



**INTERCROP  
VALUES**



Funded by  
the European Union

## **D3.2 Guides pratiques et vidéos présentant des machines innovantes conçues ou adaptées par des agriculteurs pour les semis, le désherbage mécanique, la récolte, le nettoyage et le tri, et diffusion de solutions opérationnelles**



## Résumé du document

<b>Titre du livrable</b>	Guides pratiques et vidéos présentant des machines innovantes conçues ou adaptées par des agriculteurs pour le semis, le désherbage mécanique, la récolte, le nettoyage et le tri, et diffusion de solutions opérationnelles
<b>Version</b>	1
<b>Responsable du livrable</b>	ENSFEA
<b>Lot de travail associé</b>	WP3 Gestion des cultures associées dans les systèmes agricoles : études sur les GES, la santé des sols et les équipements agricoles
<b>Auteurs</b>	Laurent BEDOUSSAC (ENSFEA) et Chloé Salembier (INRAE)
<b>Contributeurs</b>	Annabelle REVEL (FNCUMA), Esther FOUILLET (INRAE), Hadrien PHAM (INRAE).

### Niveau de communication

☒ PU – Public, entièrement ouvert, par exemple sur le web (les livrables marqués comme publics seront automatiquement publiés sur la page du projet CORDIS)

☐ SEN – Sensible, limité selon les conditions de la convention de subvention

**Numéro de la convention de subvention** 101081973

**Programme** HORIZON EUROPE

**Date de début du projet** 01-11-2022

**Durée** 48 mois

**Coordinateur du projet** CIRAD

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs uniquement et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive pour la recherche (REA). Ni l'Union européenne ni la REA ne peuvent en être tenues responsables.

# Informations préliminaires

## À propos des auteurs et des contributeurs

Ce livrable est associé à la tâche 3.4 (Responsable : ENSFEA ; Contributeurs : FNCUMA, SRUC, INRAe). Cependant, le SRUC n'a pas pu participer à ces travaux pour deux raisons principales : (1) le financement qu'il a reçu du gouvernement britannique, décision prise après la soumission de la proposition, et (2) le fait que cette tâche n'était pas considérée comme cruciale par les parties prenantes concernées dans leur contexte (Écosse). Par conséquent, ce livrable se concentre sur l'étude de cas français. Néanmoins, plusieurs présentations ont été faites aux responsables du CIC et un webinaire est prévu en février 2026 dans le cadre du WP7, afin d'assurer une diffusion plus large, au-delà du consortium, de ces travaux sur les équipements agricoles pour les cultures associées et les mélanges d'espèces.

## À propos du contenu du livrable

L'objectif initial était de présenter des équipements agricoles innovants conçus ou adaptés par les agriculteurs pour tous les aspects de la culture, tels que le semis, le désherbage, la récolte, le nettoyage et le tri. Cependant, les entretiens avec les agriculteurs ont révélé que le semis était une opération décisive et que, par conséquent, la plupart des équipements agricoles innovants identifiés concernaient cette opération. Par conséquent, les équipements agricoles innovants présentés dans ce livrable se concentrent principalement sur le semis, reflétant les besoins exprimés par les agriculteurs interrogés et justifiant l'orientation de nos travaux.

Toutefois, afin de donner un aperçu plus large des équipements agricoles destinés aux cultures associées et aux mélanges d'espèces, ce livrable inclut les équipements agricoles utilisés pour d'autres opérations (semis, désherbage, récolte, nettoyage et tri) sous quatre angles différents : (1) les « trois logiques de gestion du parc d'équipements agricoles », (2) la « logique de gestion des équipements agricoles lors de l'introduction du premier mélange d'espèces », (3) la « coévolution des équipements agricoles et des mélanges d'espèces », et (4) les « trois approches de conception des équipements agricoles pour la culture de mélanges à long terme ». En ce qui concerne le tri et la récolte, nous avons utilisé tout le matériel produit dans le cadre du précédent projet européen ReMIX afin de capitaliser sur les connaissances acquises et de fournir des informations aux parties prenantes et aux agriculteurs, en particulier à tous les CICS intéressés (en étroite collaboration avec le WP1). Toutes les informations disponibles peuvent être consultées sur le site web du projet IntercropVALUES (<https://intercropvalues.eu/remix>) et dans le document spécifique destiné aux agriculteurs et aux conseillers concernant la récolte et le tri des céréales à l'aide de divers équipements agricoles à l'adresse suivante : <https://intercropvalues.eu/wp-content/uploads/2023/07/Remix-2-Organic-Matters-Issue-146.pdf>.

Veuillez noter qu'aucune vidéo n'est incluse dans ce livrable à ce stade. Cependant, des liens vers des vidéos produites au sein des CIC sur ce sujet, ainsi que des liens vers des résumés de pratiques pertinentes, seront ajoutés d'ici la fin du projet.

# Table des matières

<b>Informations préliminaires.....</b>	<b>2</b>
À propos des auteurs et des contributeurs.....	2
À propos du contenu du livrable.....	2
<b>Table des matières.....</b>	<b>3</b>
Résumé.....	4
Introduction.....	5
1.1 Enjeu sociétal.....	5
1.2 Objectifs.....	5
1.3 Articulation au sein des tâches du projet.....	5
Matériels et méthodes.....	7
1.1 Concepts et méthodes mobilisés.....	7
1.2 Deux travaux complémentaires pour deux questions spécifiques.....	7
Résultats.....	9
1.1 Caractérisation des mélanges d'espèces à travers le prisme des équipements agricoles.....	9
1.2 Quels équipements agricoles pour les mélanges d'espèces adaptés aux situations et à la logique des agriculteurs ?.....	10
1.2.1 Matériel agricole réutilisé pour semer des cultures de couverture avec un mélange d'espèces..	10
1.2.2 Matériel agricole bricolé pour semer 2 espèces à 2 profondeurs (ou non).....	11
1.2.3 Matériel agricole combiné bricolé pour semer 2 espèces à 2 profondeurs.....	12
1.2.4 Développement d'un semoir sans labour pour semer des cultures de couverture avec un mélange d'espèces.....	13
1.2.5 Construction d'un semoir pour semer des mélanges d'espèces.....	14
1.3 Trois logiques de gestion du parc d'outils agricoles.....	15
1.3.1 Réduire les coûts de mécanisation en réutilisant les équipements agricoles existants.....	15
1.3.2 Semis de mélanges d'espèces en fonction des caractéristiques des espèces en adaptant le matériel agricole.....	16
1.3.3 Choisir les mélanges d'espèces et les équipements agricoles en fonction des ressources disponibles localement.....	17
1.4 Logique de gestion des équipements agricoles lors de l'introduction du premier mélange d'espèces..	18
1.5 Coévolution des équipements agricoles et des mélanges d'espèces.....	19
1.6 Trois approches de la conception d'équipements agricoles pour cultiver des mélanges d'espèces à long terme.....	20
Conclusion.....	21

## Résumé

La transition vers des systèmes agricoles durables nécessite une compréhension approfondie de la diversité des agriculteurs, de leurs contextes particuliers et du fait qu'ils adoptent souvent de nouvelles pratiques de manière progressive. À ce jour, la littérature n'a pas suffisamment abordé la relation entre les cultures associées avec des mélanges d'espèces et les équipements agricoles, en particulier la manière dont l'utilisation de ces derniers influence les pratiques agricoles. En outre, l'accès à des équipements agricoles appropriés est souvent considéré comme un obstacle à la diversification des mélanges d'espèces, car les équipements agricoles existants peuvent ne pas répondre aux besoins locaux et être d'un coût prohibitif.

Ce livrable examine comment les agriculteurs gèrent leurs équipements agricoles pour mettre en œuvre des mélanges d'espèces adaptés, en caractérisant les équipements agricoles innovants pour les tâches clés de la gestion des cultures, avec un accent particulier sur les semis. Il examine également les processus d'innovation ouverte qui soutiennent le développement des mélanges d'espèces, en particulier ceux liés au partage des équipements agricoles.

Ce livrable s'aligne sur les tâches du projet, qui se concentrent sur l'analyse des organisations collectives qui encouragent le développement des mélanges d'espèces et le suivi des équipements agricoles innovants conçus par les agriculteurs. Deux études complémentaires sont présentées : (1) la logique de gestion des agriculteurs en termes d'équipements agricoles pour cultiver et trier les mélanges d'espèces, et (2) la manière dont les agriculteurs redessinent progressivement leur parc d'équipements agricoles en lien avec l'adoption et le développement des mélanges d'espèces.

Les résultats indiquent que les agriculteurs s'engagent activement dans la modification, la combinaison et la réutilisation des équipements agricoles existants pour cultiver une diversité de mélanges d'espèces. Au total, 21 mélanges d'espèces ont été identifiés parmi les 13 agriculteurs interrogés, pour lesquels la disposition spatiale (espèces semées dans les mêmes rangées ou en alternance) et la profondeur de semis (espèces semées à la même profondeur ou à des profondeurs différentes) semblent, selon les agriculteurs, être des facteurs critiques influençant leur efficacité.

Trois logiques de gestion visant à optimiser l'utilisation des équipements agricoles ont été identifiées : (1) minimiser les coûts de mécanisation en réutilisant les équipements agricoles existants, (2) adapter les équipements agricoles aux exigences spécifiques de chaque espèce en matière de semis et (3) aligner le choix des équipements agricoles sur les ressources locales.

En outre, trois stratégies de conception des équipements agricoles pour la culture à long terme de mélanges d'espèces ont été mises en évidence : (1) la conception frugale, qui met l'accent sur la rentabilité et permet l'expérimentation sans investissement financier important, (2) la conception standardisée, qui vise à optimiser la production à grande échelle et à améliorer l'efficacité et la gestion, et (3) la conception flexible, qui permet des pratiques adaptables grâce à l'acquisition progressive de divers équipements agricoles en réponse à l'évolution des besoins.

Les résultats soulignent l'importance des équipements agricoles dans le développement des mélanges d'espèces, révélant qu'ils constituent un catalyseur plutôt qu'un obstacle. Les approches des agriculteurs en matière de modification et d'achat collaboratif d'équipements agricoles démontrent leur engagement en faveur de l'innovation. Le rôle des coopératives d'utilisation de matériel agricole (CUMA) en France devrait être renforcé, tout comme le développement de la formation et de la collaboration avec les entrepreneurs locaux afin de soutenir l'adoption des mélanges d'espèces dans divers contextes.

# Introduction

## 1.1 Enjeu sociétal

La transition vers des systèmes agricoles durables nécessite de prendre en compte la diversité des agriculteurs, leurs contextes agricoles uniques et leur appropriation progressive de nouvelles pratiques sur une longue période. À ce jour, la littérature (Bellon et Huyghe, 2017 ; Kefi et al., 2023 ; Salembier et al., 2020) n'a accordé qu'une attention limitée aux cultures associées avec des mélanges d'espèces du point de vue des équipements agricoles et de l'interaction entre les changements dans les pratiques agricoles et l'utilisation des équipements agricoles. De plus, l'accès à des équipements agricoles appropriés est souvent identifié comme un obstacle majeur à la diversification et au développement des mélanges d'espèces (Morel et al., 2018 ; Bellon-Morel et Huyghe, 2017). En effet, les équipements agricoles existants peuvent ne pas être adaptés aux besoins agricoles locaux (Sims et al., 2017) et leur entretien peut être prohibitif en termes de coût et de temps (Lucas et al., 2018).

## 1.2 Objectifs

À la lumière des études précédentes (Salembier et al., 2020 ; Kefi et al., 2023), ce livrable vise à explorer la manière dont les agriculteurs gèrent leur équipement agricole afin de mettre en œuvre divers mélanges d'espèces adaptés à leur situation spécifique. En outre, il cherche à mieux comprendre comment les agriculteurs (re)conçoivent leur parc de matériel agricole à mesure qu'ils expérimentent progressivement les mélanges d'espèces. Ainsi, les principaux objectifs de ce livrable sont les suivants :

1. Caractériser les équipements agricoles innovants et leurs applications pour les tâches essentielles liées à la gestion des mélanges d'espèces, en mettant particulièrement l'accent sur les semis ;
2. D'examiner les processus d'innovation qui permettent le développement de mélanges d'espèces grâce à des innovations interconnectées, notamment les organisations de tri, les initiatives de partage d'équipements agricoles ou les nouvelles chaînes d'approvisionnement.

## 1.3 Articulation au sein des tâches du projet

Ce livrable a été produit en collaboration avec le WP1 dans le but d'alimenter les processus de co-innovation au sein des 13 CICS du projet par le biais de deux tâches du projet (T.1.2 et T.3.4).

- **Tâche T1.2 « Analyse des organisations collectives innovantes existantes et des actions favorisant le développement des cultures associées »**

L'objectif de cette tâche était de caractériser les processus d'innovation qui facilitent le développement des mélanges d'espèces, en se concentrant sur l'émergence d'innovations interconnectées. À cette fin, les trajectoires de conception, d'adaptation et d'assemblage des machines par les agriculteurs ont été analysées afin de tirer des enseignements sur la manière de soutenir la conception et l'adaptation des équipements agricoles dans différents contextes.



- **Tâche T3.4 « Suivi des équipements agricoles innovants conçus par les agriculteurs et étude de leurs utilisations pour la production et le nettoyage/tri des céréales après la récolte »**

Étant donné que les agriculteurs de l'UE ont déjà développé des mélanges d'espèces, cette tâche visait à explorer les machines innovantes que les agriculteurs utilisent, conçoivent, adaptent et bricolent pour leur propre contexte, ainsi que leur utilisation, afin de produire des références et de montrer la diversité des pratiques. Cette diversité a été contextualisée en fonction de diverses situations d'utilisation, telles que l'utilisation individuelle ou collective, les différents mélanges d'espèces, le temps disponible et la prise en compte de l'ensemble de la chaîne de valeur, du semis à la technologie post-récolte.

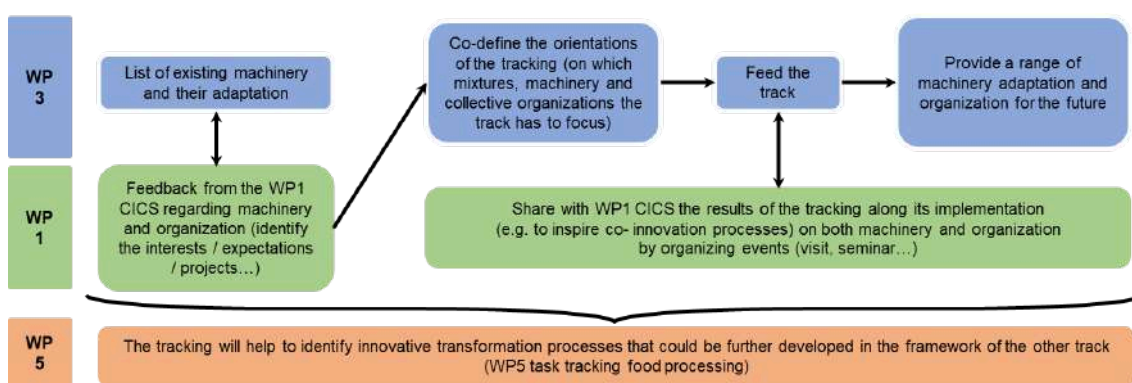


Figure 1 : Relations entre les travaux réalisés dans le cadre des tâches T1.2 « Analyse des organisations collectives innovantes existantes et des actions favorisant le développement des mélanges d'espèces » et T3.4 « Suivi des équipements agricoles innovants conçus par les agriculteurs et étude de leurs utilisations pour la production et le nettoyage/tri des céréales après la récolte » et les liens avec les WP1, 3 et 5.

Il convient de noter qu'un atelier a été organisé avec les responsables du WP1 CICS au début du projet afin de concentrer les travaux sur ce que les études de cas souhaitent explorer, sans toutefois nous empêcher d'élargir la portée de l'étude par la suite (en explorant des éléments nouveaux et intéressants non mentionnés). Il convient également de noter qu'au tout début du projet, nous ne nous sommes pas concentrés spécifiquement sur les mélanges d'espèces, car certaines innovations ont certainement été réalisées dans un autre but, mais pourraient être utiles pour les mélanges. L'étude a été conçue et menée en étroite collaboration avec la Fédération nationale des CUMA.

# Matériels et méthodes

## 1.1 Concepts et méthodes mobilisés

Pour encourager le développement des mélanges d'espèces, des informations sont nécessaires sur la sélection et l'utilisation d'équipements agricoles appropriés pour leur gestion. Ce livrable, qui vise à explorer comment ces pratiques sont influencées par la conception et l'utilisation des équipements agricoles, a donc mobilisé : (1) les connaissances issues des sciences de la conception (Hatchuel et Weil (2009) et Schön (1983)) pour nous aider à comprendre la dynamique du changement à travers ces processus de conception situés, et (2) les concepts issus de l'agronomie des systèmes (Willey (1981), Salembier et al. (2021), Quinio et al. (2021) et Meynard et al. (2001, 2003)) pour analyser les pratiques relatives aux mélanges d'espèces et leur évolution en relation avec les équipements agricoles.

Notre méthodologie s'appuie sur l'approche de suivi de l'innovation agricole (Salembier et al., 2021) en termes d'équipements agricoles adaptés, modifiés ou conçus par les agriculteurs pour cultiver des mélanges d'espèces. Les principaux objectifs étaient d'identifier les machines innovantes, telles que les modifications des réglages, la réutilisation des équipements agricoles existants, la combinaison de différents types d'équipements agricoles et la création de machines construites par les agriculteurs eux-mêmes. En outre, nous avons étudié leur utilisation et examiné leur logique agronomique et leur trajectoire d'émergence au fil du temps, y compris l'identification des acteurs impliqués. Suivant la méthodologie proposée par Salembier et al. (2020), les principales questions de recherche qui ont guidé notre étude portent sur les types d'équipements agricoles utilisés et leurs objectifs, les conditions dans lesquelles ils sont utilisés, les mélanges d'espèces et les chaînes de valeur pour lesquelles ils sont conçus, et la manière dont ils ont été adaptés, conçus ou repensés.

Cette étude a été réalisée en France au début du projet. Il est important de noter que notre objectif n'était pas de concevoir de nouvelles machines, mais d'étudier les adaptations et les innovations existantes. Au départ, l'accent a été mis sur les équipements agricoles et les adaptations identifiées par les coopératives françaises, connues sous le nom de CUMA, un réseau français regroupant environ 10 000 coopératives d'équipements agricoles.

## 1.2 Deux travaux complémentaires pour deux questions spécifiques

Ce livrable présente deux études complémentaires axées sur la compréhension de la gestion des équipements agricoles dans le contexte des pratiques de mélanges d'espèces. Ensemble, ces études apportent des informations précieuses sur les stratégies d'adaptation des agriculteurs dans leur transition vers des systèmes agricoles durables basés sur les cultures associées. Ces résultats devraient révéler que certains problèmes identifiés dans le WP1 CICS pourraient déjà être résolus et inspirer les agriculteurs et leurs conseillers qui s'engagent dans la pratique des mélanges d'espèces.

La première étude aborde la question suivante : quelle est la logique de gestion des équipements agricoles des agriculteurs pour cultiver différents mélanges d'espèces dans leur situation ? À travers des entretiens avec 13 agriculteurs, nous avons caractérisé les mélanges



d'espèces qu'ils mettent en œuvre, les équipements agricoles utilisés et leur logique d'action sous-jacente (c'est-à-dire les raisons de leurs choix, les conditions, les performances, etc. Cette analyse nous a permis de classer leurs pratiques en termes de mélanges d'espèces, d'équipements agricoles et de logiques d'action dans diverses situations agricoles. Un article détaillant ces résultats a été soumis à *Agronomy for Sustainable Development* (Fouillet et al. accepté avec révisions).

La deuxième étude examine comment les agriculteurs s'approprient progressivement la pratique du mélange d'espèces et comment ils (re)conçoivent leur parc d'équipements agricoles au cours de ce processus. À cette fin, nous avons interrogé 16 agriculteurs afin d'étudier l'évolution de leurs pratiques et de leurs équipements agricoles selon deux axes : (1) la (re)conception des équipements agricoles lors de l'adoption initiale des mélanges d'espèces et (2) la (re)conception continue à mesure que les agriculteurs expérimentent ces mélanges d'espèces au fil du temps. Un article basé sur ces travaux est en cours de préparation et sera soumis à la revue *Agricultural Systems* d'ici la fin de l'année 2025.

# Résultats

## 1.1 Caractérisation des mélanges d'espèces à travers le prisme des équipements agricoles

Dans notre étude, nous avons identifié un total de 21 mélanges d'espèces, dont 18 comprennent des combinaisons de céréales et de légumineuses. Il est à noter que neuf agriculteurs cultivent deux mélanges d'espèces ou plus, ce qui souligne une tendance à la biodiversité dans les pratiques agricoles. Selon les agriculteurs interrogés, deux caractéristiques influencent considérablement l'efficacité des mélanges d'espèces : la disposition spatiale et la profondeur de semis. Ces facteurs jouent un rôle crucial dans la manière dont les mélanges d'espèces interagissent avec les équipements agricoles, affectant le rendement et la durabilité des cultures.

Il est intéressant de noter que nos résultats indiquent qu'il n'existe pas de type spécifique d'équipement agricole associé à un mélange d'espèces donné. Par exemple, les combinaisons de blé et de fèves apparaissent à la fois dans les types 5 et 6, ce qui démontre la flexibilité et l'adaptabilité des équipements agricoles pour s'adapter à divers mélanges d'espèces. Cette absence de mélange d'espèces fixe suggère que les agriculteurs peuvent adapter l'utilisation de leurs équipements agricoles à différents mélanges, ce qui favorise l'innovation et l'efficacité de leurs pratiques agricoles.

En conclusion, l'étude souligne l'importance de comprendre l'interaction entre les mélanges d'espèces et les caractéristiques des équipements agricoles. En reconnaissant l'importance de la disposition spatiale et de la profondeur de semis, ainsi que l'adaptabilité des équipements agricoles, les agriculteurs peuvent améliorer leurs pratiques et contribuer à des systèmes agricoles plus durables.

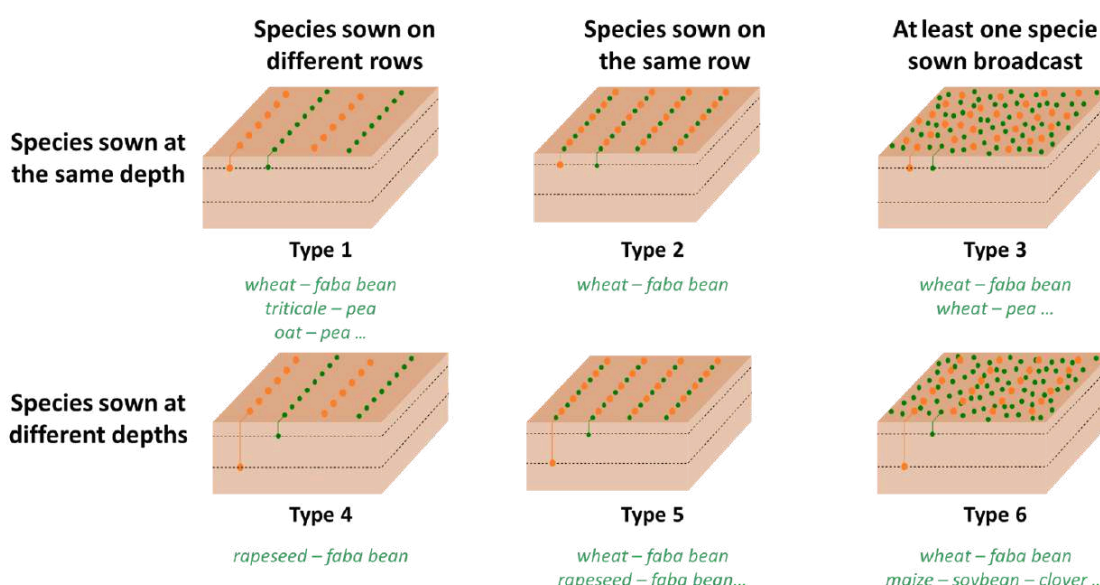
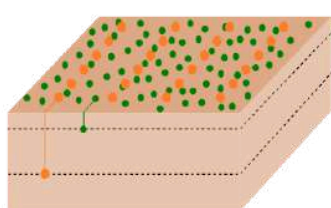


Figure 2 : Représentation schématique des six catégories de mélanges identifiées en fonction de la profondeur d'ensemencement et de la disposition spatiale des espèces associées.

## 1.2 Quels équipements agricoles pour les mélanges d'espèces adaptés aux situations et à la logique des agriculteurs ?

### 1.2.1 Matériel agricole réutilisé pour semer des cultures de couverture avec un mélange d'espèces



Type 6

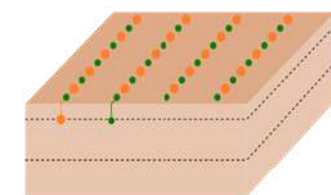
Cet exemple illustre un équipement agricole réutilisé, à savoir un microgranulateur électrique initialement conçu pour épandre des engrais et réutilisé ici pour semer des cultures de couverture. Dans ce cas, les mélanges d'espèces comprennent du tournesol avec de la luzerne et du trèfle, ces deux dernières espèces étant semées à l'aide de cet épandeur d'engrais monté à l'avant, tandis que le tournesol est semé à l'aide d'un système de semis monograine situé à l'arrière du tracteur. Cette

configuration permet de semer les graines simultanément à une profondeur optimale tout en conservant un espacement optimal entre les rangs pour les tournesols. L'intégration de ces deux types d'équipements agricoles améliore la vitesse de travail, car le semis peut être effectué en un seul passage. D'un point de vue agronomique, cette stratégie de mélange et de semis maximise la couverture du sol, contribuant ainsi à réduire les mauvaises herbes et l'érosion.

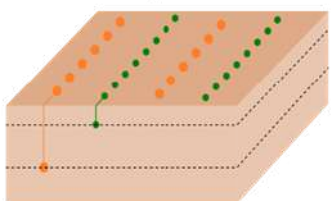


Figure 3 : Illustration d'un équipement agricole réutilisé, à savoir un microgranulateur électrique initialement conçu pour épandre des engrais et réutilisé ici pour semer des cultures de couverture. Crédit : E. Fouillet, INRAE.

### 1.2.2 Matériel agricole bricolé pour semer 2 espèces à 2 profondeurs (ou non)



Type 2



Type 4

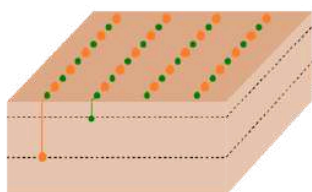
Cet exemple illustre le cas d'un équipement agricole bricolé permettant de semer deux espèces simultanément, ici un mélange de blé et de fèves, avec la possibilité de le faire à différentes profondeurs. L'équipement agricole utilisé est un semoir sans labour vieux de 20 ans, qui a été modifié par l'ajout d'une cloison dans la trémie et d'une deuxième tête de distribution. Chaque compartiment est relié à une tête de distribution différente (une pour la partie avant et une pour la partie arrière du semoir), ce qui permet d'alimenter chaque rangée avec une espèce différente et de semer chaque espèce à sa profondeur optimale.



Figure 4 : Illustration d'un équipement agricole bricolé pour semer deux espèces simultanément. Crédit : E. Fouillet, INRAE.



### 1.2.3 Matériel agricole combiné bricolé pour semer 2 espèces à 2 profondeurs



Type 5

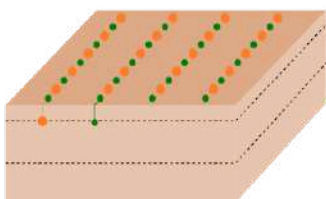
Cet exemple illustre un équipement agricole combiné modifié qui permet de semer deux espèces à des profondeurs différentes en un seul passage. Dans ce cas, il est utilisé pour semer un mélange de colza et de fèves. Il comprend un système de labour en bandes avec des tubes de distribution de semences ajoutés par le fabricant pour semer les fèves, ainsi qu'un cultivateur de champ avec une tête de distribution pour semer le colza à une profondeur moins importante dans la même rangée.

Cette combinaison d'équipements agricoles permet de semer les deux espèces à leur profondeur optimale tout en labourant le sol, le tout en un seul passage et sans avoir à mélanger les semences au préalable.



Figure 5 : Illustration d'un équipement agricole combiné modifié permettant de semer deux espèces à des profondeurs différentes en un seul passage. Crédit : E. Fouillet, INRAE

### 1.2.4 Développement d'un semoir sans labour pour semer des cultures de couverture avec un mélange d'espèces



**Type 2**

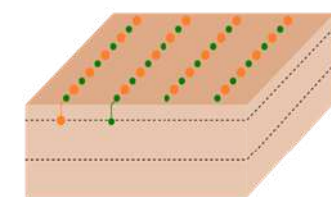
Cet exemple illustre la construction d'un semoir sans labour permettant de semer plusieurs espèces simultanément, en l'occurrence un mélange pois-vesce-fève-avoine et un mélange fève-phacélie. Le projet vise à atteindre une efficacité opérationnelle grâce à l'utilisation de trémies à grand volume, permettant des opérations de semis prolongées sans avoir à les remplir fréquemment et sans avoir à mélanger les semences au préalable. Pour y parvenir, l'agriculteur a acheté deux trémies d'une capacité de 1,2 tonne et 0,6 tonne, qu'il a installées sur un châssis robuste qu'il a construit lui-même. Il a également construit les socs du semoir direct, conçus pour pénétrer efficacement dans le sol tout en minimisant les perturbations. Enfin, afin d'assurer un contact optimal entre les graines et le sol, il a ajouté des chaînes suivies de roues de charrue à la conception du semoir. Ces composants pressent et recouvrent les graines, améliorant ainsi la germination et l'établissement des cultures de couverture.



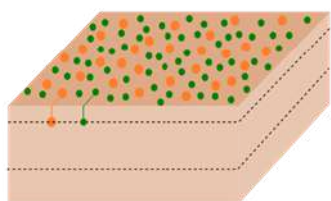
Figure 6 : Illustration de la construction d'un semoir sans labour permettant de semer plusieurs espèces simultanément. Crédit : E. Fouillet, INRAE



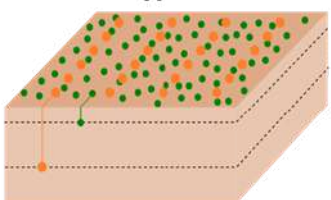
### 1.2.5 Construction d'un semoir pour semer des mélanges d'espèces



**Type 2**



**Type 3**



**Type 6**

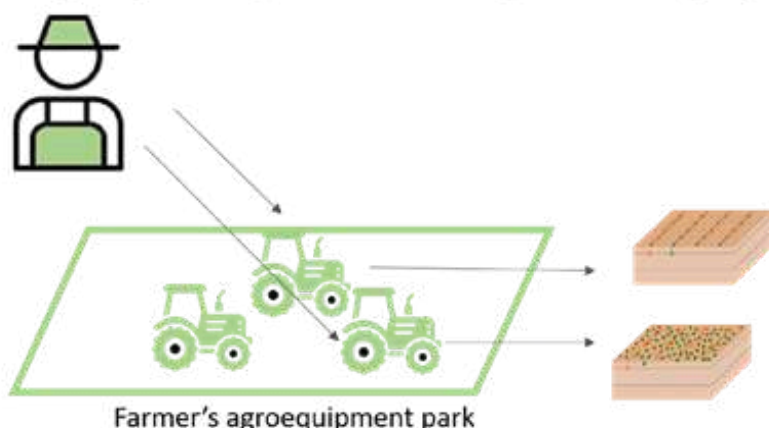
Cet exemple illustre la construction d'un semoir permettant de semer plusieurs espèces simultanément, rapidement, selon différentes dispositions spatiales et avec un contrôle efficace de la profondeur. Le semoir de 6 m de large a été conçu pour être compatible avec des tracteurs de faible puissance tout en conservant une vitesse de travail élevée. La construction du semoir comprend plusieurs éléments clés : (1) une trémie compartimentée pour éviter d'avoir à mélanger les semences des espèces en amont, (2) deux têtes de distribution, chacune reliée à l'un des deux compartiments, (3) un cultivateur à dents pour préparer le sol, sur lequel sont fixés certains des tubes de descente des semences pour le semis en ligne, (4) plusieurs systèmes de distribution pour disperser les graines en semis à la volée, situés derrière les dents du cultivateur, et enfin (5) un connecteur en forme de Y qui peut être utilisé, si nécessaire, pour relier les deux compartiments de la trémie à la même tête de distribution afin de semer les deux espèces de manière identique (en ligne ou à la volée). Cette conception permet de semer des mélanges d'espèces où une ou plusieurs espèces sont semées en rangs (blé-fève, triticale-pois ou seigle-lentille) ainsi que des mélanges où une ou plusieurs espèces sont semées à la volée et enfin des mélanges combinant à la fois le semis à la volée et le semis en rangs (orge-trèfle, orge-luzerne, colza-fève-trèfle-sarrasin).

## 1.3 Trois logiques de gestion du parc d'outils agricoles

Les travaux menés sur la gestion du matériel agricole révèlent trois logiques de gestion distinctes, chacune axée sur des stratégies différentes pour optimiser l'utilisation du matériel agricole et la gestion des mélanges d'espèces : (1) le type A (minimiser les coûts de mécanisation en réutilisant le matériel agricole existant), (2) type B (semis de mélanges en fonction des caractéristiques des espèces par adaptation des équipements agricoles) et type C (choix des mélanges d'espèces et des équipements agricoles en fonction des ressources disponibles localement).

### 1.3.1 Réduire les coûts de mécanisation en réutilisant les équipements agricoles existants

#### Type A: Minimizing mechanization costs by repurposing the existing farm equipment



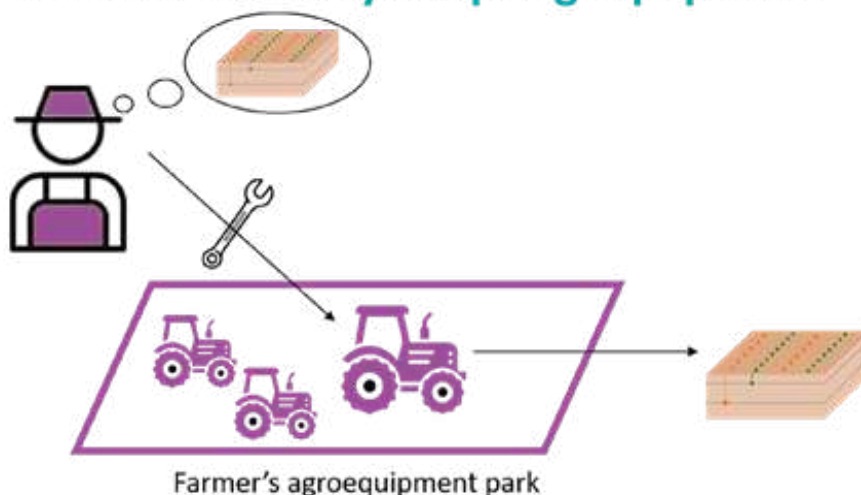
Avec cette logique d'action, les agriculteurs visent à minimiser les coûts de mécanisation en réutilisant les équipements agricoles existants. C'est souvent le cas pour les agriculteurs qui disposent d'un parc d'équipements agricoles important et souvent vieillissant.

Dans cette approche de gestion, le choix de la composition des mélanges d'espèces vise à respecter la physiologie des cultures en tirant le meilleur parti des équipements agricoles disponibles. Pour y parvenir, les agriculteurs réutilisent leurs équipements agricoles pour de nouvelles fonctions, combinent différents types d'équipements agricoles et apportent parfois des modifications structurelles aux équipements agricoles afin de mieux répondre aux besoins des cultures. Ces changements permettent de limiter les investissements, réduisant ainsi les coûts de mécanisation.

Ces agriculteurs utilisent des rotations culturales fixes et des mélanges d'espèces qui peuvent être adaptés à différentes structures de peuplement. Dans ce cas, on trouve le mélange tournesol-luzerne-trèfle semé en détournant l'utilisation d'un microgranulateur (voir 1.2.1 Matériel agricole réutilisé pour semer des cultures de couverture) dans lequel seul le tournesol, qui est la culture principale, est récolté, ce qui simplifie le processus post-récolte en ne nécessitant pas de tri.

### 1.3.2 Semis de mélanges d'espèces en fonction des caractéristiques des espèces en adaptant le matériel agricole

#### Type B: Sowing mixtures based on species characteristics by adapting equipment

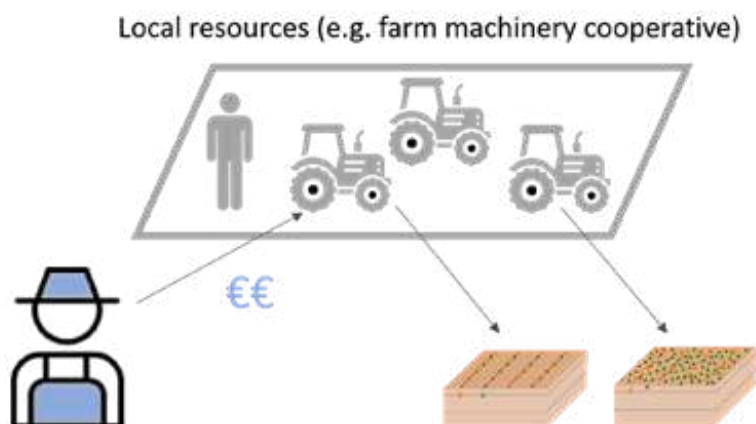


Dans ce type de système, les agriculteurs choisissent des mélanges d'espèces et des méthodes de semis qui respectent les caractéristiques physiologiques des cultures en adaptant le matériel agricole existant. Les agriculteurs concernés présentent des niveaux d'investissement variables et un certain savoir-faire en matière de bricolage, ce qui caractérise leur capacité à modifier le matériel agricole existant, allant de la modification de la structure à la construction artisanale de matériel agricole sur mesure pour répondre à des besoins spécifiques, conformément à leur volonté de respecter les caractéristiques physiologiques des cultures.

Les systèmes de culture de ces agriculteurs présentent des rotations plus ou moins flexibles, leur permettant de s'adapter en fonction de la pression des mauvaises herbes, par exemple. Parmi les mélanges rencontrés, on peut citer l'exemple de la combinaison blé-fève décrite dans la partie 1.2.2 (Matériel agricole bricolé pour semer 2 espèces à 2 profondeurs (ou non)) dans laquelle les deux espèces sont récoltées puis triées à l'aide d'un nettoyeur-séparateur rotatif. En fin de compte, cette logique de gestion souligne l'importance de l'adaptabilité tant des mélanges d'espèces que des équipements agricoles.

### 1.3.3 Choisir les mélanges d'espèces et les équipements agricoles en fonction des ressources disponibles localement

#### Type C: Choosing species mixtures and equipments according to resources available locally



Dans ce type, les agriculteurs choisissent les mélanges d'espèces et les équipements agricoles en fonction des ressources disponibles dans leur environnement. Ces agriculteurs bénéficient notamment de la présence de prestataires de services à proximité qui peuvent leur fournir les services et les équipements agricoles essentiels, que ce soit pour la récolte ou le tri, ainsi que de la réutilisation des équipements agricoles existants. Cela leur permet non seulement de minimiser les coûts d'investissement, mais aussi de personnaliser les équipements agricoles afin de répondre aux besoins spécifiques de leurs cultures.

En tirant parti des ressources disponibles localement, cela leur donne une plus grande flexibilité dans la gestion des cultures. Les décisions relatives au choix des cultures peuvent être fondées sur les conditions actuelles des champs, telles que la pression des mauvaises herbes, ainsi que sur les conditions du marché. Cette adaptabilité permet aux agriculteurs de réagir de manière dynamique à l'évolution des circonstances, ce qui se traduit par des mélanges d'espèces qui sont modifiés d'une année à l'autre. Prenons l'exemple d'un agriculteur qui cultive des mélanges d'orge et de lentilles ou de sarrasin et de trèfle. Pour la récolte, il fait appel à un prestataire disposant d'une gamme de moissonneuses afin d'utiliser le modèle adapté à chaque type de mélange d'espèces. Il fait ensuite appel à un autre prestataire de services disposant d'une chaîne de tri allant des nettoyeurs-séparateurs rotatifs aux trieurs optiques. Cela garantit un processus de récolte et de tri efficace qui optimise la qualité et permet de recycler les produits pour la consommation humaine. Cette approche permet de prendre des décisions éclairées en fonction des ressources disponibles, en mettant l'accent sur la rentabilité et les objectifs spécifiques de l'agriculteur.

## 1.4 Logique de gestion des équipements agricoles lors de l'introduction du premier mélange d'espèces

Dans le cadre de notre étude, il apparaît qu'aucun des agriculteurs interrogés n'avait investi massivement dans des équipements agricoles pour ses premiers essais de mélanges d'espèces. Cela suggère que les agriculteurs s'appuient initialement sur les ressources existantes ou sur des méthodes alternatives pour expérimenter des combinaisons d'espèces. En outre, les agriculteurs ont systématiquement indiqué que les équipements agricoles n'étaient pas perçus comme un obstacle au développement des mélanges d'espèces.

Une analyse de la composition des mélanges d'espèces cultivés pour la première fois par les agriculteurs révèle une diversité considérable. Avec treize combinaisons différentes, les mélanges céréales-légumineuses sont les plus courants parmi ceux cultivés pour la première fois (par exemple, blé-luzerne ou orge-lentille). Il convient de noter que certains agriculteurs ont commencé à utiliser des mélanges à base de combinaisons oléagineux/légumineuses (par exemple, colza/luzerne avec du trèfle dans certains cas).

Plusieurs raisons sont invoquées pour justifier la culture de mélanges d'espèces pour la première fois. L'une des principales motivations est le désir de développer l'utilisation de cultures de couverture, connues pour leur capacité à améliorer la santé des sols et à prévenir l'érosion. Une autre motivation clé est d'optimiser le rendement d'une culture particulière grâce au mélange avec une autre espèce. Pour d'autres agriculteurs, la motivation principale est de gérer et de limiter les risques associés à la résilience accrue offerte par les mélanges d'espèces. Enfin, certains agriculteurs ont choisi d'expérimenter les mélanges d'espèces en réponse à des observations faites dans leurs champs, où des mélanges s'étaient développés spontanément en raison de la présence de repousses de la culture précédente.

Les équipements agricoles utilisés pour cultiver ces premiers mélanges d'espèces se caractérisaient par trois facteurs principaux : (1) les propriétés physiques des équipements agricoles, qui ont joué un rôle essentiel dans le choix des espèces et leur disposition, (2) les utilisations spécifiques des semoirs et des trieurs afin qu'ils puissent répondre aux caractéristiques des mélanges cultivés et récoltés en vue de leur commercialisation, et enfin (3) la structure de propriété des équipements agricoles (privée, individuelle ou collective), qui pouvait a priori influencer la manière dont les agriculteurs abordaient la culture de mélanges d'espèces pour la première fois.

## 1.5 Coévolution des équipements agricoles et des mélanges d'espèces

Les agriculteurs interrogés ont démontré leur capacité d'adaptation en transformant à la fois leurs équipements agricoles et les mélanges d'espèces cultivés. Cette transformation commence souvent par l'acquisition ou la conception d'équipements agricoles spécifiques adaptés à diverses espèces. Par exemple, l'acquisition d'un trieur a permis à deux agriculteurs de cultiver avec succès une grande variété de mélanges d'espèces, illustrant ainsi comment un investissement ciblé dans les équipements agricoles peut faciliter la diversité agricole.

L'optimisation de la gestion des mélanges d'espèces semble être rendue possible par l'acquisition et la conception de nouveaux équipements agricoles. Un exemple notable est celui d'un agriculteur qui est passé du semis de luzerne dans une culture de blé au semis de blé dans une culture de luzerne, un changement qui a nécessité la conception d'un semoir adapté.

L'adaptation de l'utilisation des équipements agricoles est essentielle à la réussite des nouveaux mélanges d'espèces. Cependant, les agriculteurs s'engagent à optimiser de manière itérative, en affinant à la fois la gestion des mélanges d'espèces et leurs équipements agricoles. Par exemple, sur une période de quatre ans, un agriculteur a ajusté les densités de semis et testé différents types d'équipements agricoles et de combinaisons.

À mesure que les agriculteurs augmentent la diversité des mélanges d'espèces cultivées, ils peuvent être amenés à remplacer leur matériel agricole par des alternatives plus flexibles ou plus performantes. Par exemple, un agriculteur a remplacé un semoir à disques à triple trémie par un semoir centrifuge afin d'obtenir une plus grande précision dans la densité de semis, tout en offrant une meilleure adaptabilité aux différentes conditions du sol et un débit accru.

À l'inverse, les agriculteurs abandonnent parfois certains mélanges d'espèces ou certains équipements agricoles pour diverses raisons : (1) inadéquation d'une espèce particulière à la situation de production, (2) mauvaise gestion des interactions entre les espèces ou (3) disparition des débouchés commerciaux pour certaines espèces. Dans tous les cas, le matériel agricole n'a jamais été cité comme raison d'abandonner les mélanges d'espèces, ce qui indique que les obstacles résident avant tout dans les aspects agronomiques et commerciaux et que les agriculteurs sont capables de trouver des solutions techniques.

En conclusion, l'interaction entre, d'une part, la transformation des équipements agricoles, par le biais d'acquisitions, d'adaptations et d'améliorations itératives et, d'autre part, la gestion des mélanges d'espèces est un processus dynamique qui reflète l'innovation des agriculteurs et permet d'améliorer les systèmes de culture.



## 1.6 Trois approches de la conception d'équipements agricoles pour cultiver des mélanges d'espèces à long terme

La première approche peut être qualifiée de « conception frugale pour tester différents mélanges d'espèces ». Elle se caractérise par la transformation d'équipements agricoles existants, l'achat d'équipements agricoles d'occasion et le recours à des services permettant de limiter les coûts d'investissement tout en multipliant les expériences avec des mélanges d'espèces.

La deuxième approche peut être décrite comme une « conception standardisée pour optimiser la production à grande échelle ». Cette approche se caractérise par l'acquisition d'une large gamme d'équipements agricoles et par leur transformation, notamment pour le semis, le tri et la récolte, permettant une production à grande échelle d'une gamme diversifiée de mélanges d'espèces. Cette standardisation permet non seulement de rationaliser les processus de production, mais aussi de garantir que les agriculteurs puissent gérer et cultiver efficacement des mélanges diversifiés.

La troisième approche est connue sous le nom de « conception flexible pour des pratiques de mélanges diversifiés ». Cette approche se caractérise par l'acquisition progressive de divers équipements agricoles permettant une gestion autonome et adaptable des mélanges d'espèces sur le long terme. Elle se caractérise également par la transformation progressive des équipements agricoles, en particulier des semoirs existants. En concevant des équipements agricoles de semis flexibles, ces agriculteurs peuvent répondre à l'évolution de leurs besoins et optimiser leurs pratiques pour une gamme diversifiée de mélanges d'espèces, ce qui leur permet de s'adapter à divers contextes agricoles.

## Conclusion

L'intégration des cultures associées avec des mélanges d'espèces dans les systèmes de culture est de plus en plus reconnue pour ses avantages potentiels, mais le rôle des équipements agricoles dans ce processus a été peu exploré. Cette étude souligne l'importance des équipements agricoles dans le développement des mélanges d'espèces, propose un cadre pour mieux comprendre leur gestion et leur conception, et enrichit notre compréhension des mélanges d'espèces en proposant une typologie qui complète les typologies existantes (Gardarin et al., 2022 ; Verret et al., 2020). Dans cette étude, nous introduisons le concept de « logique de gestion des équipements agricoles », qui nous aide à comprendre les motivations qui sous-tendent les décisions des agriculteurs concernant l'utilisation des équipements agricoles en relation avec les mélanges d'espèces. En outre, nous avons étudié les processus de conception, c'est-à-dire la manière dont les agriculteurs conçoivent et adaptent les équipements agricoles pour soutenir la culture à long terme de mélanges d'espèces.

La gestion des équipements agricoles permet aux agriculteurs d'atteindre leurs objectifs tout en favorisant la durabilité et la résilience de leurs pratiques agricoles. Contrairement à une idée reçue, les équipements agricoles ne constituent pas un obstacle au développement des mélanges d'espèces, car les agriculteurs contournent ces difficultés en utilisant diverses alternatives : (1) modifier, réutiliser et construire des équipements agricoles pour répondre à leurs besoins spécifiques, et (2) effectuer des achats collaboratifs pour compléter les achats individuels, ce qui leur permet d'expérimenter et de repenser progressivement les mélanges d'espèces. En reconnaissant et en renforçant le rôle des équipements agricoles dans le développement des mélanges d'espèces, notamment en tenant davantage compte des équipements agricoles dans les études agronomiques consacrées à ce sujet, nous pouvons soutenir et promouvoir l'appropriation de pratiques innovantes telles que les mélanges d'espèces.

D'un point de vue prospectif, les résultats de cette recherche présentent un intérêt pour l'action en raison de leurs implications pour les différents acteurs impliqués dans la promotion de l'appropriation des mélanges d'espèces dans divers contextes. Les coopératives d'utilisation de matériel agricole (CUMA) et le renforcement des collaborations avec les entrepreneurs locaux peuvent jouer un rôle essentiel en : (i) donnant accès à des équipements agricoles adaptés aux mélanges d'espèces, et (ii) organisant des formations et des ateliers axés sur la modification et l'entretien des équipements agricoles afin d'améliorer les compétences des agriculteurs.



# INTERCROP VALUES



Funded by  
the European Union

