

*Communication au colloque de la SFER à l'ESA d'Angers, 6-7 juin 2024*

## **Coupler innovation technique, dans l'agroéquipement et d'organisation du travail pour arrêter l'usage du glyphosate : le cas des vignes en pente**

Priscila Duarte Malanski<sup>1</sup>, Bruno Chauvel<sup>2</sup>, Annabelle Revel<sup>3</sup>, Marie Thiollet-Scholtus<sup>1</sup>, Chloé Salembier<sup>4</sup>

- 1- INRAE, Université de Lorraine, UMR LAE, 68000, Colmar, France
- 2- INRAE, Institut Agro, Univ. Bourgogne, Univ. Bourgogne-Franche-Comté, UMR Agroécologie, 21000 Dijon, France
- 3- FNCUMA, Paris, France
- 4- INRAE, AgroParisTech, Université Paris Saclay, UMR SADAPT, 91120, Palaiseau, France

### **Résumé**

Actuellement l'arrêt de l'usage du glyphosate fait l'objet d'une controverse entre les acteurs du secteur agricole. Des situations comme les vignes en pente constituent des « impasses » à la suppression de l'usage de cette molécule, dû à l'augmentation des coûts de production liés au travail et à la mécanisation des interventions de désherbage. Dans cette étude nous avons exploré des stratégies originales développées par des viticulteurs qui parviennent à gérer les adventices et les couverts végétaux sans glyphosate dans ces situations qualifiées d'impasse (vigne en pente). La méthode de traque d'innovations a été utilisée pour identifier des cas. Nous avons réalisé des entretiens semi-directifs auprès de neuf viticulteurs. Nos résultats ont montré que des innovations techniques pour la gestion des adventices et du couvert végétal ont été mises en œuvre grâce au couplage à des innovations d'agroéquipements et dans l'organisation du travail. Trois types d'innovations couplées ont été identifiées en vigne en pente, elles se discriminent selon les logiques d'action des viticulteurs concernant la gestion des adventices et du couvert végétal. Nos résultats ont contribué à la caractérisation de faits techniques liés à l'organisation du travail qui peuvent inspirer des viticulteurs souhaitant réduire l'usage du glyphosate.

Mots-clés : innovation couplée, traque d'innovation, viticulture, adventice, couvert végétal.

### **Introduction**

Actuellement l'arrêt de l'usage du glyphosate (substance active herbicide non sélective) fait l'objet d'une controverse entre les acteurs du secteur agricole : faut-il réglementer son usage, dans quelles situations ? Alors que cette molécule est la plus utilisée au monde et représente 33% des herbicides utilisés en Europe (Antier et al. 2020), en novembre 2023 l'Union européenne a pris la décision de prolonger son autorisation de mise sur marché pour 10 années (Union européenne, 2023).

Des 'alternatives techniques' pour gérer les couverts végétaux et adventices sans glyphosate sont connues. Certains acteurs de la R&D considèrent cependant que des situations comme les vignes en pente constituent des « impasses » à la suppression de l'usage de cette molécule (Reboud et al., 2017 ; Anses, 2020 ; Jacquet et al., 2021; Fogliatto et al., 2020 ; Carlos et al., 2022). Les arguments avancés pour qualifier ces impasses sont l'augmentation des coûts de production due à l'accroissement du temps de travail et de la demande de main d'œuvre pour réaliser les interventions de désherbage, l'investissement et l'entretien dans des agroéquipements, l'augmentation de l'utilisation de fioul et le risque lié aux interventions dans les parcelles en pente.

En viticulture, les travaux sur la gestion des adventices et des couverts végétaux sans herbicide ont à ce jour principalement porté sur l'étude d'alternatives focalisées sur le rang de vigne ou dans l'inter-rang pour réduire les impacts environnementaux liés à l'épandage de pesticides tout en maintenant les performances de la vigne (Cabrera-Pérez et al., 2023 ; Guerra et al., 2022 ; Steenwerth et al., 2016). Ces études consistent en des leviers analytiques (ex. implantation d'un couvert, désherbage mécanique) et ont été conçues sans considérer les enjeux spécifiques de la pente, ainsi que les enjeux socio-économiques en découlant (travail, carburant, etc.).

Les quelques travaux sur la viticulture en pente et en terrasse, notamment dans la communauté « Mountain and Steep slopes Viticulture », identifient la réduction des produits phytopharmaceutiques comme un front de recherche, mais encore peu d'alternatives de mode d'entretien du sol pour gérer les espèces adventices et les couverts végétaux sans herbicide sont identifiés (Seufert, 2022 ; Carlos et al., 2022 ; Pornaro et al., 2022 Monteiro et al., 2008). Des freins liés à l'impact des couverts végétaux sur les performances de la vigne s'ajoutent à ces difficultés techniques (Cabrera-Pérez et al., 2023 ; Lopes et al., 2011). D'une part, les couverts végétaux peuvent être en compétition avec la vigne pour l'eau et/ou pour l'azote et ainsi avoir un impact négatif sur les performances agronomiques quantitatives, comme une baisse de rendement pouvant aller jusqu'à 40% (Ruiz-Colmenero et al., 2011) et ou qualitative en dégradant la qualité des baies à la vendange (Ripoche et al., 2011).

Dans une parcelle viticole, la pente rend également difficiles les conditions de travail. Le temps de travail, la pénibilité du travail et les risques d'accident pour le tractoriste sont liés au manque d'agroéquipements adaptés aux conditions de dénivelé du terrain (Reboud et al., 2017, Seufert, 2022 ; Wyler et al., 2023). Ainsi, les difficultés de la suppression du glyphosate sont multifactorielles et requièrent des leviers systémiques adaptés aux situations dites d'impasse.

Dans cette étude nous proposons d'explorer des stratégies originales développées par des viticulteurs qui parviennent à gérer les adventices et les couverts végétaux sans glyphosate dans ces situations qualifiées d'impasse (vigne en pente). Nos questions de recherche sont les suivantes : (i) quelles innovations techniques et quelle organisation du travail les viticulteurs ont-ils mis au point pour arrêter l'usage du glyphosate ? (ii) quelles sont les logiques des agriculteurs qui mettent en œuvre ces innovations dans leurs situations ? Notre objectif est de produire des connaissances sur ces innovations situées, couplant techniques et organisation du travail, pour soutenir la conception d'innovation dans d'autres situations.

Dans la suite de cet article, nous présentons les concepts clés mobilisés pour analyser ces innovations et la démarche mobilisée pour identifier et analyser nos cas d'étude. Les résultats présentent les caractéristiques et les types d'innovations couplées selon les logiques de gestion de la couverture végétale. Nous discutons ensuite l'importance de développer des recherches sur des leviers systémiques pour ouvrir les champs de possibles et lever des freins techniques et socio-économiques à la suppression de l'usage du glyphosate.

## **1- Cadrage conceptuel pour appréhender les innovations**

Le cadre conceptuel que nous mobilisons, s'appuie sur six concepts complémentaires : innovation couplée, logique d'action, système de culture, itinéraire technique, agroéquipements et organisation du travail.

Le concept d'innovation couplée (Meynard et al., 2017; Boulestreau et al., 2022; Salembier et al., 2021; Leclère et al., en production) désigne la coordination de processus d'innovation, conduisant à des nouveautés de différentes natures (techniques, technologiques, organisationnelles, réglementaires, institutionnelles, ...) et qui sont généralement appréhendés indépendamment et portés par des acteurs différents. Le couplage de différentes innovations peut permettre de résoudre un problème complexe, de lever des verrous de nature systémique et/ou d'envisager et d'explorer différemment des alternatives à un système en place. Ce concept est notamment mobilisé pour étudier les relations systémiques entre des objets innovants pour comprendre les logiques et les effets de leurs couplages (Boulestreau et al., 2022).

Le concept de logique d'action (Meynard et al., 2017; Boulestreau et al., 2022; Salembier et al., 2021; Leclère et al., en production), en complément, offre des prises, pour étudier ces logiques et effets en éclairant, du point de vue des agriculteurs: les raisons de la mise en œuvre d'une innovation, les conditions de son développement et de son efficacité, l'évaluation - du point de vue de celui/celle qui la met en œuvre - de son efficacité et de ses effets, et les interprétations de l'agriculteur concernant son fonctionnement dans sa situation et pour aboutir aux résultats attendus (Salembier et al., 2021).

Dans ce travail, nous nous intéressons aux couplages entre trois innovations de natures différentes que nous captions en mobilisant les concepts de systèmes de culture et d'itinéraire technique (Sebillotte, 1974, 1990; Zandstra et al., 1979), d'agroéquipement et d'organisation du travail sont mobilisés (Lucas et al. 2018; Capitaine et al., 2008; Dedieu et al., 2006 ; Madelrieux et Dedieu, 2012, Cournut et al., 2018).

La logique de déploiement de l'innovation couplée s'inscrit dans un système de culture i.e. ensemble des modalités techniques mises en œuvre sur des parcelles cultivées de manière identique (Sebillotte, 1974, 1990). La gestion des adventices et du couvert végétal mise en place par le viticulteur est appréhendé par le concept d'itinéraire technique c'est à dire une "combinaison logique et ordonnée de techniques qui permettent de contrôler le milieu et d'en tirer une production donnée » (Sebillotte, 1974). Pour mettre en œuvre l'itinéraire technique, le viticulteur doit définir l'organisation du travail i.e. combinaisons entre tâches, travailleurs,

agroéquipements qui s'enchaînent dans le temps (Dedieu et al., 2006 ; Madelrieux et Dedieu, 2012, Cournut et al., 2018).

## **2- Méthodologie**

### **2-1- La traque aux innovations couplées en viticulture en pente ou en terrasse**

Nous avons adapté les étapes de la méthode de traque aux innovations (Salembier et al., 2016, 2021) au cas de l'étude d'innovations couplées pour gérer sans glyphosate, les adventices et couverts végétaux en viticulture en pente.

**Étape 1 – Définir un projet de traque aux innovations.** Nous avons considéré comme “innovants” les techniques, équipements et les leviers d'organisation du travail qui sont peu étudiés dans la littérature et qui, combinées, permettent aux viticulteurs de gérer les adventices et couverts sans glyphosate. Les situations de viticulture sur des pentes supérieures à 5% ou en terrasse ont été prises en compte. La traque aux innovations et l'analyse des cas a été réalisée à l'échelle France, de mai 2022 à juin 2023.

**Étape 2 – Repérer et sélectionner des innovations.** L'identification des innovations couplées développées par des viticulteurs a été réalisée par l'exploration de (i) la plateforme R&D agricole française (<https://rd-agri.fr/>), (ii) deux bases de données de projets de recherche viticoles sur innovation et réduction de pesticides, (iii) la presse agricole spécialisée dans l'agroéquipement (revue Entraid') et (iv) entretiens avec des conseillers. Des 16 groupes identifiés, neuf viticulteurs ont été enquêtés.

**Étape 3 – Collecte de données sur les innovations.** Nous avons réalisé des entretiens compréhensifs auprès des viticulteurs, qui ont duré de 1h30 à 2h, ainsi que des observations des parcelles et des agroéquipements utilisés. Les entretiens ont abordé les sujets suivants :

- Caractéristiques des situations d'action : description de la parcelle (ex. type de sol, type de pente, agencement des vignes, type des adventices et du couvert végétal).
- Caractéristiques des innovations techniques et d'organisation du travail : description des interventions sur les parcelles pour gérer les adventices et le couvert végétal (ex. nombre d'interventions, agroéquipement utilisé, leurs caractéristiques, qui réalise les interventions).
- Caractérisation des logiques d'action : description des logiques d'action, de leurs raisons d'être et de l'analyse des résultats de leur mise en œuvre par le viticulteur (ex. conditions de mise en œuvre des interventions, les motifs pour le faire).

**Étape 4 – Analyse des données.** L'analyse s'est déroulée en deux temps, avec une analyse individuelle des cas, puis une analyse transversale entre cas. L'analyse individuelle a été faite sous forme de récits (Ryschawy et al., 2021), qui ont été élaborés à partir des entretiens retranscrits et leur codage thématique (Blais and Martineau, 2006; Elo and Kyngäs, 2008). L'objectif était de reconstruire les interactions systémiques entre les innovations et de rendre compte des logiques d'action des viticulteurs dans leur situation. Les récits sont organisés en

trois axes : 1) le système technique – description de l’itinéraire technique de gestion des adventices et du couvert végétal ; 2) les agroéquipements – leur caractéristiques, formes d’usage et action sur les adventices ou le couvert végétal ont été décrites ; 3) l’organisation du travail – description des formes d’organisation permettant de mettre en œuvre l’itinéraire technique (qui fait quoi, quand et comment) ; 4) l’innovation couplée - les interactions entre le système technique, les agroéquipements et l’organisation du travail ont été analysées selon les logiques d’action des viticulteurs pour gérer les adventices et le couvert végétal sans glyphosate en situation de viticulture en pente ou en terrasse. Pour mener cette analyse, nous nous sommes appuyés sur des connaissances sur la biologie des adventices (Mamarot et Rodriguez, 2011 ; Infloweb, 2023) pour mettre en perspective les observations des viticulteurs avec des modélisations connues de l’évolution des différentes espèces (dicotylédones, monocotylédones, vivaces ou annuelles). Nous avons également mis au point des représentations visuelles des interactions entre les innovations dans les situations concernées. Puis, l’analyse transversale des cas nous a permis de construire des typologies d’objets innovants et d’innovations couplées selon ressemblances et dissemblances entre logiques d’action des viticulteurs dans leurs situations (Girard et al., 2001).

## **2-2- Description des exploitations viticoles**

Les neuf exploitations viticoles (V) étudiées sont localisées dans les Landes (V1), les Pyrénées Orientales (V2), la Marne (V9), le Haut-Rhin (V6, V7, V8) et le Bas-Rhin (V3, V4, V5). La taille des exploitations varie de 3 ha à 150 ha. Les plus grandes sont diversifiées (grandes cultures et/ou élevage bovin) et la taille des parcelles viticoles est comprise entre 8 ha et 22 ha (V1, V2, V5), tandis que pour les exploitations spécialisées, la taille variait entre 3 ha et 18 ha. Les parcelles ont été caractérisées par des pentes à 20%, 30% ou 40%, y compris des terrasses (V2 et V4 – pente de 40%).

Aucun viticulteur de notre échantillon n’utilise le glyphosate dans les parcelles focalisées dans les entretiens. Les viticulteurs ont choisi d’acquérir des équipements pour la gestion des couverts végétaux et des adventices entre et sous les rangs. Quatre viticulteurs utilisaient également la traction animale et/ou des équipements manuels (V2, V7, V8, V9).

La principale main-d’œuvre utilisée pour la gestion de la vigne tout au long de l’année était fournie par le viticulteur lui-même (V3, V4, V6, V7), les membres de la famille (V2, V5), ou des employés permanents (V1, V8). De plus, trois viticulteurs ont eu recours soit à une entreprise de travaux agricoles (V7), soit à des salariés partagés en CUMA (Coopératives d’Utilisation de Matériel Agricole) (V1, V9) pour déléguer une partie ou la totalité de la gestion des adventices au printemps/été. Des travailleurs saisonniers sont embauchés exclusivement pour les vendanges.

## **3- Résultats**

### 3-1- Des innovations techniques pour gérer la couverture végétale sans glyphosate

L'innovation technique concerne la mécanisation des tâches de gestion des adventices et du couvert végétal. Les techniques utilisées par les viticulteurs sont le travail du sol, le désherbage mécanique et la destruction mécanique du couvert végétal. Tous les viticulteurs ont supprimé l'usage du glyphosate dans les parcelles étudiées, en pente ou en terrasse.

Quatre types d'innovations techniques ont été développées par les viticulteurs. Les innovations techniques basées sur la mécanisation concernent trois types. Le premier concerne la structure de l'agroéquipement et les autres concernent l'usage des agroéquipements. Pour la première forme, les viticulteurs ont développé des nouveaux agroéquipements adaptés à la situation de vigne en pente et en terrasse. En effet, les agroéquipements disponibles sur le marché ne sont pas adaptés au désherbage mécanique en terrasse car les agroéquipements ne désherbent qu'un seul côté du rang à la fois. Deux viticulteurs (V2 et V4) ont autoconstruit des agroéquipements afin de mécaniser le désherbage intercep en terrasse. Les agroéquipements peuvent désherber à travers le fauchage des adventices (action sur les parties aériennes de l'adventice) ou par le travail du sol (actions sur les organes de réserve souterrains de l'adventice). L'autoconstruction de l'enjambeur pour travailler le sol a été autoconstruit individuellement par le viticulteur V4. La faucheuse intercep a été autoconstruite de façon collective. Le viticulteur V2 fait partie d'une CUMA, qui est accompagnée par une association spécialisée dans l'auto-construction d'agroéquipements par des agriculteurs. Ils ont également autoconstruit un semoir à disque et à dents pour le semis du couvert végétal en pente et en terrasse. Les semoirs sont composés des pièces assemblées disponibles sur le marché et d'un rouleau totalement autoconstruit pour niveler le sol.

Le deuxième type d'innovation technique concerne l'utilisation d'agroéquipements adaptés à différentes situations d'usage afin de répondre à un besoin spécifique de gestion de la couverture végétale. En viticulture, l'épampreuse est généralement utilisée pour enlever les nouvelles pousses du pied de vigne (les pampres). Néanmoins, quatre viticulteurs (V2, V4, V5, V6) utilisent cet agroéquipement pour désherber autour du pied de vigne quand les adventices ont environ 50cm de hauteur. Attribuer un nouvel usage à l'épampreuse permet de substituer le désherbage chimique avec glyphosate par le désherbage mécanique.

Le troisième type d'innovation technique est caractérisé par l'usage combiné d'agroéquipements pour réaliser le désherbage sous la vigne ou pour réaliser la gestion du couvert végétal dans l'inter-rang conjointement à la gestion des adventices sous la vigne. Ceci permet de simplifier l'itinéraire technique à travers la limitation du nombre d'interventions mécaniques suite à l'arrêt du glyphosate. Cinq viticulteurs combinent des agroéquipements pour gérer la couverture végétale (V1, V3, V5, V6, V7). Par exemple, le viticulteur V1 combine le disque émotteur et l'étoile bineuse pour désherber l'intégralité de la zone sous la vigne. Le viticulteur V5 combine le rouleau hacheur et le disque émotteur pour détruire le couvert végétal dans l'inter-rang et désherber sous la vigne. Néanmoins, la combinaison d'agroéquipements est soumise à des conditions de compatibilité entre eux, comme la vitesse de travail.

Le quatrième type d'innovation concerne la conception d'un couvert végétal permanent avec des espèces sauvages et locales (V8). L'objectif est d'utiliser des espèces locales car plus adaptées aux conditions pédoclimatiques locales tout en limitant le nombre d'interventions de fauchage.

### **3-2- Des innovations d'organisation du travail pour gérer la couverture végétale sans glyphosate**

L'innovation d'organisation du travail est caractérisée par le partage d'agroéquipements et trois formes d'arrangements entre tâches et travailleurs, qu'ils soient familiaux ou non.

La première innovation est le partage d'agroéquipements entre viticulteurs. Ceci permet aux viticulteurs d'avoir accès à divers types d'agroéquipements pour mettre en œuvre leurs itinéraires techniques de gestion de la couverture végétale sans glyphosate (travail de sol, de semis des couverts végétaux, désherbage mécanique). Tous les viticulteurs sont concernés. Le partage peut se faire à travers le réseau personnel (voisin) ou professionnel (CUMA).

La deuxième innovation est la délégation du désherbage mécanique à des salariés (V1, V8, V9). Les salariés permanents ou temporaires employés par un collectif de viticulteurs (CUMA ou groupement d'employeurs) sont spécialisés. Ils réalisent l'intégralité ou une partie des interventions de désherbage mécanique au cours du cycle productif de la vigne. Par exemple, le viticulteur V9 délégué toutes les tâches de désherbage à deux salariés partagés en CUMA, dont un salarié permanent et un salarié temporaire pour gérer l'augmentation de la charge de travail dû à des interventions fréquents de désherbage pendant le cycle de croissance végétative de la vigne (mars à juin). Alors que les salariés permanents employés individuellement par les viticulteurs sont polyvalents. Ils réalisent tous types de tâches pendant le cycle productif de la vigne de la taille aux vendanges, y compris la gestion de la couverture végétale et la protection de la vigne.

La troisième innovation est l'externalisation du désherbage à un prestataire de service. Le viticulteur V7 délègue le désherbage de la vigne à un prestataire spécialisé dans le désherbage avec un cheval de trait dans des parcelles où le désherbage mécanique ne peut pas être fait car les inter-rangs sont trop étroits.

La quatrième innovation est la combinaison de différentes tâches en une seule intervention. L'objectif est de limiter le temps de travail et le coût de déplacement dû à la multiplication d'interventions de désherbage mécanique suite à l'arrêt du glyphosate, surtout quand les parcelles sont dispersées. Cette innovation a été mise en œuvre grâce au couplage à l'innovation technique concernant l'usage combiné d'agroéquipements. Les tâches combinées de gestion du couvert végétal et de désherbage mécanique sont réalisées par les viticulteurs eux-mêmes ou sont déléguées à des salariés, ou encore externalisées à des prestataires de service.

### **3-3- Trois types d'innovations couplées pour gérer la couverture végétale sans glyphosate**

***Type 1. « Gestion en pente modérée par des interventions répétées à l'aide d'un panel d'équipements partagés pour contrôler les adventices (vivaces) » (5 cas)***

La viticulture est l'unique production sur les cinq exploitations concernées. Les vignes sont implantées dans différents types de sol (sableux-granitique ou argilo-calcaire) et dans le sens de la pente. La pente est de modérée (20%) à forte (30%), ce qui permet des interventions de désherbage mécanique.

La logique d'action des viticulteurs pour gérer les adventices est caractérisée par un travail du sol fréquent pendant tout le cycle de la vigne. L'objectif est de maîtriser principalement les adventices vivaces par : 1) l'épuisement des organes de réserve (rhizomes, drageons, racines) racines à travers les nombreuses et fréquentes interventions ; 2) la dessiccation de ces organes par leur exposition au soleil. Trois espèces adventices vivaces sont identifiées comme problématiques par les viticulteurs : 1) chiendent (*Elytrigia repens*) ; 2) liseron (*Convolvulus arvensis*) ; 3) chardon (*Cirsium arvense*).

Dans les cinq cas, les parcelles viticoles sont gérées selon trois zones distinctes : l'inter-rang 1, l'inter-rang 2 et sous la vigne. La gestion des adventices dans l'inter-rang est caractérisée par : 1) l'enherbement permanent de l'inter-rang 1, composé soit d'espèces spontanées, ou par le mélange de graminées semées (par ex. *Lolium* sp., *Festuca* sp., *Poa* sp.) ; 2) le couvert végétal de l'inter-rang 2, qui est composé par des mélanges d'espèces, notamment légumineuses, graminées et crucifères. Le semis est réalisé suite au travail superficiel du sol (i.e. 3-5cm), lors du début de la période de dormance hivernale de la vigne (e.g. octobre ou novembre). Le travail du sol avec un agroéquipement à disques ou à dents conditionne la réussite de l'implantation de l'herbe ou du couvert végétal dans l'inter-rang et permet aussi indirectement de limiter la présence d'adventices sous le rang.

L'enherbement permanent et les adventices sont régulés par le fauchage avec des outils dédiés au fauchage (i.e. gyrobroyeur et rotofil) et/ou avec un outil dont l'usage a été détourné pour le fauchage, comme le broyeur à sarments (innovation d'agroéquipement type 1). Tandis que le couvert végétal est détruit soit par le fauchage avec gyrobroyeur, soit par une ou deux roulages avec rouleau hacheur. La méthode de destruction du couvert dépend de trois facteurs : 1) la vigueur de la vigne – roulage si vigne vigoureuse ou fauchage si vigne non-vigoureuse ; 2) la synchronisation entre la maturation du couvert végétal et le débourrement de la vigne – fauchage si couvert pas développé ou floraison avant débourrement, ou roulage si floraison en même temps que le débourrement ; 3) l'humidité du sol – fauchage si sol trop humide ou trop sec et roulage dans sol ressuyé. C'est le cas du viticulteur V8, qui utilise deux méthodes de destruction du couvert végétal. Deux viticulteurs (V5 et V8) combinent le roulage du couvert végétal par le rouleau hacheur dans l'inter-rang avec le désherbage mécanique par disques sous la vigne (innovation d'agroéquipement type 2).

Les vignobles avec inter-rang large (1,80 m à 2,50 m ; V3, V5, V8) utilisent le tracteur comme moyen de traction des agroéquipements. Il s'agit de leur propre tracteur, à l'exception du viticulteur V5 qui partage le tracteur avec son voisin (innovation d'organisation du travail). Néanmoins, dans les vignobles avec inter-rang étroit (0,70 m à 1,30 m) où le tracteur ne peut pas accéder à la parcelle, d'autres moyens sont utilisés grâce à l'action collective. Le viticulteur V9 recourt à un chenillard conduit par un salarié, l'agroéquipement et le travail sont partagés entre huit viticulteurs en coopérative (innovation d'organisation du travail). Le viticulteur V7 fait appel à un prestataire de service spécialisé dans le désherbage avec un cheval à trait (innovation d'organisation du travail).

La gestion des adventices sous la vigne est caractérisée par le désherbage mécanique, principalement à travers le travail du sol. Différents agroéquipements sont utilisés pour gérer l'enherbement sur différentes zones sous la vigne : 1) disque à axe horizontal (crénéle et émotteur) : travail du sol entre 5cm et 10cm de profondeur, l'outil longe et délimite le bord extérieur de la zone sous la vigne ; 2) disque à axe vertical (étoile bineuse) : travail du sol

jusqu'à 2cm de profondeur, l'outil s'approche du cep de vigne ; 3) lame intercep : travail du sol à environ 5cm de profondeur, l'outil passe sur la largeur entre le bord extérieur de la zone sous la vigne et le cep de vigne. Le passage alterné de ces outils (disque à l'axe horizontal puis lame intercep) ou le passage combiné (disque à l'axe horizontal et vertical) permet que leurs zones de désherbage sous la vigne soient complémentaires.

L'innovation d'organisation du travail est centrale dans la mise en œuvre du désherbage mécanique. Le partage d'agroéquipements de désherbage sous la vigne permet aux viticulteurs d'accéder à divers types d'agroéquipements, ce qui favorise la suppression du glyphosate.

***Type 2. « Gestion en forte pente par des interventions ponctuelles avec agroéquipements combinés pour contrôler les adventices (graminées) (2 cas) »***

La viticulture n'est pas l'unique activité des deux viticulteurs de ce type, l'un est pluriactif (pompier) et l'autre viticulteur a une exploitation diversifiée (élevage, grandes cultures, viticulture). Les vignes sont implantées sur de fortes pentes (30%) et dans le sens du dévers. Le sol est caillouteux et argileux (argilo calcaire ou argilo limoneux), ce qui rend difficile le désherbage mécanique par travail du sol.

La logique d'action des viticulteurs concernant la gestion des adventices est caractérisée par l'absence du travail du sol dans l'inter-rang et des interventions ponctuelles de travail du sol sous la vigne pendant la période de croissance végétative de la vigne (mars à juin). L'objectif est de maîtriser les adventices graminées capables de germer toute l'année, principalement le chiendent (*Elytrigia repens*) et le raygrass (*Lolium sp.*).

Les viticulteurs utilisent deux leviers principaux pour la gestion des adventices, surtout des graminées : 1) éviter la levée des adventices par l'absence du travail du sol, ce qui évite la fragmentation et la dispersion des organes reproductifs des vivaces comme le chiendent et la levée de la dormance des semences de raygrass ; 2) épuiser les réserves des organes souterrains à travers des interventions ponctuelles et ciblées lorsque ces réserves sont plus faibles ou lorsque le raygrass est en pic de levée.

Le système technique est structuré par deux zones dans les parcelles : l'inter-rang et sous la vigne. La gestion des adventices dans la zone de l'inter-rang est caractérisée par un enherbement permanent composé par des espèces spontanées et/ou par le couvert végétal (mélanges d'espèces, notamment graminées, légumineuses et crucifères). Le semis du couvert végétal est fait par semis direct et deux conditions sont nécessaires pour sa réussite : 1) la coupe des parties aériennes de la couverture végétale déjà présente avec un broyeur à sarments pour que les débris végétaux n'obstruent pas le passage des dents du semoir ; 2) augmenter la densité de semis afin de favoriser l'installation du couvert végétal face à la concurrence des adventices.

Le couvert végétal est détruit soit par le fauchage avec gyrobroyeur, soit par un ou deux roulages avec rouleau hacheur. Tandis que l'enherbement permanent et les adventices sont régulés par le fauchage avec des outils propres de fauchage (i.e. gyrobroyeur) et/ou avec un outil adapté au fauchage, comme le broyeur à sarments (innovation technique). Le viticulteur V1 synchronise les dates de fauchage avec les dates des autres travaux dans la vigne (e.g. taille et palissage) afin d'améliorer les conditions de travail du salarié.

La gestion des adventices sous la vigne est caractérisée par des interventions ponctuelles de désherbage mécanique à travers le travail du sol. Deux types d'agroéquipements sont utilisés : 1) disque à axe horizontal (émoteur) : travail du sol entre 5 cm et 10 cm de profondeur, l'outil longe et délimite le bord extérieur de la zone sous la vigne ; 2) disque à axe vertical (étoile bineuse) : travail du sol jusqu'à 2 cm de profondeur, l'outil s'approche du cep de vigne.

L'innovation technique est essentielle pour le désherbage mécanique ponctuel sous la vigne (e.g. 3 interventions par an). Les viticulteurs combinent le disque émoteur et l'étoile bineuse car ce sont des agroéquipements qui travaillent à des vitesses compatibles et leurs zones de désherbage sous la vigne sont complémentaires. Le viticulteur V1 évalue que le débit de chantier de désherbage mécanique avec ces agroéquipements combinés est aussi rapide que le débit de désherbage avec du glyphosate. Grâce à cette combinaison innovante d'agroéquipement, les coûts de désherbage mécanique sont limités car le nombre d'interventions est réduit. Néanmoins, le désherbage doit être fait dans des conditions pédoclimatiques sèches.

Le nombre limité d'interventions de désherbage dû à l'absence de travail du sol dans l'inter-rang et la combinaison d'agroéquipements de travail du sol sous la vigne permet aux viticulteurs de dégager du temps pour les autres activités dans et hors de l'exploitation. Ce couplage entre l'innovation technique et d'organisation du travail permet de gérer des périodes de pic de travail, surtout entre le printemps et l'été. Le viticulteur V1 organise le travail entre la vigne et les grandes cultures à travers le partage d'agroéquipements et du travail (innovation d'organisation du travail).

### ***Type 3. Perturber au minimum le sol avec des outils auto construits adaptés aux terrasses (2 cas)***

Les deux exploitations concernées sont spécialisées ou diversifiées (élevage et viticulture). Les vignes sont implantées dans des terrasses afin de sécuriser le travail dans des fortes pentes (40%). Le sol est peu profond et sableux (grès rouge, sableux-granitique). La largeur de la terrasse est de 2 m en moyenne, mais varie fortement, les plus larges comportent deux rangs de vigne, tandis que les plus étroites comportent un rang de vigne.

La logique d'action de gestion des adventices des viticulteurs est caractérisée par la concurrence et la forte restriction du travail du sol sous la vigne. L'objectif est de maîtriser les adventices tout en maintenant la couverture du sol afin de limiter l'érosion dans des fortes pentes. Pour cela, deux leviers sont employés. Le viticulteur V2 réalise de nombreuses fauches de l'enherbement permanent spontané sous la vigne (par ex. cinq interventions avec épampreuse et rotofil). Le viticulteur V4 travaille ponctuellement le sol sous la vigne (eg. deux interventions avec agroéquipement auto-construit). Dans l'inter-rang, le levier de gestion des adventices est l'atténuation dû à la concurrence faite par le couvert végétal ou l'engrais vert.

Les agroéquipements disponibles dans le marché ne sont pas adaptés au désherbage mécanique en terrasse puisqu'ils désherbent seulement la moitié de la zone sous la vigne et la largeur variable de la terrasse avec double rang de vigne est une contrainte importante au désherbage mécanique. La mise en œuvre du désherbage mécanique dépend fortement de l'adaptation des agroéquipements aux conditions de la vigne en terrasse.

Dans ce cadre, le couplage avec l'innovation technique est essentiel pour la gestion des adventices. Les viticulteurs ont auto-construit des agroéquipements adaptés au désherbage mécanique sous la vigne dans des terrasses : a) faucheuse intercep pour couper les parties aériennes de l'enherbement permanent spontané sous la vigne (V2) ; b) enjambeur porte-disque pour travailler le sol sous la vigne (V4).

L'auto construction des agroéquipements (innovation technique) permet aussi d'améliorer les conditions de travail des viticulteurs. En effet, les viticulteurs utilisent des outils portatifs comme le rotofil afin de faucher les adventices sous la vigne, ce qui cause mal au dos lors d'usages fréquents et prolongés.

L'auto construction des agroéquipements peut être faite individuellement (V4) ou en collectif (V2), comme dans le cas de la tondeuse intercep, où l'innovation technique est le fruit d'une action collective. En effet, cet agroéquipement est construit par un groupe de viticulteurs qui est accompagné par une coopérative spécialisée dans la conception et fabrication d'agroéquipements.

#### 4- Discussion

L'utilisation du glyphosate est un sujet de controverse entre les acteurs du secteur agricole. Cette substance active herbicide peut désherber une large gamme de plantes adventices en fonction de la dose appliquée. La facilité d'emploi, le faible coût et l'absence de substances actives aussi efficaces en ont fait un outil incontournable de l'agriculture du XXe siècle, qui a aussi sans doute eu pour effet de limiter la recherche sur des systèmes agricoles se passant de glyphosate (Chauvel et al., 2018).

Alors que les acteurs de la R&D décrivent le retrait du glyphosate pour la gestion des adventices et du couvert végétal comme une situation d'impasse du fait de l'absence d'alternatives techniques aussi efficace dans des situations difficilement mécanisables (Reboud et al., 2017, Anses, 2020), notre étude, a contrario, démontre que des agriculteurs parviennent à se passer de glyphosate dans ces situations en innovant dans leurs pratiques et leur organisation du travail.

Nos résultats ont permis de montrer qu'il n'existe pas "un" type de pente, mais une diversité de situations "en pente", qui induisent des contraintes et des besoins d'innovation contrastés. Nos résultats montrent que la gestion des adventices et du couvert végétal est faite par des interventions fréquentes de désherbage mécanique dans des parcelles à pente modéré (20% - innovation couplée type 1), tandis que les interventions de désherbage mécanique sont ponctuelles dans des parcelles à forte pente (30% - innovation couplée type 2), et que le désherbage mécanique des vignes en terrasse est possible avec des agroéquipements auto construits (innovation couplée type 3).

D'ailleurs, analyser les innovations couplées développées par des viticulteurs a permis d'identifier des stratégies de gestion des adventices et des couverts végétaux qui prennent en compte non seulement l'aspect technique de l'impasse au glyphosate, mais aussi les aspects socioéconomiques, considérés comme de freins à sa suppression, notamment les charges de mécanisation (par ex. achat d'agroéquipements et/ou de fioul) et de main-d'œuvre (par ex. augmentation du temps de travail) (Wyn and Webb, 2022 ; Jacquet et al., 2021).

Dans la lignée des travaux de Lucas et al. (2018), nous montrons également que l'organisation du travail à travers l'action collective - impensée de nombreux travaux sur les alternatives aux glyphosate - joue un rôle essentiel pour que les viticulteurs contournent ces freins. Nos résultats corroborent les résultats d'autres chercheurs qui montrent que le partage d'agroéquipements et du travail sont des leviers mobilisés par les agriculteurs pour lever le frein des charges de mécanisation et de main-d'œuvre (Lucas et al., 2022 ; Capitaine et al., 2008). En revanche, nous avons identifié des leviers encore peu étudiés, comme le recours à un prestataire de service pour gérer l'enherbement. L'externalisation des travaux agricoles est un levier d'organisation du travail de plus en plus utilisé par les agriculteurs (Nettle et al., 2018 ; Nye, 2018), même si le recours à ce service reste encore marginal à niveau national (Forget et al., 2019).

La prise en compte des liens entre l'inter-rang et sous la vigne était centrale pour comprendre la gestion des adventices pratiquées par les viticulteurs. A ce jour, les alternatives aux herbicides pour la gestion des adventices sont souvent conçues de façon analytique, en isolant l'inter-rang et sous le rang de la vigne (Monteiro et al., 2008; Guerra et al., 2022). La prise en compte simultanée de l'inter-rang et du rang de vigne nous a permis d'identifier des innovations d'agroéquipements (i.e. combinaison d'agroéquipements et autoconstruction) qui simplifient les itinéraires techniques en limitant le nombre d'interventions sous la vigne tout en permettant la destruction du couvert végétal dans l'inter-rang. En conséquence, le besoin de main-d'œuvre et l'impact sur la structure du sol (risque d'érosion) est également réduit.

La conception des agroéquipements par des usagers eux-mêmes et dans leurs situations (exploitation viticole) est peu abordée dans la littérature scientifique. Nos résultats montrent que les viticulteurs peuvent concevoir des agroéquipements en même temps que leurs systèmes techniques dans leurs situations de pente et de terrasse exploitations (Salembier et al., 2021).

Notre caractérisation de la diversité de logiques de gestion de la couverture végétale en vignes en pente et en terrasse sans recours au glyphosate démontre le besoin de prendre en compte aussi bien les facteurs techniques et socioéconomiques que les interactions entre eux. Ceci dans la perspective soutenir le développement de recherches sur des leviers systémiques pour ouvrir les champs des possibles et lever des freins techniques et socioéconomiques, notamment dans des situations fortement contraignantes.

Nous avons analysé en profondeur un nombre limité de cas. Néanmoins, leur diversité a permis d'identifier des types d'innovation couplées avec des logiques de gestion d'adventices et du couvert végétal fortement contrastés. Augmenter le nombre de cas étudiés et dans des conditions de pente supérieures à 40% pourrait consolider et compléter les logiques de gestion que nous avons identifiées, ainsi qu'enrichir nos résultats concernant nouveaux types d'agroéquipements et d'organisation du travail utilisés par les viticulteurs.

Ainsi, les connaissances produites dans le cadre de cette étude ont vocation à inspirer d'autres viticulteurs engagés dans la réduction de l'usage du glyphosate ; et ii) devenir des ressources à mobiliser lors du processus de réconception des systèmes viticoles.

## **Conclusion**

Nous avons caractérisé les logiques de gestion des adventices et des couverts végétaux d'agriculteurs en situation de vignes en pente ou en terrasse, ayant supprimé l'usage du glyphosate. Les logiques étudiées révèlent que les innovations techniques ont été mises en œuvre grâce à leur couplage à des innovations d'organisation du travail.

Dans les systèmes viticoles étudiés, le choix de ne plus utiliser de glyphosate ne s'est pas reposé sur une simple substitution du désherbage chimique par le désherbage mécanique, mais a impliqué une réflexion plus profonde reposant sur des pratiques à effets cumulatifs et à moyens et longs termes, combinées à des leviers qui ont permis de lever des freins techniques. Les innovations couplées entrent dans cette logique de réflexion.

Nos résultats contribuent à la caractérisation de faits techniques liés à l'organisation du travail qui peuvent inspirer des viticulteurs souhaitant réduire l'usage du glyphosate dans leurs parcelles viticoles.

## Remerciements

**Nous remercions le financeur** CASDAR pour le projet AAP 2021 n°21 AGL 4819616 'Aliage'. Nous remercions la FNCUMA pour le pilotage du projet 'Aliage', ainsi que les partenaires, l'Ecole d'ingénieur de Purpan (Simon Guiliano), l'ITAB (Blandine Rosière, Paul-Armel Salaun), et l'ISARA (Joséphine Peigné). Ainsi que les animateurs des CUMA et les viticulteurs du réseau CUMA enquêtés.

## Bibliographie

Anses (2020) Rapport d'évaluation comparative - Cas des produits à base de glyphosate - Examen des alternatives en viticulture. Rapport, 8 p. <https://www.anses.fr/fr/system/files/Rapport-viticulture-glyphosate.pdf>

Antier C., Kudsk P., Reboud X., Ulber L., Baret P.V., Messéan A. (2020) Glyphosate Use in the European Agricultural Sector and a Framework for Its Further Monitoring. *Sustainability*, 12, 56-82. <https://doi.org/10.3390/su12145682>

Boulestreau Y., Peyras C-L., Casagrande M., Navarrete M. (2022) Tracking down coupled innovations supporting agroecological vegetable crop protection to foster sustainability transition of agrifood systems. *Agricultural Systems*, 196,103354. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103354>

Carlos C., Menezes R., Nave A., Lopes, C. M., Monteiro A. (2022) How to promote a sustainable weed management strategy in steep slopes vineyards? In: *VII International Congress on Mountain and Steep Slopes*. Vila Real, Portugal

Capitaine M., Benoît M., Baudry J. (2008) Mutualisation du travail et développement de compétences territoriales. In: *Colloque SFER*. Paris, France.

Cabrera-Pérez C, Llorens J, Escolà A, Royo-Esnal A., Recasens J. (2023) Organic mulches as an alternative for under-vine weed management in Mediterranean irrigated vineyards: Impact on agronomic performance. *European Journal of Agronomy*, 145:126798. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2023.126798>

Chauvel B., Darmency H., Munier-Jolain N., Rodriguez A. (2018) Gestion durable de la flore adventice des cultures. Editions Quae

Cournut S., Chauvat S., Correa P., Santos Filho JCD, Diéguez F, Hostiou N., Pham D-K., Servièrre G., Sraïri M. T., Turlot A., Dedieu B. (2018) Analyzing work organization on livestock farm by the Work Assessment Method. *Agronomy for Sustainable Development*, 38. <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0534-2>

Dedieu B., Servièrre G., Madelrieux S., Dobremez L., Cournut S. (2006) Comment appréhender conjointement les changements techniques et les changements du travail en élevage? *Cahiers Agricultures*, 506–513. <https://doi.org/10.1684/agr.2006.0028>

Fogliatto S., Ferrero A., Vidotto F. (2020) Current and future scenarios of glyphosate use in Europe: Are there alternatives? In: *Advances in Agronomy*. Elsevier, pp 219–278

Forget V., Depeyrot J., Mahé M., Midler E., Hugonnet M., Beaujeu R., Grandjean A., Hérault B. (2019) Actif Agri. Transformations des emplois et des activités en agriculture, Centre d'études et de prospective, Ministère de l'agriculture et de l'alimentation, la Documentation française. Paris

Girard N., Bellon S., Hubert B., Lardon S., Moulin C-H., Osty P.L. (2001) Categorising combinations of farmers' land use practices: an approach based on examples of sheep farms in the south of France. *Agronomie*, 21:435–459

Guerra J.G., Cabello F., Fernández-Quintanilla C., Peña J.M., Dorado J. (2022) Use of Under-Vine Living Mulches to Control Noxious Weeds in Irrigated Mediterranean Vineyards. *Plants*, 11:1921. <https://doi.org/10.3390/plants11151921>

Infloweb (2023) Infloweb. <https://www.infloweb.fr/>

Jacquet F., Delame N., Vita J.L., Huyghe C., Reboud X. (2021) The micro-economic impacts of a ban on glyphosate and its replacement with mechanical weeding in French vineyards. *Crop Protection*, 150:105778. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105778>

Leclère et al. (en production) Innovation couplée. Dictionnaire d'agroécologie en ligne. <https://dicoagroecologie.fr/>

Lopes C.M., Santos T.P., Monteiro A., Rodrigues M.L., Costa J.M., Chaves M.M. (2011) Combining cover cropping with deficit irrigation in a Mediterranean low vigor vineyard. *Scientia Horticulturae*, 129:603–612. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.04.033>

Lucas V., Tourdonnet S., Barbier J-M., Cittadini R.A., Gasselín P. (2018) Le glyphosate en agriculture de conservation : un cas illustratif de la dépendance de l'agriculture française aux pesticides. In: *12<sup>ème</sup> Journées de recherches en sciences sociales*. Nantes, France

Lucas V., Gasselin P. 2022. An intensive and collective style of farm work that enables the agroecological transition: A case study of six French farm machinery cooperatives. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6, 862779. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.862779>

Madelrieux S., Dedieu B. (2008) Qualification and assessment of work organisation in livestock farms. *Animal*, 2:345–446. <https://doi.org/10.1017/S175173110700122X>

Mamarot J, Rodriguez A (2011) Mauvaises herbes des cultures, ACTA. Paris

Meynard J-M., Jeuffroy M-H., Le Bail M., Lefèvre A., Magrini M.B., Michon C. (2017) Designing coupled innovations for the sustainability transition of agrifood systems. *Agricultural Systems*, 157, 330–339. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.08.002>

Monteiro A., Lopes C.M., Machado J.P., Fernandes N., Araújo A. (2008) Cover cropping in a sloping, non-irrigated vineyard: effects on weed composition and dynamics. *Ciência e Técnica Vitivinícola*, 23, 29–36

Nettle R., Kuehne G., Lee K., Armstrong D. (2018) A new framework to analyse workforce contribution to Australian cotton farm adaptability. *Agronomy for Sustainable Development*, 38. <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0514-6>

Nye C. (2018) The ‘blind spot’ of agricultural research: Labour flexibility, composition and worker availability in the South West of England. *Cahiers Agricultures*, 27, 35002. <https://doi.org/10.1051/cagri/2018018>

Pornaro C., Meggio F., Tonon F., Mazzon L., Sartori L., Berti A., Marcolino S. (2022) Selection of inter-row herbaceous covers in a sloping, organic, non-irrigated vineyard. *PLOS ONE*, 17, e0279759. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0279759>

Reboud X.X., Blanck M., Aubertot J-N., Jeuffroy M-H., Munier-Jolain N., Thiollet-Scholtus M., Huygue C. (2017) Usages et alternatives au glyphosate dans l’agriculture française. Rapport, 88 p. <https://www.inrae.fr/sites/default/files/pdf/rapport-glyphosate-inra-6.pdf>

Ripoche A., Metay A., Celette F., Gar, C. 2011. Changing the soil surface management in vineyards: immediate and delayed effects on the growth and yield of grapevine. *Plant Soil*, 339, 259-271. <http://dx.doi.org/10.1007/s11104-010-0573-1>

Ruiz-Colmenero M., Bienes R., Marques, M. J. 2011. Soil and water conservation dilemmas associated with the use of green cover in steep vineyards. *Soil Tillage Research*. 117, 211-223. <http://doi.org/10.1016/j.still.2011.10.004>

Salembier C., Segrestin B., Sinoir N., Templier J, Weil B., Meynard J-M. (2020) Design of equipment for agroecology: Coupled innovation processes led by farmer-designers. *Agricultural Systems*, 183, 102856. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102856>

Salembier C., Segrestin B., Weil B., Jeuffroy M.-H., Cadoux S., Cros C., Favrelière E., Fontaine L., Gimaret M., Noilhan C., Petit, A., Petit .-S., Porhiel J-Y., Sicard H., Reau R., Ronceux A., Meynard, J-M. (2021) A theoretical framework for tracking farmers’ innovations to support farming system design. *Agronomy for Sustainable Development* 41. <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00713-z>

Sebillotte M. (1978) Itinéraires techniques et évolution de la pensée agronomique. Comptes Rendus des Séances de l'Académie d'Agriculture de France 64

Sebillotte M. (1990) Système de culture, un concept opératoire pour les agronomes. Les systèmes de culture 165–196

Seufert L. (2022) Challenges of herbicide-free under vine cultivation in terraced vineyards. In: *VII International Congress on Mountain and Steep Slopes*. Vila Real, Portugal

Steenwerth K.L., Calderón-Orellana A., Hanifin R.C., Storm C., McElrone A.J. (2016) Effects of Various Vineyard Floor Management Techniques on Weed Community Shifts and Grapevine Water Relations. *American Journal of Enology and Viticulture*, 67, 153-162. <https://doi:10.5344/ajev.2015.15050>

Union Européenne (2023) Règlement d'exécution (UE) 2023/2660 de la Commission du 28 novembre 2023 renouvelant l'approbation de la substance active glyphosate conformément au règlement (CE) no 1107/2009 du Parlement européen et du Conseil, et modifiant le règlement d'exécution (UE) no 540/2011 de la Commission. [http://data.europa.eu/eli/reg\\_impl/2023/2660/oj/fra](http://data.europa.eu/eli/reg_impl/2023/2660/oj/fra)

Wyller L., Conedera M., Tanadini M., Krebs P. (2023) Relating the management difficulty to the abandonment rate of traditional mountain vineyards. *Journal of Rural Studies*, 102, 103072. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2023.103072>

Wynn S., Webb E. (2022) Impact assessment of the loss of glyphosate within the EU: a literature review. *Environmental Sciences Europe*, 34. <https://doi.org/10.1186/s12302-022-00667-3>