobilisée pour l'opération de plantation. Cette donnée du CVI doit être appréhendée comme une superficie éligible à la production. Les arbres et les haies sont pris en compte dans le calcul de la superficie plantée au CVI, éligible à la production, sous réserve du respect des conditions suivantes.

Les arbres implantés dans une parcelle viticole, quels que soient leur essence et leur âge, sont pris en compte dans la limite de :

- 20 arbres isolés par hectare. Les arbres isolés s'entendent de ceux séparés entre-eux par des pieds de vignes ou par une distance sur le rang supérieure à 5 m entre deux arbres ;



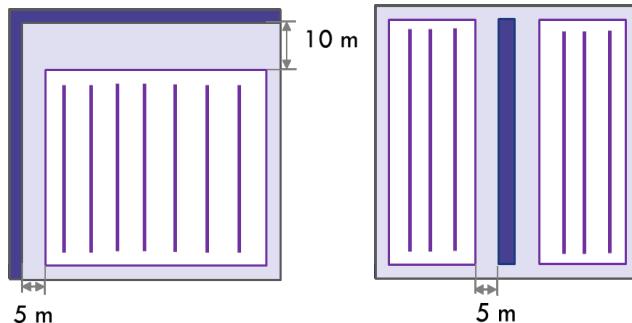
- 40 arbres alignés par hectare. La distance maximale entre les rangs d'arbres et les rangs de vignes est de 5 m (soit 10 m entre les deux rangs de vignes encadrant la rangée d'arbres). Les arbres alignés s'entendent de ceux séparés sans pieds de vignes entre-eux, par une distance maximale de 5 m.



Au-delà de ces seuils, la présence d'arbres supplémentaires est admise. Elle entraîne, pour chacun d'entre eux, un retrait forfaitaire de la superficie à raison de 25 m²/arbre (25 centiares/arbre), qu'ils soient alignés ou isolés.

Remarque : les arbres implantés sur des talus inclus dans la superficie plantée au CVI ne sont pas comptabilisés pour l'application des limites prédefinies.

Prise en compte des haies : Les haies, quelles que soient leur essence et leur âge, implantées en périphérie ou à l'intérieur d'une parcelle viticole, sont prises en compte à concurrence d'une superficie maximale occupée par les haies de 15 % de la superficie totale de la parcelle.



Pour déterminer la surface occupée par les haies, il est appliqué un forfait de 5 centiares par mètre linéaire de haies, soit une largeur forfaitaire de 5 mètres. La distance maximale entre les deux rangs de vignes encadrant la haie est limitée à 10 mètres.

Au-delà de ce seuil, la présence de haies est admise mais entraîne un retrait de la superficie à hauteur du dépassement des 15 %.

Remarque 1 : en cas de présence d'arbres à l'intérieur de la haie, les arbres sont considérés comme faisant partie.

Remarque 2 : Les haies implantées sur des talus inclus dans la superficie plantée au CVI ne sont pas comptabilisées pour l'application des limites prédefinies.

En cas de présence d'arbres et de haies, la superficie maximale occupée est admise dans la limite de 15 % de la superficie totale de la parcelle.

Les arbres productifs sont pris en compte dans le cadre de cette circulaire. Par ailleurs, le cumul d'arbres alignés et/ou isolés et/ou de haies est possible à l'intérieur d'une même parcelle mais doit respecter la règle suivante :

- 5 ca par mètre linéaire de haie,
- 25 ca par arbre.

Si la somme des superficies occupées par ces éléments est supérieure à plus de 15 % de la superficie de la plantation, alors il convient de retirer de la superficie déclarée au CVI la superficie excédant le seuil de 15 % de la superficie totale de la plantation.

De nombreuses autres questions se posent telles que :

- La circulaire est-elle rétroactive ;
- Une tournière peut-elle avoir une existence sur une parcelle cadastrale non plantée ?

La circulaire ainsi que la foire aux questions sont à consulter sur le site du Syndicat général des Côtes du Rhône : <https://www.syndicat-cotesdurhone.com/liste-articles/reglementation>

Action 2 - Effets des arbres sur les performances agronomiques des vignes en lien avec les modifications du microclimat

Partenaires impliqués (et responsables) : Agroof, Institut Français de la Vigne et du Vin, Chambre d'Agriculture du Vaucluse, EPLEFPA Olivier de Serre

Rédaction : Camille Béral & Ambroise Martin-Chave (Agroof)

Objectifs

L'objectif de cette action était d'évaluer les effets de la présence de haies et d'alignements intraparcellaires, en lien avec le microclimat créé, sur la production viticole, l'écophysiologie, l'état hydrique, la vigueur, le rendement et la qualité des baies.

Matériels et méthodes

Les sites d'étude

Des expérimentations au champ ont permis d'appréhender ces questions dans des systèmes agroforestiers représentatifs des pratiques les plus répandues ces 20 dernières années. Il est important de noter que ces systèmes ne sont pas particulièrement destinés à la recherche d'une adaptation au changement climatique, et n'ont pas été implantés dans l'optique de créer un microclimat tampon. Les systèmes les plus innovants quant à cette approche sont encore jeunes, et ne peuvent encore faire l'objet de suivis sur cet aspect. Ainsi, les sites sélectionnés pour les expérimentations de VITAM l'ont été au regard de leur localisation en zone méditerranéenne, la présence d'aménagements suffisamment développés et la possibilité de disposer de zone témoin en dehors de l'influence des arbres.

- **Mirabel (07)** : Cette parcelle, gérée par l'EPLEFPA d'Olivier de Serre, correspond à un alignements intraparcellaires d'arbres (muriers, amandiers et autres arbres fruitiers tels que des pommiers et poiriers) plantés en 2012 (4,5 m de haut sur 3 m de large) suivant une orientation Nord/Sud, en association avec des vignes de syrah plantées en 2012, conduite en AB et palissées ;



- **Vauvert (30)** : Cette parcelle, appartenant à un vigneron, possède une haie brise vent avec alternance de cyprès et pistachiers, implantée en 1998 au Nord de mourvèdres complaintés conduits en gobelets et en AB. Elle mesure 8 m de haut et 3 m de large.



- **Beauvoisin (30)** : Cette parcelle, appartenant à un vigneron, possède une haie de feuillus diversifiés (cyprès, cornouillers, pistachiers lentisque, lauriers-tins, églantiers et genêts épineux) de 2.5 m de haut sur 4 m de large implantée en 2012 implantée à l'Est d'une parcelle de syrah palissés en conduits en AB. Cette haie se poursuit avec une haie de cyprès.



- **Orange (84)** : Haie diversifiée basse (arbousiers, lauriers, grenadiers, myrtes, etc.) implantée en 2004 sur l'EPELEFPA d'Orange, mesurant 1,5 mètre de haut et 3 m de large) à l'Ouest d'une parcelle de mourvèdres palissés de 2005 et conduits en AB.



Mesures réalisées sur les vignes

Des mesures de croissance, développement, état hydrique et de rendement (quantité, qualité) ont été réalisées à différentes distances des aménagements étudiés en comparaison de zone témoin. Plus précisément, les plans d'échantillonnage étaient les suivants :

- **Vauvert** : 15 ceps de vignes ont été suivis sur les rangs 1, 3, 5, 12 (respectivement nommés R1, R3, R5, R12) depuis la haie située au nord de la parcelle, ainsi qu'un rang “témoin” (noté RT). Au total, cela fait 75 individus.



- **Beauvoisin** : 15 ceps de vignes ont été suivis sur les rangs 1, 3, 5 et témoin à la fois en face de la haie de feuillus diversifiés (nommés D1, D3, D5 et DT), et également en face de la haie de cyprès (nommés C1, C3, C5 et CT).



- **Mirabel** : deux gradients par rapport au rang d'arbres intraparcellaire ont été échantillonnées à l'est et à l'ouest. A l'est, les rangs 1, 3 et 6 ont été suivis (respectivement notés E1, E3 et E6), le rang 6 correspondant au milieu de l'allée cultivée. A l'ouest, les 1, 2 et 10 ont été suivis (respectivement notés O1, O2 et O10) le rang 10 correspondant au

milieu de l'allée cultivée. Sur chacun des rangs 3 placettes de 5 ceps consécutifs ont été suivies. Les placettes ont été localisées à proximité des arbres les plus développés.



- **Orange** : 15 ceps de vignes ont été suivis sur les rangs 1, 3, 5 et témoin (notés respectivement R1, R3, R5 et RT).



Sur l'ensemble des sites, 15 ceps ont été identifiés et suivis.

Les mesures microclimatiques

Sur les différents sites le microclimat a été caractérisé à différentes distances des aménagements et en comparaison de zones témoin au regard des variables de rayonnement photosynthétiquement actif (PAR), de température et humidité relative de l'air (T et RH).

- Les données de PAR ont été relevées toutes les 10 min à l'aide de boitiers d'acquisition Capt-Connect équipés de sondes PAR80.
- Les données de T et RH ont été relevées toutes les 10 min à l'aide d'enregistreurs autonomes Voltcraft. Les enregistreurs ont été placés sous des abris les protégeant des rayonnements directs et permettant une bonne ventilation.

L'ensemble de ces capteurs ont systématiquement été positionnés au-dessus de la canopée des vignes, au niveau de certaines placettes de suivi de vignes. Les dispositifs expérimentaux pour la caractérisation du microclimat ont varié en fonction des sites :

- Vauvert : Suivi uniquement en 2022, ce site n'a pu être équipé que de sondes de TH. En s'éloignant de la haie, les rangs 1, 12 et témoin (au-delà du 30 rangs) ont été équipés avec chacun 3 sondes.
- Beauvoisin : Suivi uniquement en 2022, ce site a pu être équipé de sondes PAR, RH et T. Les abords de la haie diversifiée ainsi que de la haie de cyprès ont été équipés sur les rangs 1 et 3 avec chacun 3 sondes PAR et 3 sondes RH/T. Un témoin a également été équipé suivant les mêmes modalités.
- Mirabel : Suivis en 2022 et 2023, les rangs 1 à l'est et à l'ouest de l'alignement intraparcellaire d'arbres ont été équipés de 3 capteurs PAR et 3 sondes T/RH, de même qu'un rang en zone témoin. Ces sondes ont été placées au plus proche d'arbres les plus développés et d'envergure similaire avec une hauteur moyenne de 4,5m.
- Orange : Suivis en 2022 et 2023, les rangs 1, 3 et témoin ont été équipés de 3 capteurs PAR et 3 sondes T/RH.

Croissance et développement

Le stade phénologique suivant l'échelle BBCH de la vigne (Meier, 2001).

La croissance végétative de la vigne a été appréhendée grâce à deux indicateurs :

- La longueur des rameaux de la vigne à un instant donné en mai, une fois que la vigne est assez développée et avant rognage le cas échéant.
- La méthode des apex permettant d'évaluer la vigueur de la vigne à partir de l'observation de ses apex. L'ensemble des apex d'un même individu ont été classés en "pleine croissance" (P), "croissance ralentie" (R) ou "arrêt de croissance" (c). Un indice de croissance a ensuite été calculé : $IA = (2 \times nP + nR + 0 \times nC)/n$. Plus la valeur de l'indice est proche de 2, plus la croissance végétative est élevée

Etat hydrique de la vigne

L'état hydrique des plantes a été évalué par la mesure du potentiel hydrique foliaire (phf) à l'aide d'une chambre à pression. Les mesures se font autour du midi solaire (14h en été en France), sur 3 à 5 feuilles par placette (soit 9 à 15 feuilles par modalités), prélevées sur 3 à 5 ceps indemnes de maladies du bois et avec une expression végétative identique. Les feuilles sélectionnées doivent être exposées côté Sud des ceps et situées au niveau de la partie haute de la canopée. Elles sont prélevées juste avant la mesure, en coupant le pétiole au niveau de l'insertion sur le rameau, en

veillant à ne pas écraser les tissus. Il ne doit pas y avoir de précipitations au moins 4 jours avant la mesure. La première mesure est effectuée avant l'apparition d'un stress hydrique (fin mai), puis les autres mesures sont faites après la floraison (mi-juin), pour suivre le potentiel hydrique de la vigne tout au long du développement du raisin

En 2022, le delta $\text{c}13$ dans les moûts de raisins a également été analysé. Pour cela, un échantillonnage rassemblant 5 ceps a été réalisé.

Rendement et qualité des baies

Le nombre de grappes, le poids total de grappe et le poids de 200 baies ont été mesuré par cep de vigne suivi.

Concernant la qualité des baies, les paramètres classiques de qualité ont été analysés sur un échantillon de chaque cep suivi : Poids de 200 baies, taux de sucres, azote total, pH, azote assimilable, indice malique, acide tartrique, potassium, polyphénols et anthocyanes.

Résultats

Conditions météorologiques

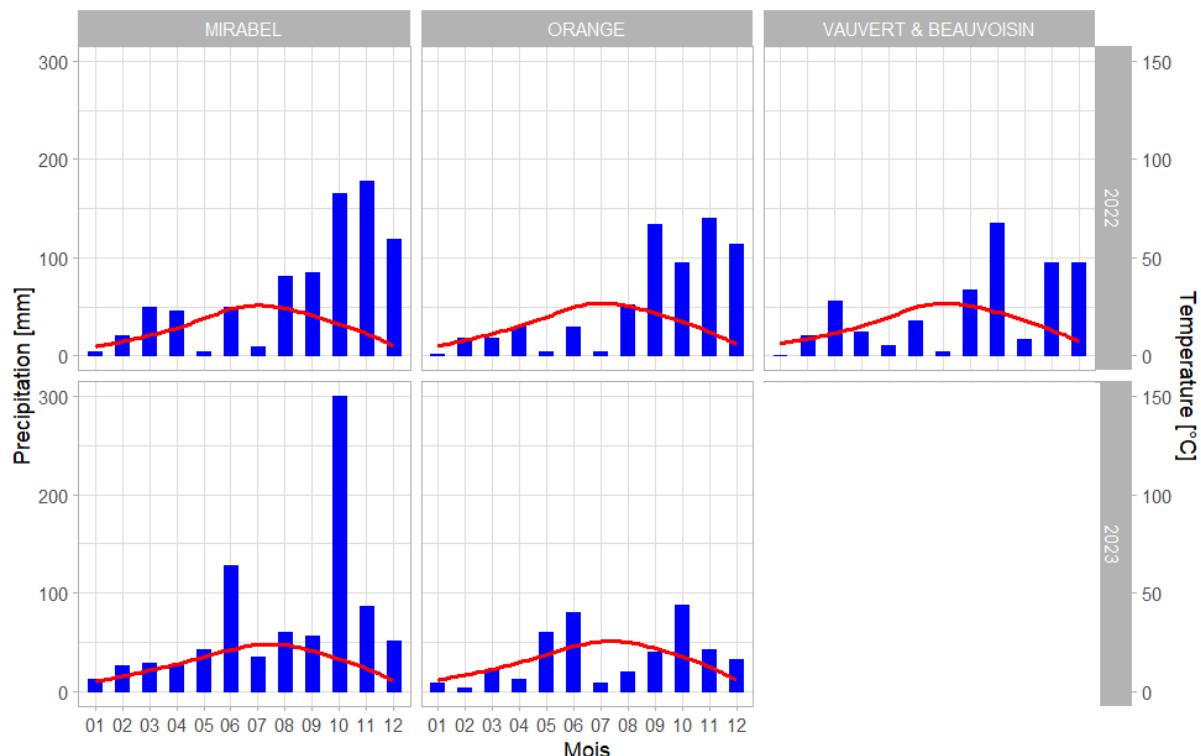


Figure 2 - Diagramme ombrothermique des stations de météo France les plus proches des parcelles suivies en 2022 et 2023.

L'année 2022 a été marquée par un printemps/été sec avec des déficits hydriques importants en mai et juillet. L'année 2023, a été marquée par un printemps et été pluvieux sur mirabel sans déficit hydrique, contrairement à Orange où un déficit hydrique estival a été observé à la suite d'un printemps plutôt pluvieux (Figure 2).

Résultats des suivis microclimatiques

Sur Mirabel

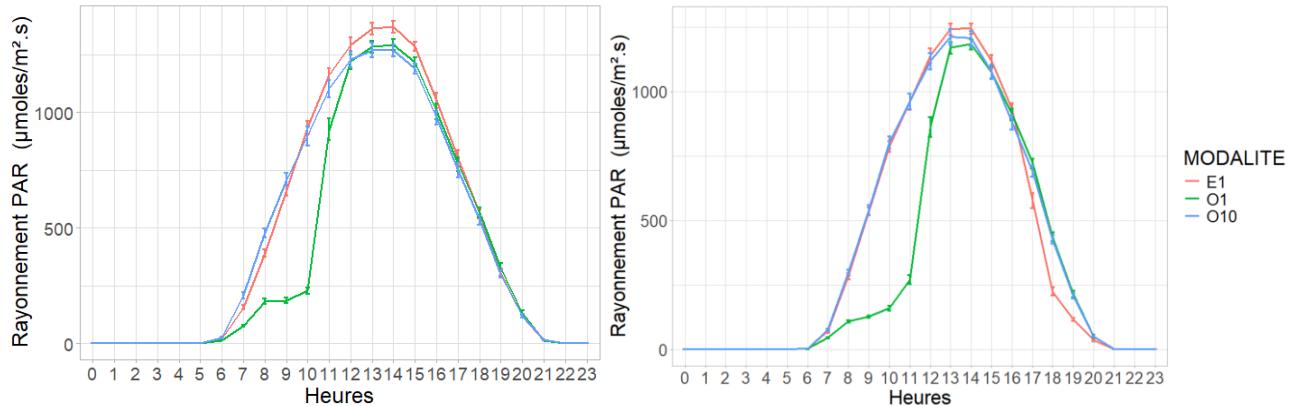


Figure 3 - Rayonnement PAR moyen par heure sur l'été 2022 et 2023, respectivement, sur le site Mirabel, sur les différentes modalités (E1 = au sud/est à 3m d'un arbre ; O1 = au nord/ouest à 3m d'un arbre ; T = zone témoin sans arbre).

Le dispositif mis en place sur Mirabel a permis de mesurer une diminution du cumul de PAR reçu sur le rang 1 au nord-ouest à proximité des arbres d'environ de 15 à 50% par rapport au témoin. Cette diminution est principalement due à une réduction de la lumière le matin, avant 12h, comme l'illustre la Figure 3. Les sondes étaient placées à proximité immédiate des arbres les plus développés de la parcelle. Ces derniers mesurant 4,5 m de haut, il n'est pas possible de généraliser ces mesures à l'ensemble du rang ou aux rangs adjacents, l'ombrage des arbres étant très localisé.

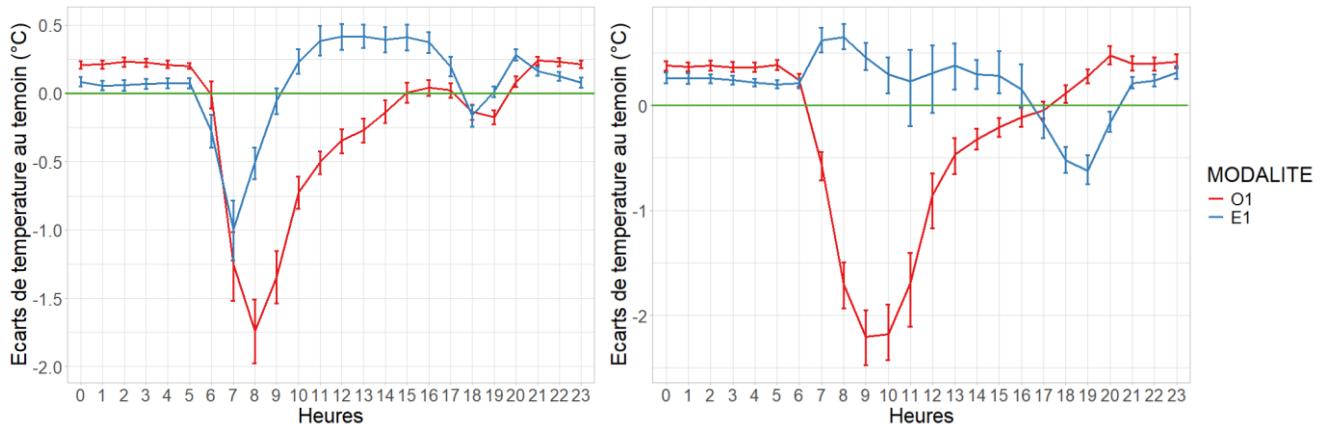


Figure 4 - Différences moyennes de températures entre les sondes placées à l'ouest des arbres sur le rang 1 (O1) et à l'est des arbres sur le rang 1 (E1) par rapport aux sondes placées en témoin (ligne verte) à l'été 2022 et 2023 respectivement.

La diminution du rayonnement s'est accompagnée d'une diminution des températures à certains moments de la journée pouvant atteindre 1,5 - 2°C en 2023 sur les zones ombragées à l'ouest des arbres (Figure 4) et d'une augmentation de l'humidité relative de 3 à 4% (Figure 5).

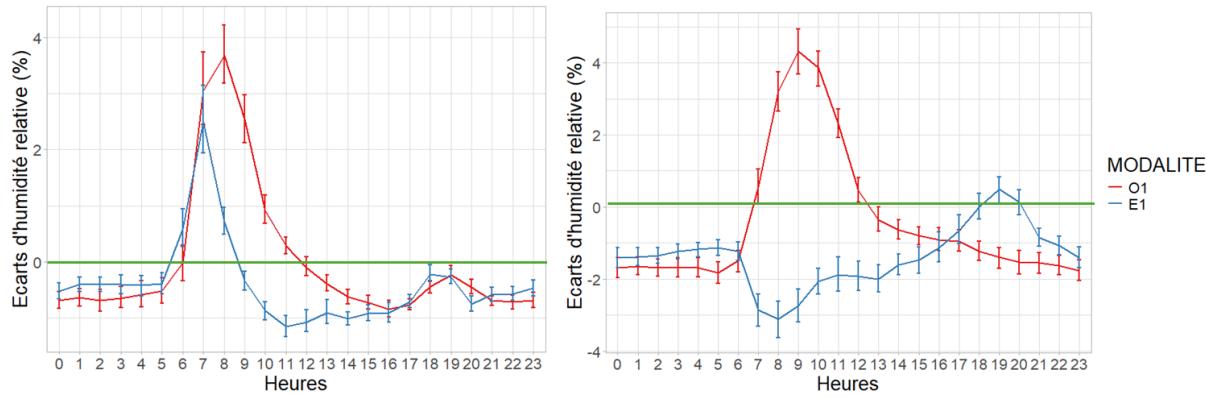


Figure 5 - Différences moyennes d'humidité relative entre les sondes placées à l'ouest des arbres sur le rang 1 (O1) et à l'est des arbres sur le rang 1 (E1) par rapport aux sondes placées en témoin (ligne verte) à l'été 2022 et 2023 respectivement.

Sur Beauvoisin

Concernant le microclimat à proximité des haies de feuillus diversifiés et de cyprès du site Beauvoisin, le rayonnement PAR est déficitaire à proximité de la haie de cyprès le matin avec des baisses de plus de 50% avant 9h et 30 à 40% avant 12h, heure à laquelle le rayonnement atteint les niveau du témoin (Figure 6).

L'après-midi, le 3e rang à l'ouest de la haie de cyprès (C3) reçoit en moyenne 11 à 15% de rayonnement PAR en plus. On peut ici supposer une réflexion des rayonnements sur la haie.

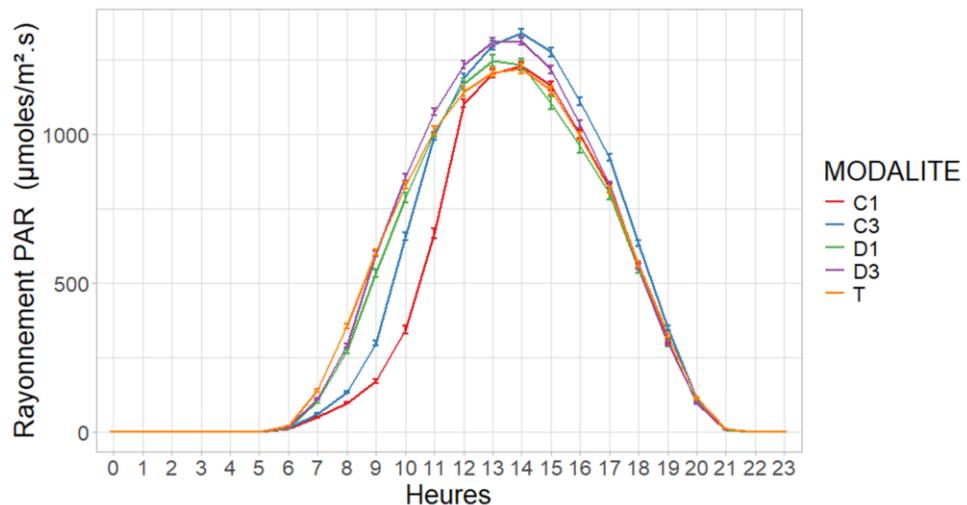


Figure 6 - Rayonnement PAR moyen par heure sur l'été 2022 sur le site Beauvoisin, sur les différentes modalités (C1 = 1er rang à l'ouest de la haie de cyprès ; C3 = 3e rang à l'ouest de la haie de cyprès ; D1 = 1er rang à l'ouest de la haie diversifiée; C3 = 3e rang à l'ouest de la haie diversifiée, T = zone témoin sans arbre).

Concernant les températures, les sondes situées sur le rang 1 à proximité de la haie de cyprès enregistrent la plus grande amplitude de variation par rapport au témoin avec le matin (lorsque ce rang est ombragé) des températures pouvant être diminuée de 1,4°C par rapport au témoin, et l'après midi (lorsque le rang est ensoleillé) des températures pouvant excéder de 0,9°C celle du témoin. Cet excès de température pourrait être expliqué par des différences de vitesse du vent que nous n'avons pas mesuré, conjugué ou non au phénomène de réflexion des rayonnements sur la haie. Une variation d'amplitude journalière similaire, mais moins importante a été observée sur le

rang 3 à l'ouest de la haie de cyprès. L'humidité relative de l'air sur ces zones est marquée par une augmentation le matin à proximité des cyprès et une diminution l'après-midi, en comparaison de la zone témoin (Figure 7).

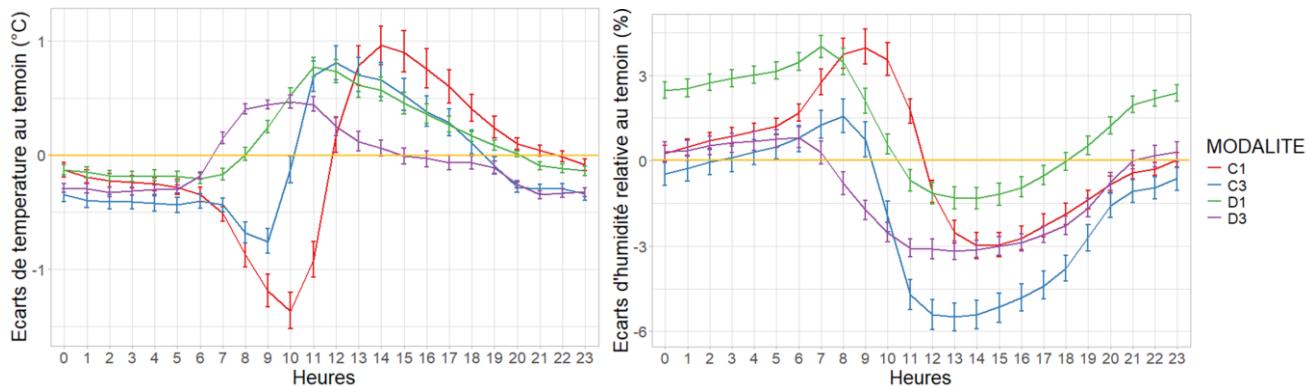


Figure 7 - Différences moyennes, respectivement, de température et d'humidité relative entre les sondes placées à différentes distances des haies diversifiée et de cyprès sur le site Beauvoisin en 2022 (C1 = 1er rang à l'ouest de la haie de cyprès ; C3 = 3e rang à l'ouest de la haie de cyprès ; D1 = 1er rang à l'ouest de la haie diversifiée ; C3 = 3e rang à l'ouest de la haie diversifiée, T = zone témoin sans arbre).

L'air à proximité de la haie diversifiée est principalement marqué par une hausse des températures (de 0,4 à 0,7°C).

Sur Vauvert

Un défaut de positionnement des abris de sondes empêche toute interprétation des données enregistrées l'après-midi. Les capteurs ayant été exposés au rayonnement solaire direct à cette période ont surchauffé et enregistré des valeurs aberrantes.

Les données sont en revanche exploitables en matinée et montrent une augmentation des températures sur les R1 et 12 en comparaison du témoin de l'ordre de, respectivement, +0,9°C et +0,8°C sur la période estivale. En parallèle, le R1 était marqué par un niveau d'humidité relative de l'air moins important que le témoin de l'ordre de -3,6%.

La haie de cyprès/pistachier de ce site, étant située au nord des vignes, ne fait pas d'ombre aux vignes et par ailleurs elle a également une fonction de brise vent par rapport au vent du nord. Les modifications microclimatiques observées ici avec un air plus chaud et sec dans la zone protégée des vents peut s'expliquer par une diminution du brassage de l'air (Cleugh, 1998; Béguin, 1972).

Tableau 1 - Températures moyennes horaires enregistrées sur Vauvert

Heures	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
R1	21,0	20,6	20,2	19,8	19,4	19,1	19,2	20,9	23,6	26,3	28,7	30,8	32,2	33,0
R12	20,7	20,2	19,9	19,5	19,1	18,8	18,8	20,6	23,3	26,1	28,5	30,5	32,0	32,9
T	20,6	20,1	19,8	19,4	19,0	18,7	18,8	20,5	23,2	25,7	28,0	29,9	31,3	32,1

Tableau 2 - Humidité relative moyenne horaire enregistrées sur Vauvert

Heures	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
R1	65,3	66,7	67,6	68,4	69,1	69,9	69,7	64,5	56,0	47,3	39,9	34,5	31,3	29,8
R12	67,6	68,9	69,7	70,6	71,3	72,1	72,2	68,0	59,7	51,3	44,4	39,3	35,9	34,1
T	67,0	68,2	68,9	69,8	70,6	71,4	71,4	66,7	58,4	50,1	43,2	38,1	34,9	33,2

Sur Orange

Un défaut de positionnement des abris sondes empêche toute interprétation des données de températures et d'humidité.

Effets sur la phénologie des vignes

Peu d'effets des arbres sur la phénologie des vignes ont été observés.

Quelques effets des arbres sur la phénologie des vignes ont été observés, notamment sur les sites Mirabel et Beauvoisin. Sur le site Mirabel, un léger retard de développement a été observé sur les vignes à proximité des arbres en juin 2023, notamment sur le rang O1, avec des grappes commençant à peine la fermeture, contre des grappes quasiment fermées au rang témoin O10 (Figure 8). Sur le site Beauvoisin, un décalage a été mesuré en mai 2022 où les vignes des rangs 1, 3 et 5 entamaient à peine la floraison alors que les vignes des rangs témoin avaient dépassé la mi-floraison (Figure 9).

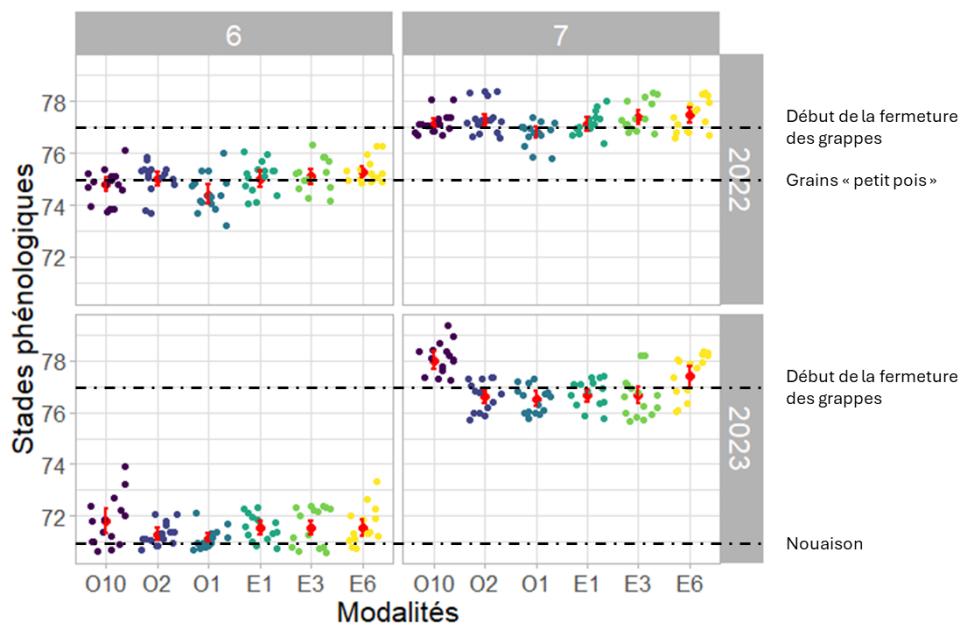


Figure 8 - Stades phénologiques moyens observés en 2022 et 2023 sur les différentes rangées suivies sur le site "Mirabel" aux mois de juin et de juillet de chaque année.

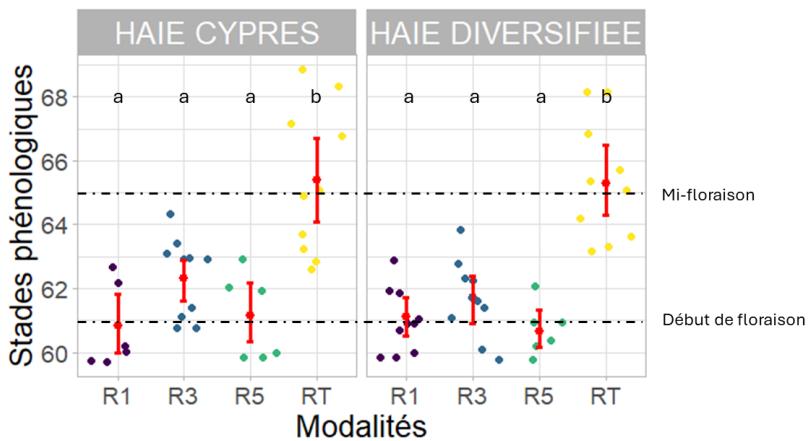


Figure 9 - Stades phénologiques moyens observés en 2022 sur les différentes rangées suivies sur le site “Beauvoisin”.

Les vignes des différentes modalités des sites “Orange” et “Vauvert” n’ont pas montré de différences tendancielles ou significatives de phénologie.

Effets sur la croissance des vignes

Globalement, un effet négatif des aménagements de type “haie” a été mesuré sur la croissance et la vigueur des vignes des rangs à leur immédiate proximité (rangs 1). Cet effet s'est ponctuellement observé jusqu'aux rangs 3 notamment dans le cas des haies de cyprès de manière significative ou tendancielle. Les rangées intraparcellaires d'arbres du site “mirabel” ne semblent pas avoir d'effet sur la croissance ou la vigueur des vignes, même si une tendance positive a été observée sur le rang E1.

La circonférence des troncs de vignes est apparue significativement réduite, par rapport aux vignes témoins, aux abords des haies du site Beauvoisin et Vauvert (Figure 10). Le rang 1 est particulièrement concerné par cet effet dépressif, mais également le rang 3 aux abords de la haie de cyprès du site “beauvoisin”. Il est à noter qu'une forte mortalité des ceps de vignes a pu être observée à proximité de cette haie avec 63% des ceps morts.

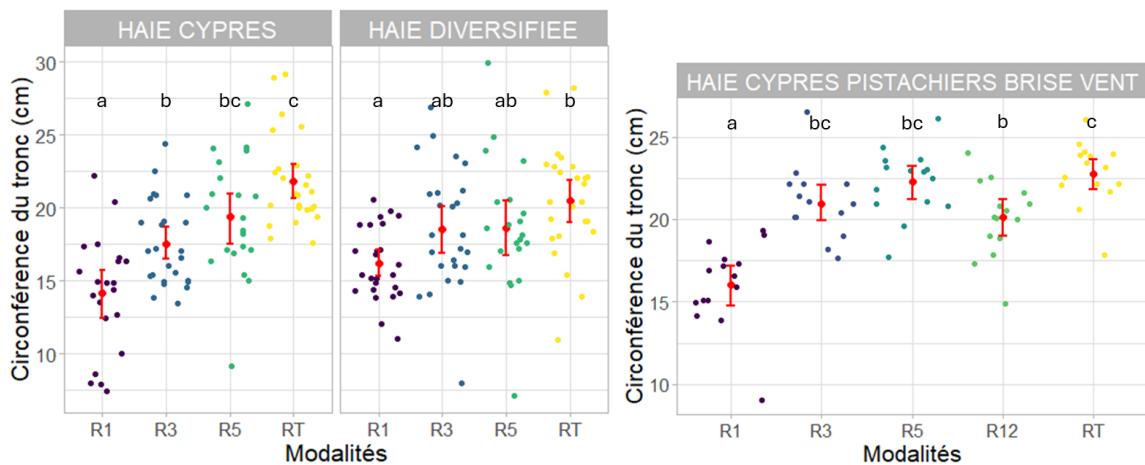


Figure 10 - Circonférence moyenne des troncs des vignes par rangs suivis sur, respectivement, les sites Beauvoisin et Vauvert

Ces rangs de vignes (Figure 11), sont également marqués par une longueur totale moyenne des rameaux inférieure aux vignes témoins de manière significative sur le premier rang, et suivant un

gradient sur le site de Vauvert. Sur le site Mirabel, aucune différence significative de circonférence de tronc et de longueur totale de rameaux n'a été mise en évidence.

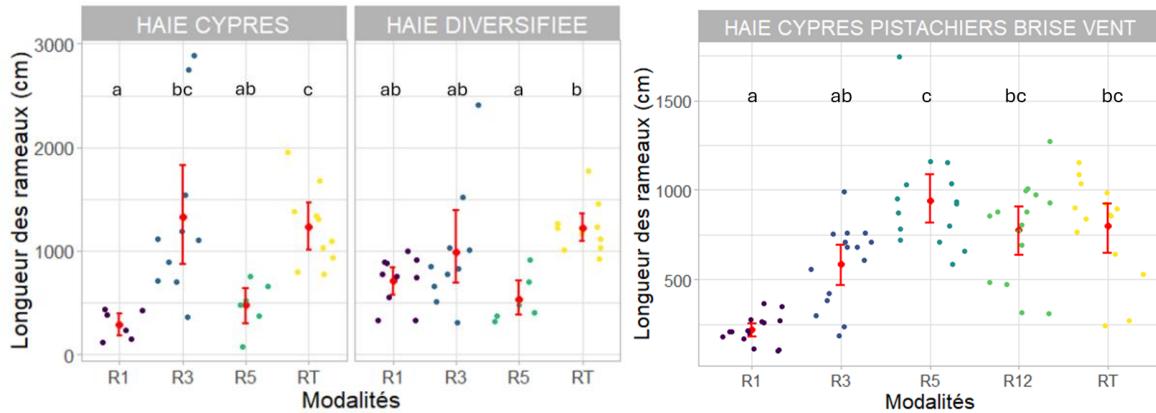


Figure 11 - Longueur totale moyenne des rameaux des vignes par rangs suivis sur, respectivement, les sites Beauvoisin et Vauvert

Sur l'ensemble des sites présentant des haies, la croissance végétative des rameaux (via l'indice de croissance des apex) est apparue plus faible sur le rang 1 notamment en juin. En juillet, cette différence s'est maintenue sauf sur le site de Beauvoisin, où l'ensemble des rangs suivis a été touché par un arrêt de croissance.

Sur le site de Mirabel, en juillet 2022, la croissance végétative des rangs à proximité a été significativement plus vigoureuse sur le rang E1 que sur les rangs E3 et E6.

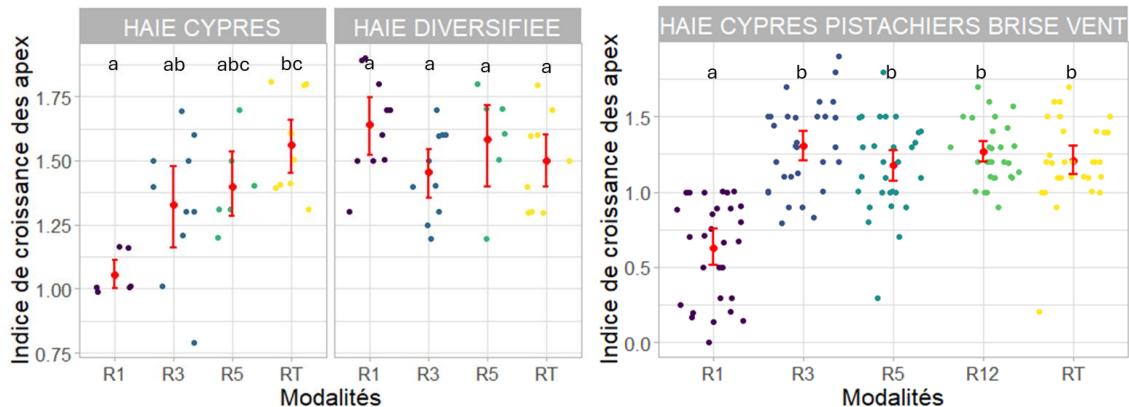


Figure 13 - IAC moyen des rameaux des vignes par rangs suivis sur, respectivement, les sites Beauvoisin et Vauvert.

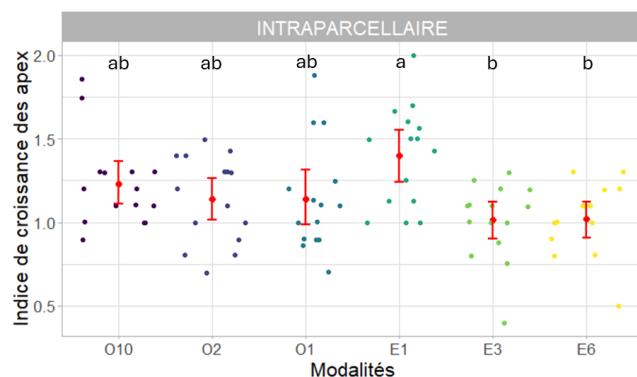


Figure 7 - IAC moyen des rameaux des vignes par rangs suivis sur, respectivement, les sites Beauvoisin et Vauvert.

Effets sur l'état hydrique des vignes

L'état hydrique des vignes n'a été mesuré qu'en 2022 dans la mesure où 2023 était une année humide sans stress hydrique apparent (pas d'arrêt de croissance végétative).

Sur le site de mirabel aucune différence significative de potentiel hydrique de feuilles n'a été mesurée entre les vignes des différents rangs étudiés. Une tendance a toutefois été observée en juin 2022, avec des vignes au potentiel hydrique plus élevé à proximité des rangs d'arbres (E1 et O1) c'est à dire dont la contrainte hydrique était légère à modérée, contre des vignes témoins en contrainte hydrique plus forte (Figure 8). Cette tendance reste toutefois à revérifier.

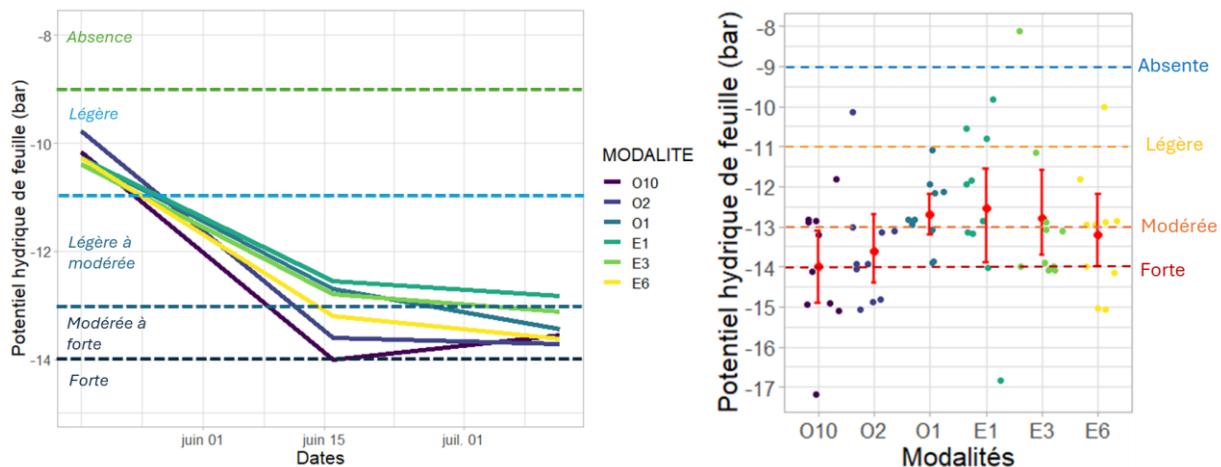


Figure 8 - a) Évolution du potentiel hydrique de feuille moyen sur les vignes des différents rangs suivis en 2022 sur le site Mirabel et b) Potentiel hydrique de feuille moyen le 17/06/2022. Avec les seuils de contraintes hydriques d'après Van Leeuwen et al. (2009), Celette (2007), et Ojeda (2007). Aucune différence significative.

Sur les autres sites, les vignes sur les rangs à proximité de haies (hormis pour la haie diversifiée de beauvoisin) montrent des baisses tendancielles ou significatives (site de Vauvert) de potentiel hydrique de feuille en comparaison des vignes témoins notamment sur les rangs 1 et 3 (Figure 9).

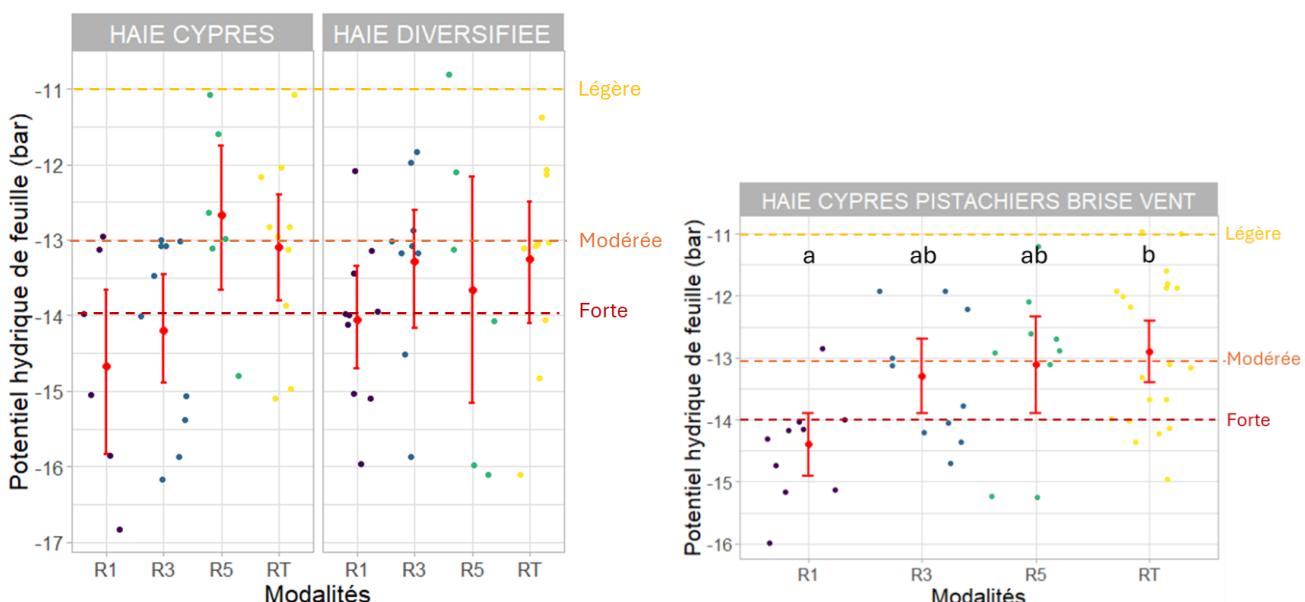


Figure 9 - Potentiel hydrique de feuille moyen sur les vignes des différents rangs suivis en 2022 sur le site de Beauvoisin et de Vauvert avec les seuils de contraintes hydriques d'après Van Leeuwen et al. (2009), Celette (2007), et Ojeda (2007).

Par ailleurs, les résultats concernant le delta C13 ne montrent aucune différence entre les différentes modalités et l'ensemble des résultats se situent en dessous du seuil de contraintes à -26%.

Effets sur les rendements

Les effets des aménagements agroforestiers sur le rendement sont spatialisés et variables en fonction des millésimes (Figure 1). En 2022, année sèche, des pertes de rendements sont visibles sur les 3 premiers rangs à proximité des aménagements arborés (entre 2 et 4 m), et sont plus marquées sur le premier rang à proximité de la haie de cyprès/pistachier.

En 2022 sur Mirabel, le nombre de grappes est apparu significativement inférieur sur le rang E1 et inférieur en tendance seulement sur le rang O1. Aucune différence n'est observée en 2023. Cette diminution du nombre de grappes en 2022 s'est accompagnée d'une baisse de la production totale de raisin par cep de vignes avec un rendement significativement plus bas en E1 (Figure 9).

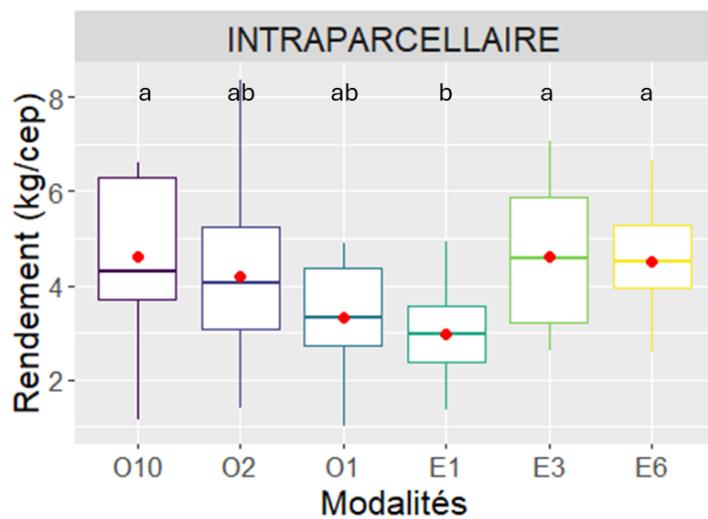


Figure 9 - Rendement moyen de raisin en kg/cep sur les vignes des différents rangs suivis en 2022 sur le site Mirabel.

Le rendement moyen des vignes sur les rangs 1 et 3 du site de Vauvert sont marqués par une baisse respective de 90% et 52% par rapport aux vignes témoin. De même, les rendements moyens des vignes des rangs 1, 3 et 5 du site de Beauvoisin sont marqués par des diminutions de rendements situées entre 70 et 90% à proximité de la haie de cyprès et de 54 à 77 % à proximité de la haie diversifiée.

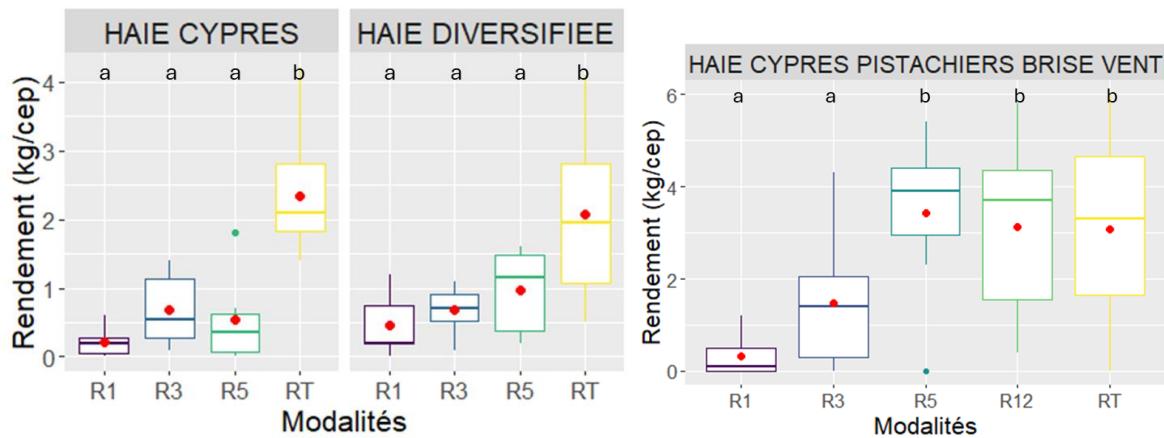


Figure 10 - Rendement moyen de raisin en kg/cep sur les vignes des différents rangs suivis en 2022 sur le site Beauvoisin et Vauvert respectivement.

Sur le site d'Orange, en 2022, une baisse significative du rendement a été mesurée sur le rang 1 avec 45% de perte par rapport au témoin. Les vignes des rangs 3 et 5 ont présenté des rendements similaires au témoin. En 2023, aucune différence n'a été mesurée.

Effets sur la qualité des baies

Une hétérogénéité de la qualité des baies a été mesurée notamment concernant les baies des rangs 1 situés à proximité des aménagements (Annexe 1).

Les vignes de ces rangs affichent une concentration en sucres et des degrés d'alcool probable significativement plus élevés que pour les autres vignes, avec un rapport sucre plus élevé. Malgré tout, ces indicateurs sont restés toutefois à des niveaux normaux inférieurs à 230 g/l de sucres et 13% d'alcool probable identifiés. Le rapport sucre/acide reste inférieur à 70, limite au-delà de laquelle les vins sont lourds et restent en bouche.

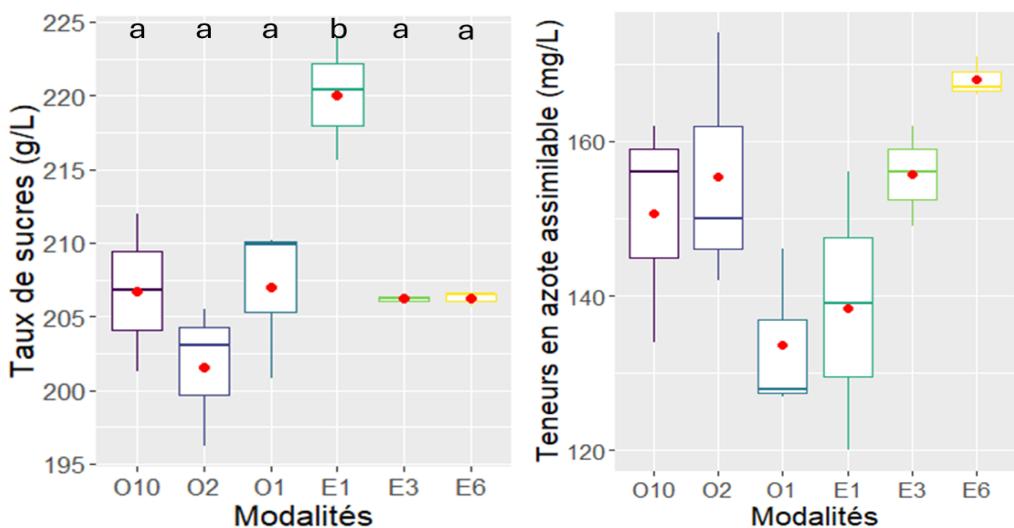


Figure 11 – Taux de sucres et Teneurs en azote assimilable dans les baies des différentes vignes suivies sur le site Mirabel.

Par ailleurs, la qualité des baies des vignes des rangs 1 présentent également des taux d'anthocyanes et de polyphénols plus élevés marquant une bonne aptitude au vieillissement.

Enfin, leur teneur en azote assimilables est inférieure aux baies des vignes des autres rangs pouvant indiquer une limitation hydrique ou des conditions de nutrition plus défavorables. Cette teneur reste globalement proche des 140 mg/L seuil en dessous duquel la fermentation pourrait être dégradée. A proximité des haies de cyprès toutefois, le niveau apparaît largement inférieur à ce seuil (Annexe 1).

Discussion et perspectives

Les aménagements étudiés montrent que les arbres peuvent exercer une compétition plus ou moins importante à leur immédiate proximité en fonction des années climatiques, et que celle-ci s'estompe, voire disparaît, au-delà de 6-7 m de distance dans le cas des aménagements suivis. Cette compétition semble liée à l'existence d'une contrainte hydrique plus forte à proximité des haies et éventuellement aussi d'une diminution de la nutrition minérale comme pourraient le suggérer les résultats sur les teneurs en azote assimilables des baies. Les modifications microclimatiques apparaissent relativement restreintes du fait des types d'aménagements disponibles et étudiés. Toutefois, sur le site de Mirabel, l'ombrage peut potentiellement avoir joué un rôle dans une éventuelle diminution de la contrainte hydrique sur les rangs les plus proches des arbres, mais ces tendances mériteraient d'être vérifiées, et s'accompagnent dans ce cas d'une perte de rendement en 2022 qui pourraient être imputés à de moindres ressources minérales due à la compétition des arbres et de la bande enherbée adjacente. Des sites avec des arbres plus âgés seront intéressants à étudier à l'avenir pour étayer les effets du microclimat créé sur les vignes. Des résultats acquis dans d'autres types de systèmes de production soulignent la capacité de l'agroforesterie à créer un microclimat plus étendu au sein des parcelles (Grimaldi et al., 2022 ; Martin-Chave et al., 2019).

Les connaissances disponibles aujourd'hui en viticulture soulignent donc les incertitudes qui demeurent quant à l'efficience de l'agroforesterie dans le cadre de l'adaptation des vignes au changement climatique, et posent la question de la gestion des phénomènes de compétition et de l'hétérogénéité spatiale créée par les arbres.

Déjà en œuvre sur le terrain au sein de systèmes relativement jeunes, l'innovation dans les formes d'agroforesterie implantées sera déterminante pour imaginer des systèmes maximisant par exemple les effets microclimatiques tout en limitant l'importance des compétitions (action 4). Un accompagnement technique par des organismes spécialisés, ainsi qu'éventuellement un partenariat avec des professionnels de la recherche au travers de processus de co-conception, peut permettre d'établir les différents leviers (type d'arbres, espacements, conduite des arbres, conduite des vignes, etc.) pouvant être mobilisés et testés, tout en garantissant leur adaptation à chaque contexte pédoclimatique et contraintes/opportunités d'exploitation.

Pour finir, même si ces thématiques n'ont pas été abordées dans VITAM, il est important de ne pas occulter les autres effets positifs des aménagements agroforestiers aujourd'hui relativement bien documentés portant sur l'amélioration de la biodiversité des milieux et ses contributions à la régulation de certains bioagresseurs (régulation des tordeuses par les chiroptères par exemple) (Boughey et al., 2011 ; Kelm et al., 2014), ainsi que sur la santé des sols (fertilité, lutte contre l'érosion) (Cardinael et al., 2017).

Action 3 - Mise en place d'une dynamique d'expérimentation participative

Co-conception d'un projet d'agroforesterie viticole à vocation microclimatique dans le Gard

Rédaction : Numa Faucherre (Agroof)

Le projet agroforestier de Mathéo Jésus a suivi plusieurs phases de construction afin de proposer des aménagements innovants, compatibles avec les pratiques de l'agriculteur et avec un suivi expérimental.

Dans un premier temps un pré-diagnostic a été réalisé en novembre 2022 afin de comprendre les objectifs de Mathéo Jésus et le contexte pédoclimatique de la parcelle. Partant de l'intérêt de Mathéo pour l'expérimentation, une journée de co-conception a été proposée et réalisée le 3 février 2023.

Cette journée a réuni 17 partenaires scientifiques (CIRAD ABSYS, Agroof), techniques (ODG Châteauneuf du Pape, Chambre d'Agriculture de l'Hérault et du Vaucluse, IFV, Syndicat des Côtes du Rhône) et agricoles (Mas des Roquets, Domaine de Perdiguier et Mathéo Jésus). Sur la base d'un diagnostic et de la définition des objectifs de l'agriculteur réalisé le matin, trois ateliers de co-conception ont été proposés dans l'après-midi. Chaque groupe a travaillé à des scénarios d'aménagements des parcelles en question et les a présentés pour discussion au reste des participants. Les éléments techniques du diagnostic ainsi que les scénarios proposés à Mathéo sont présents dans le compte rendu (cf. les livrables du projet).



Figure 1 – Photographie de l'atelier de co-conception réalisé en février 2023 chez Matéo Jésus

À la suite de ces journées et une synthèse avec Mathéo Jésus, un plan d'aménagement a été proposé par Agroof. Ce plan d'aménagement répond aux objectifs suivants, par ordre d'importance :

- Créer un microclimat favorable aux vignes (réduire la vitesse du vent et tamponner les extrêmes de température)
- Paysager : Créer un cadre de travail accueillant
- Diversifier les productions, en introduisant quelques arbres fruitiers pour de l'autoconsommation
- Favoriser la biodiversité
- Améliorer les qualités gustatives du vin

Pour orienter le choix des densités, une modélisation de l'ombrage de la parcelle a été réalisé avec EcoAF :

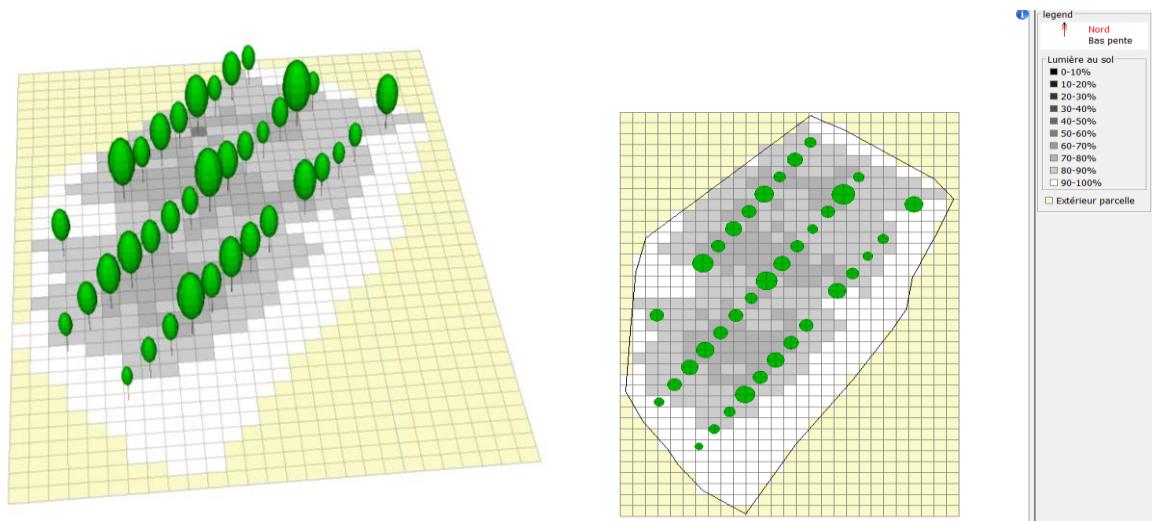


Figure 2 - Modélisation de la parcelle en co-conception de Mathéo Jésus par EcoAF : répartition de la lumière pour une densité de 40 arbres/ha à 30 ans

Grâce à cette modélisation, on observe que pour cette parcelle plantée à une densité de 40 arbres par hectare et 30 ans après la plantation, la répartition de la lumière est hétérogène sur la parcelle mais qu'en moyenne il y a plus de 75 % de la lumière qui arrive au niveau de la vigne.

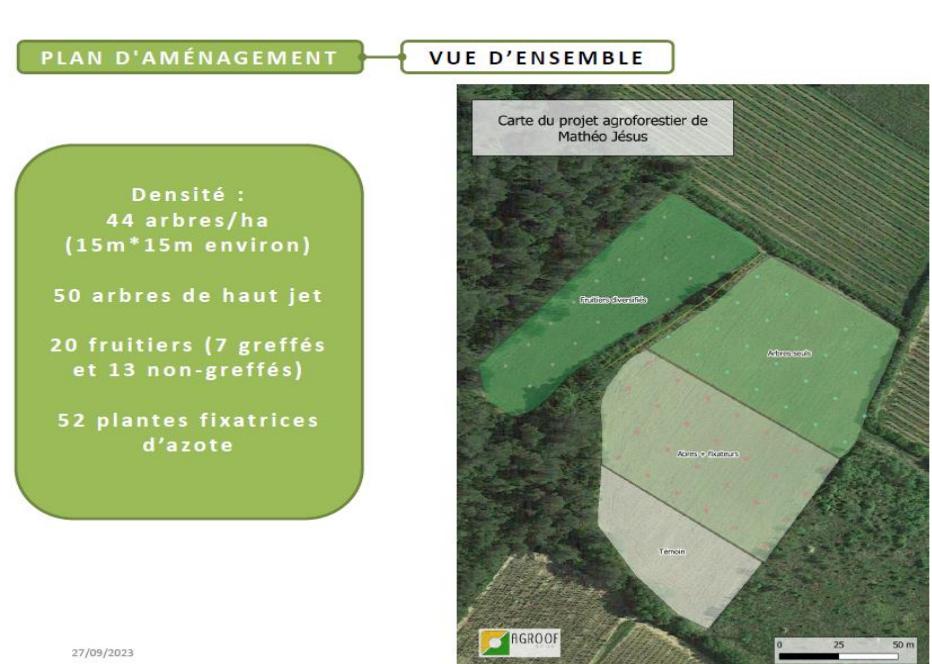


Figure 3 – Plan d'aménagement final de la parcelle

Le plan d'aménagement retenu (Figure 3) correspond à des alignements d'arbres sur le rang de vigne, espacée d'environ 15 m chacun :

- sur la parcelle au sud est, trois zones ont été définies :
 - au nord, des arbres plantés en 15*15 (Cormier, Poirier pyraster, Micocoulier, Tilleul à grandes feuilles)
 - au centre, les mêmes densités avec les mêmes espèces mais avec des arbustes fixateurs d'azote à leur pied (Coronille emerus et Baguenodier)
 - au sud, une zone témoin sans arbre et sans arbustes fixateurs d'azote
- Sur la parcelle au nord-ouest, des amandiers greffés et des oliviers cultivars ont été proposés à des densités équivalentes.

A l'automne 2023, suite à la validation du projet, Agroof a réalisé un piquetage afin de localiser l'emplacement futur des arbres et a fourni l'ensemble des fournitures pour la plantation : plants, piquets, paillages, protections. La plantation, coordonnée par Agroof et Mathéo Jésus, et avec le soutien de la Région Occitanie et du groupe Frelin, a été réalisée en février 2024, en suivant le protocole expérimental.

En septembre 2025, un an et demi après la plantation et lors des premières vendanges, un suivi de reprise de la plantation a été réalisé. Les arbres, plantés un an après la vigne, ont été désherbés à l'intercep et ont été arrosés ponctuellement à la tonne. Ils présentent un taux de reprise très satisfaisant (> 90 %) et une belle croissance. Les Baguenodier ont eu une croissance très dynamique et une taille de recépage a permis de limiter leur emprise et ainsi de faciliter la mécanisation. A l'hiver 25/26, une taille de formation sur les arbres de haut jet est envisagée afin de former un fût et de limiter l'emprise latérale.



Figure 4 – Photographie des arbres implantés 1,5 ans après la plantation (crédit photo : Agroof)

Dans quelques années, cette parcelle pourra être un site pilote afin d'étudier notamment :

- L'effet des arbres sur le microclimat de la parcelle et donc sur la croissance de la vigne et la qualité des baies
- L'effet des plantes compagnes fixatrices d'azote sur la compétition arbre/vigne
- L'effet des arbres sur la biodiversité (pollinisateurs, pédo-faune, chiroptères etc...)
- Le bilan-hydrique à l'échelle de la parcelle et en comparaison au témoin sans arbre

Livrable : Le compte rendu de cette co-conception est disponible à l'adresse suivante :
<https://vitam.projet-agroforesterie.net/livrables.html>

Journée de co-conception du projet agroforestier viticole du Domaine Provence Ventoux

Rédaction : Pauline Garin (chambre d'agriculture du Vaucluse)

Un atelier de co-conception d'un projet agro forestier a été conduit le 27 mars 2023 sur l'exploitation du lycée agricole Provence Ventoux. Il visait à proposer à la responsable de l'exploitation du lycée, Isabelle Pelegrin, plusieurs projets agroforestiers sur une parcelle de 4 ha destinée à être de nouveau plantée en vigne de cuve.

Les objectifs pour la parcelle : adaptation à l'évolution climatique dont l'ombrage et la réduction de la concurrence hydrique, protection contre le vent, mécanisation possible. Respect des cahiers des charges Agriculture biologique et ODG Ventoux.

17 personnes ont participé sur 19 inscrits initialement. Cet atelier faisait suite à la journée d'échanges du 22 mars précédent. Les participants appartenaient à différentes structures : 4 agriculteurs ou assimilés, 12 conseillers ou chargé de mission, relais auprès des agriculteurs, 1 pépiniériste.

Chaque participant avait reçu en amont de la journée un document présentant les objectifs et les contraintes du projet. Ce document avait été rédigé au préalable par la chambre d'agriculture de Vaucluse suite à une visite de la parcelle et des observations à la tarière réalisées sur les différentes zones pédologiques.

Le matin nous avons précisé tous ensemble les objectifs et les contraintes caractérisant le projet. Une visite de terrain collective avec étude de profils de sols a permis d'avoir une approche encore plus fine du contexte et d'échanger sur les caractéristiques du projet en croisant les différents regards et compétences.

L'après-midi, les participants ont été répartis en 3 groupes. Chaque groupe, au terme de 2h00 de réflexion, a ensuite présenté son projet à la responsable d'exploitation et à l'ensemble des participants. Les 3 projets répondaient aux objectifs initiaux. Au terme de la journée, la responsable d'exploitation du lycée a exprimé sa grande satisfaction et ses remarques, en particulier sa réticence vis-à-vis du projet le plus innovant, car le plus impactant sur la surface et la gestion. In fine, le projet mis en place par l'exploitation ressemblera au projet 3.

Atelier hydrologie régénérative en viticulture au Château de Lastours à Portel des Corbières le 19 juin 2024.

Rédaction : Arbres et Paysages 11

Les 15 participant.e.s sur 16 prévus ont pu, lors d'une animation collective réfléchir seul.e.s, puis en groupe, sur les connaissances actuelles concernant les pratiques d'hydrologie régénérative ou d'Hydronomie : « Science » de la régénération des cycles de l'eau par aménagement du territoire. Les travaux de Marlène Vissac (Hydronomie©) ainsi que l'étude préalable réalisée sur le domaine ont été présentés (<https://www.hydronomie.fr/>).

Les besoins du Château de Lastours

Mme Anne-Laurence de Gramont a pu présenter les objectifs du Château de Lastours. Il s'agit d'un domaine de 600 ha dont 100 ha sont cultivés en vigne. Une activité de sport automobile est aussi présente sur le domaine.

Le système viticole en place atteint ses limites, notamment face au dérèglement climatique, très fort sur Portel-des-Corbières (contexte semi-aride depuis plusieurs années).

Une parcelle de 3 hectares a été arrachée et doit être réimplantée en vigne selon des principes agronomiques innovants. Cette parcelle, nommée « La Mer » a pour objectif de devenir une parcelle vitrine en viticulture méditerranéenne. Toute pratique agronomique innovante qui pourrait répondre aux enjeux pédoclimatiques actuels et futurs peut être mise en place sur cette surface.

Un groupe de travail pourrait évaluer les innovations et changements de pratiques à mettre en place sur le territoire et construire un projet de recherche et développement autour de La Mer sur plusieurs années. La commune de Portel-des-Corbières est assez représentative de la région et idéalement placée sur le pourtour méditerranéen d'Occitanie.

Que faire de nos pratiques viticoles aujourd'hui ?

Une deuxième animation a permis de noter quelles seraient les pratiques viticoles que le groupe pense nécessaires de **Conserver, de Cesser, et de Créer**.

CONSERVER	CESSER	CREER
Les ligneux existants (haies, alignements, arbres isolés)	Limiter les intrants chimiques (++)	Des linéaires de ligneux (+++)
Les cépages et porte-greffes adaptés au CC (+++)	Le travail du sol (++)	Des cépages adaptées (++)
Conserver les apports de MO	L'irrigation abusive (++)	De la MO (++)
Les couverts/ enherbements hivernaux	Les densités de plantation de céps non adaptées	Aménagements hydrauliques
Les rendements de 40hL/ha	Les parcelles trop grandes (0.5 ha max ?) (++)	Association avec de l'élevage

La porosité des sols	Des expérimentations et groupes de travail (++)
Le savoir-faire vigneron	Des systèmes diversifiés
La mécanisation	Formes de vignes adaptées (parapluie ? nids ?)
	Adapter les réglementations face à l'adaptation des pratiques
	Mesurer les résultats agronomiques d'une bonne biodiversité

Les prochains « petits » pas

Suite à ce premier atelier, il apparaît que plusieurs participant.e.s souhaitent continuer de travailler sur ce projet et participer à la hauteur de leurs compétences, sur les sujets qui les concernent et qu'ils étudient.

Une première rencontre avec Marlène Vissac, experte en hydronomie, sera proposée au Château de Lastours durant l'automne 2024, avec une visite de terrain et une première analyse des capacités de « La Mer ».

Cette présentation pourra conduire à un audit Hydronomie en partenariat avec Arbres et Paysages 11 courant printemps 2025, audit qui proposera un itinéraire technique complet sur les pratiques à mettre en place sur cette parcelle ainsi que le calendrier associé.

Les propositions d'itinéraires techniques faites pourront être discutées avec les structures qui souhaitent s'associer au projet et des protocoles de mesures pourront être mis en place collectivement.

Une mise en place des pratiques agroforestières sur les principes d'hydrologie régénérative est à prévoir pour l'hiver 2025-2026.

Livrable : Le compte rendu de cette co-conception est disponible à l'adresse suivante :

<https://vitam.projet-agroforesterie.net/livrables.html>

Co-conception de deux parcelles d'agroforesterie viticole sur le domaine de Restinclières

Co-conception réalisée par Agroof pour le compte de l'UMR ABSYS et UMR AMAP dans le cadre de VITAM et du projet PIRAT (soutenu financièrement par le conseil départemental de l'Hérault).

Rédaction : Camille Béral (Agroof)

Contexte de la co-conception

Dans le cadre de l'évolution du site expérimental du domaine agroforestier de Restinclières (34), l'étude porte sur la conception des systèmes d'agroforesterie viticole des parcelles B16 et B17. Ces parcelles étaient cultivées en agroforesterie depuis 1996, avec une rotation céréalière et accueillant respectivement des alignements de cormiers et des alignements de cormiers/peupliers. En fin de cycle, la plupart des arbres ont été abattus, il demeure toutefois plusieurs cormiers.

Ces parcelles vont être cultivées en vigne par Yolène Vacher souhaitant pouvoir produire des fruits pour la diversification de son activité.

Ces parcelles ont également une vocation d'expérimentation et de démonstration puisqu'incluses sur le Domaine de Restinclières, théâtre du programme PIRAT depuis 1996, piloté par l'unité ABSYS de l'INRAE.

Le tableau suivant présente les attentes des partenaires scientifiques concernant ce nouveau dispositif, recensés lors de sollicitations individuelles puis en réunion.

Tableau 1. Liste des objectifs et des points de vigilance pour la conception du projet

	Objectifs (ordre de priorité)	Points de vigilance pour la conception
ESSENTIEL	Rôle de la diversité dans les systèmes AF	Tenir compte des traits fonctionnels des espèces d'arbres. Jouer sur la diversité des espèces
ESSENTIEL	Fertilité des sols	Jouer sur les fonctions des arbres et leur conduite. Intégrer une approche quantitative des effets.
ESSENTIEL	Production et économie	Intégrer des productions arborées. Pouvoir estimer un LER.
SECONDAIRES	Effets du microclimat sur productivité, maladies...etc. Comportement des plantiers Effets des arbres sur les maladies et ravageurs	

	Cycles du carbone et de l'eau	
--	--------------------------------------	--

Les contours de la pratique viticole ont été précisés avec Yolande et Thierry Vacher, avec échange avec les partenaires du projet. Ils sont détaillés dans le tableau 2.

Tableau 2: *Précisions et souhaits sur les ITK viticoles.*

TYPE	DÉTAILS
Caractéristiques générales des parcelles	Conduite en AB
	Commercialisation en cave coopérative
	Possibilité d'envisager des tests de couverture de sol
	Besoin d'un nombre pairs de rangs de vignes (multiple de 4 de préférence)
Caractéristiques de la parcelle	Sans appellation et non classée
	Cépage envisagé: rien de précis, Syrah, Grenache? Voir aussi cépages résistants
	Max 4 cépages différents
	Implantation en 2,25*0,8 soit 5500 pieds/ha (si hors appellation préférence 0,9 m)
Parcelles de bas fond, attention aux cépage sensibles aux maladies crypto	
Charge de travail	Très forte au printemps. Ok aux vendanges car récolte à la machine entièrement
Pratiques	Enherbement: permanent 1 rang sur 3, intercep sur le rang. Sinon labour.
	Tournières: 7 m pour le retournement, 2m pour le passage
	Pas d'irrigation
	Fumure en fonction de la récolte précédente. Apports à l'automne.
Mécanisation	Appareils de traitement: pneumatique 4 rangs. Tangentiel: 2 faces à la fois.
	Récolte à la vendangeuse
Autres points d'attention	<ul style="list-style-type: none"> Pression sanglier forte. En pourparler pour de la clôture en dur. Pour l'instant, la clôture électrique reste contraignante. Pression récente du ver de la grappe. Traitements + test de piégeage. Rendement objectif: entre 35 et 40 hecto/ha seraient satisfaisants

Caractéristiques des parcelles

Parcelle B16

- Climat méditerranéen avec température moyenne de 14°C et pluviométrie annuelle de 760mm. Vents du Nord dominants.
- Sols : Sols plutôt profonds de type fluvisol alluviaux avec pH de 8,4 à 8,6 et 2 à 4% de MO. Texture limono-sablo-argileuse avec 30% de cailloux et une RU de 150mm. Hétérogénéité de sols suivant un gradient nord-sud (sols superficiels et séchants au nord VS sols plus profonds et susceptibles à l'engorgement au sud), et un gradient est-ouest
- Nappe : en hiver 1-4 m / en été 2,5-5 m ; fluctuations importantes, avec hétérogénéité nord/sud.

Parcelle B17

- Climat méditerranéen avec température moyenne de 14°C et pluviométrie annuelle de 760mm. Vents du Nord dominants.
- Sols : Sols plutôt profonds de type fluvisol alluviaux avec pH de 8,4 à 8,6 et 2 à 4% de MO. Texture limono-sablo-argileuse avec 15% de cailloux et une RU de 200mm. Hétérogénéité de sols suivant un gradient nord-sud (sols superficiels et séchants au nord VS sols plus profonds et susceptibles à l'engorgement au sud), et un gradient est-ouest
- Nappe : en hiver 1,5 et 2,5 m / en été 2-3,5 m ; plus stables que sur la B16.
- Possibilité d'arrivée d'eau par inondations par le sud-est de la parcelle, avec risque d'érosion (proximité du Lez en contrebas sujet à débordement lors d'épisodes méditerranéens).

Atelier de co-conception organisé en mai 2024

Le 17 mai 2024, une journée de co-conception a été organisée par Agroo, l'UMR ABSYS et l'UMR AMAP. Cette journée a réuni une 27 personnes de profils variés : producteur.rices, chercheur.es, technicien.nes, conseiller.es.



Figure 1 - Photographie des quatre groupes lors de la journée de co-conception des parcelles B16 et B17 du domaine de Restinclières

Divisées en 4 groupes, ces personnes ont pu plancher sur 4 scénarios différents d'aménagements des parcelles en priorisant des objectifs et des approches et en argumentant des choix techniques et expérimentaux réalisés. L'ensemble des réflexions issus de cette journée sont disponibles au sein du livrable “CR - Journée de co-conception des parcelles B16 et B17 du domaine de restinclières”

Finalisation de la conception

Sur la base de ces scénarios, et après deux réunions de travail entre Agroof, la viticultrice et plusieurs équipes de l'INRAE du CIRAD (Absys, AMAP, ECO&SOLS, LISAH...) le projet finalisé prend la forme ci-après :

Parcelle B16

Les objectifs liés à l'agroforesterie sont les suivants :

- Améliorer l'adaptation de la vigne à la sécheresse sur des sols pouvant être asphyxiant via le choix de porte-greffe résistants aux conditions extrêmes de variations d'humidité entre des périodes très sèches et des périodes aux sols engorgés ainsi que par le microclimat généré par les arbres.
- Améliorer l'adaptation de la vigne aux aléas climatiques (excès de températures chaudes et froides) via la pratique de l'agroforesterie avec arbres de haut-jet.
- Permettre une diversification via la production d'olives pouvant être valorisée par les viticulteurs.
- Expérimenter les effets de l'ombrage d'arbres de haut jet sur les oliviers

Aménagements proposés :

- 1 cépage sur 2 porte-greffes différents. Les porte-greffes sont plantés en séquences de 12 m alternées sur le rang de vigne entre les poteaux
- Mise en place de rangs d'arbres discontinus intraparcellaires à la place de 3 rangs de vignes. Les séquences sont composées d'arbres forestiers de haut-jet et d'oliviers de production.
- Différentes densités d'arbres sont testées en jouant sur les espacements des haut jet sur le rang et les espacements entre les rangs :
 - Les rangs consistent en des oliviers espacés tous les 6m, avec la présence d'arbres de haut jet ponctuellement eux-mêmes espacés tous les 24 ou tous les 48 m. De cette manière il y a deux densités d'ombrage sur les oliviers et la vigne. Les séquences 24m et 48m sont alignées nord/sud.
 - Les rangs d'arbres sont espacés tous les 8 ou 12 rangs de vignes.
- Les arbres de haut-jet sont plantés en doublons de deux espèces différentes. L'objectif est de maximiser la probabilité d'en avoir une qui se développe bien et limiter ainsi les possibles manquants liés à la mortalité ou le sous-développement d'une espèce.



Figure 2 - Aménagements de la B16. Ne pas tenir compte des couleurs de rangs de vignes.

Choix des espèces :

- Oliviers : Point de vigilance sur le choix des variétés d'oliviers. La plupart des variétés se comporteraient mieux avec 7 m d'espacement. Il faudrait planter ici des oliviers en gobelet. Aglandau, négrette ou picholine, le choix va dépendre de la manière dont les viticulteurs entendent les valoriser (par ailleurs choix à valider avec Cécile Comble, technicienne oléicole). On pourrait rester à 6m sur ces variétés.
- Haut-jet : Doublons micocoulier de Provence/chêne pubescent plantés à 1m de distance. Possibilité de positionner ponctuellement des amandiers francs, arbres de Judée et poiriers sélection variétale bois d'œuvre (IRTA) à la place des chênes pour des aspects paysagers.
- Choix du cépage encore à faire par la viticultrice
- Choix des deux porte greffe encore à faire par la viticultrice

Parcelle B16

Les objectifs liés à l'agroforesterie sont les suivants :

- Expérimenter sur les effets des aménagements agroforestiers visant à améliorer la fertilité des sols
 - Test d'arbres fixateurs d'azote
 - Test d'apport de biomasse ligneuse
- Expérimenter les effets de l'ombrage d'arbres de haut jet sur les vignes et autres ligneux.

Aménagements proposés :

- 1 porte greffe et 2 cépages différents. Les cépages (résistants aux maladies cryptogamiques) varient par moitié d'allée cultivée.
- Mise en place de rangs d'arbres intraparcellaires à la place de 3 rangs de vignes.
- Différentes séquences sont proposées, à chaque fois alignées nord/sud, visant à tester différentes manières d'impacter la fertilité des sols :

- Des espaces témoins sans ligneux de haut jet, constituées de plantes herbacées sur 24 m, et d'arbustes bas pour la biodiversité sur 24m.
- Une séquence d'arbres de haut jet non fixateurs d'azote espacés tous les 6m soit une séquence de longueur totale de 30 m.
- Une séquence avec des arbres de haut jet espacés de 15 m avec taillis en bourrage destiné à produire une biomasse qui sera ramenée au sol tous les 4-6 ans en fonction de leur croissance soit une séquence de 30 m
- Une séquence avec taillis d'arbres fixateurs d'azote qui seraient broyées et apportées au sol tous les 7-8 ans, à avisser en fonction de leur croissance.
- Les arbres de haut jet sont plantés en doublons avec deux espèces différentes. L'objectif est de maximiser la probabilité d'en avoir une qui se développe bien et limiter ainsi les possibles manquants liés à la mortalité ou sous-développement d'une espèce.
- Les arbres de haut jet pourront être menés en trogne ce qui permettra de piloter l'ombrage sur les vignes.
-



Figure 3 - Aménagements de la B17

Choix des espèces :

- Haut-jet non fixateurs tétardisables: micocoulier de Provence/frêne oxyphylle/tilleul à feuille large, murier blanc en doublon espacées de 1 à 1,5 m. Espacements entre HJ de 3 à 6 m.
- Haut-jet non fixateurs non tétardisables: cormier (sélection ou V.Local), merisier sélection Gardeline, poirier sélection variétale bois d'œuvre (IRTA) espace 6 - 12 m
- Taillis en bourrage pour production biomasse : alternance aulne de Corse, peuplier noir (sauvage?), frêne oxyphylle, érable hybride naturel champêtre-Montpellier, paulownia tomentosa (attention caractère envahissant) implantées tous les 2 m (ou 1 m selon rotations).

- Cépées fixatrices d'azote : aulnes de Corse, Cytise faux ébénier (graines toxiques)
- Arbustes biodiversité des séquences témoin : sous-arbrisseaux (à définir) et arbrisseaux fixateurs (coronille des jardin, coronille glauca-valentina, baguenaudier, spartier (trop envahissant?)...etc.)
- Choix du cépage encore à faire par la viticultrice
- Choix des deux porte greffe encore à faire par la viticultrice

Livrable : Le compte rendu de cette co-conception est disponible à l'adresse suivante :
<https://vitam.projet-agroforesterie.net/livrables.html>

Action 4 – Diffusion

Un site web de VITAM présente l'ensemble des actions du projet et donne accès aux livrables.

<https://vitam.projet-agroforesterie.net/projet.html>

Une webinaire de restitution est disponible en ligne.

<https://vitam.projet-agroforesterie.net/participer.html>

Articles dans la presse viticole :

- Article publié en janvier 2023 dans le magazine des côtes du Rhône et du sud-est pour présenter le projet et les tous premiers résultats.
- Article publié en février 2025 dans le magazine Le Vigneron présentant les principaux résultats finaux.

Références bibliographiques

- Amiot R., Nefti O., Keichinger O., Metral R., Thiollet-Scholtus M., Ley L., Arcens C., et Deliere L. 2024. La résistance variétale au mildiou et à l'oïdium permet-elle de mettre en oeuvre des systèmes viticoles innovants multi-performants à très bas niveau d'intrants ? *Innovations Agronomiques*. 98, p. 87-105.
- BÉGUIN, J. M., 1972. Observations sur le rôle des brise-vent. *Fruits* [en ligne]. 1 janvier 1972. Vol. 27, n° 11, pp. 745-764. [Consulté le 23 mars 2022]. Disponible à l'adresse : <https://revues.cirad.fr/index.php/fruits/article/view/33837>
- Brunet, N., Guichard, L., Omon, B., Pingault, N., Pley-Ber, E., & Seiler, A. (2008). L'indicateur de fréquence de traitements (IFT) : Un indicateur pour une utilisation durable des pesticides. *Le Courrier de l'environnement de l'INRA*, 56(56), 131
- Cardinael, R., T. Chevallier, A. Cambou, C. Béral, B. G. Barthès, C. Dupraz, C. Durand, E. Kouakoua, and C. Chenu. 2017. "Increased soil organic carbon stocks under agroforestry: A survey of six different sites in France." *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 236: 243–255. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.12.011>.
- CLEUGH, H. A., 1998. Effects of windbreaks on airflow, microclimates and crop yields. *Agroforestry Systems* (Netherlands) [en ligne]. 1998. Vol. 41, n° 1, pp. 55-84. [Consulté le 21 mars 2023]. Disponible à l'adresse : https://www.researchgate.net/publication/226203416_Effects_of_windbreaks_on_airflow_micro_climates_and_crop_yields
- Gosme M, Delmotte S, Grimaldi J, Trambouze W (2019) Diachronic study of the effect of growing trees on grapevine yield: 24 years of experience in the South of France. In: 4th World Congress on Agroforestry. Montpellier, France
- Hamiti, N., & van Kempen, P. (2017). *Coûts des Opérations Culturales 2017 des Matériels Agricoles*. APCA - Chambres d'agriculture France. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjFpcTa3LOBAxU9daQEhfMjCm8QFnoECAgQAO&url=https%3A%2F%2Fchambres-agriculture.fr%2Ffileadmin%2Fuser_upload%2FNational%2FFAL_commun%2Fpublications%2FNational%2FEdition_CO.C_2017_cout_materiel_MO_VF.pdf&usg=AOvVaw3VtigxO7aG13Udm-cCQFde&opi=89978449
- Martin-Chave, A., C. Béral, C. Mazzia, and Y. Capowiez. 2019. "Agroforestry impacts the seasonal and diurnal activity of dominant predatory arthropods in organic vegetable crops." *Agroforest Syst*, 93 (6): 2067–2083. <https://doi.org/10.1007/s10457-018-0309-4>.
- Meier, Uwe: Growth stages of mono- and dicotyledonous plants = Entwicklungsstadien mono- und dikotyler Pflanzen = Estadios de las plantas mono- y dicotiledóneas = Stades phénologiques des mono- et dicotylédones cultivées. Berlin [u.a.] 1997. Blackwell.
- Grimaldi, J., R. Fieuza, C. Pelletier, V. Bustillo, T. Houet, and D. Sheeren. n.d. "Microclimate patterns in an agroforestry intercropped vineyard: First results." 22

Olivier, Jean-Marc. 2008. Synthèse des actions menées au cours des 11ème et 12ème Contrats de Plan Etat-Région : Trufficulture et expérimentations en France. Paris : Fédération française des trufficulteurs. 70p.

Site de Montpellier : <https://ecophytopic.fr/depphy/concevoir-son-système/site-live-salsa-domaine-du-chapitre>

Système AViti / Système Dviti : <https://ecophytopic.fr/depphy/conception-de-système-de-culture/système-aviti-live-salsa-domaine-du-chapitre>

<https://ecophytopic.fr/depphy/conception-de-système-de-culture/système-dviti-live-salsa-domaine-du-chapitre>

Tabary L., D. Navia, R. Steele, Martial Douin, M.-S. Tixier. Impact of agroecological practices on Phytoseiidae communities in a vineyard of South of France: effect of covercrops and agroforestry. *Experimental and Applied Acarology*, 2024, 93, pp.369-395. ([10.1007/s10493-024-00938-z](https://doi.org/10.1007/s10493-024-00938-z)). ([hal-04627578](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04627578))

Tabary L., 2025. Effet de la diversification végétale sur la multifonctionnalité des vignobles, avec les acariens prédateurs Phytoseiidae comme modèle d'étude. Thèse.

Van Leeuwen, C., and P. Darriet. 2016. “The Impact of Climate Change on Viticulture and Wine Quality.” *J Wine Econ*, 11 (1): 150–167. <https://doi.org/10.1017/jwe.2015.21>.

Annexes

Annexe 1 - Résultats d'analyse de qualité des baies (analyses réalisées par l'ICV)

SITES	MODALITES	Degré d'alcool probable	Concentration en sucres (g/L)			Acidité totale (g H ₂ SO ₄ / L)	Surces /acides PH	Indice malique (g/L)	Acide tartrique (g/L)	Potassium (g/L)	ACD_AMINE (mg/L)	Ammoniaque (mg/L)	Azote assimilable (mg/L)	Teneur en anthocyanes facilement extractibles (mg/l)	Teneur en anthocyanes totale (mg/l)	Indice des polyphénols totaux
		(%VOL)														
BEAUVOISIN	C1	12,9	226,5	1,9	119,2	4,1	0,0	4,6	3,3	89,0	58,0	147,0				
	C3	11,9	208,1	2,1	99,6	4,0	0,0	5,5	3,1	110,7	60,0	170,7	895,3	1222,3	63,8	
	C5	11,6	202,8	3,1	65,8	3,9	0,0	5,5	2,8	102,7	72,7	175,3	795,7	1215,3	54,9	
	CT	11,9	207,2	3,1	68,0	3,9	0,2	5,8	2,7	75,0	69,7	144,7	805,7	1408,7	58,3	
	D1	12,0	210,3	3,0	69,5	3,9	0,2	5,5	2,8	90,0	79,3	169,3	788,3	1242,7	61,3	
	D3	12,0	210,0	3,1	67,6	4,0	0,1	5,4	2,9	96,0	83,0	179,0	786,7	1299,7	56,5	
	D5	12,0	209,8	3,1	68,9	3,9	0,2	5,4	2,7	98,0	79,3	177,3	823,3	1377,0	61,1	
	DT	12,2	212,6	2,9	73,7	3,9	0,4	5,8	2,8	80,7	70,3	151,0	752,0	1054,0	61,6	
ORANGE	R1	13,4		2,4	3,6			7,3	1,8		69,3	186,7				
	R11	13,9		2,5	3,5			6,4	1,6		88,0	198,3				
	R3	13,0		3,2	3,4			8,1	1,5		72,3	150,0				
MIRABEL	E1	12,6	220,0	4,3	51,9	3,4	1,5	7,5	1,8	72,3	66,0	138,3	773,3	1539,0	49,6	
	E3	11,8	206,2	4,6	44,9	3,3	2,0	7,4	1,7	80,7	75,0	155,7	645,3	1197,7	44,1	
	E6	11,8	206,2	4,7	43,7	3,3	2,3	7,3	1,8	92,7	75,3	168,0	710,7	1320,0	46,9	
	O1	11,8	207,0	4,8	43,1	3,3	2,3	7,2	1,7	72,3	61,3	133,7	806,3	1606,3	49,6	
	O2	11,5	201,6	4,7	43,2	3,3	2,2	7,2	1,6	75,7	79,7	155,3	694,0	1284,0	45,4	
	O10	11,8	206,7	5,0	41,1	3,3	2,6	7,5	1,7	81,7	69,0	150,7	711,0	1353,0	46,3	
VAUVERT	R1	13,0	226,7	2,7	84,4	3,6	0,6	5,7	1,9	56,0	44,3	100,3	847,3	1502,7	69,5	
	R3	13,1	230,4	2,5	90,6	3,7	0,6	5,5	1,9	80,7	52,3	133,0	725,0	1175,0	70,9	
	R5	12,7	222,0	2,6	85,2	3,6	0,7	5,5	1,8	75,0	52,3	127,3	669,0	1032,3	64,3	
	R12	12,8	223,6	2,6	85,3	3,6	0,8	5,3	1,8	63,7	36,0	99,7	650,7	1036,3	64,9	
	RT	12,7	221,9	3,0	73,2	3,6	0,9	5,9	1,8	69,7	57,0	126,7	755,3	1278,3	69,2	