

Chef de file



Partenaires



Rapport Technique Principal du projet n° 977914 (2020-2022)

MARCO - MARaîchage sur COuverts végétaux sans herbicides

Cette action a reçu le soutien financier de :



Code Grab	01503
Date	Avril 2024
Auteurs	Védie Hélène, Grab
Contributeurs	Maxime Desmul (SERAIL), Samuel Menard, Jean Michel LHOTE (ACPEL), Stéphanie Gazeau (MAB16), Andrea Adamko-Sevestre (Grab)
Crédits Photo	Grab, ACPEL, SERAIL, MAB16
Droit d'usage	Licence CC BY SA Tous les contenus de ce document sont mis à disposition selon les termes de la licence Creative Commons CC BY SA (Attribution et Partage dans les mêmes conditions). Cela signifie que ces contenus sont réutilisables et modifiables par quiconque et ce gratuitement, moyennant le fait qu'il mentionne le nom des auteurs et qu'il partage son œuvre sous les mêmes conditions.
Diffusion	Publique
Contact	Hélène Védie

Pour citer ce document :

Védie H. 2024. Maraîchage sur couverts végétaux sans herbicides. Rapport technique du projet MARCO 2020-2022. Avril 2024. 15 p.



Résumé

Le projet MARCO a réuni 4 partenaires dans 4 régions pendant 3 ans pour étudier une technique innovante sur l'utilisation et la maîtrise de couverts végétaux par roulage, sans utilisation d'herbicide, afin d'implanter les cultures sans travail du sol, ou avec un travail du sol localisé à la ligne de plantation. Les essais, à la fois annuels pour étudier des leviers d'amélioration de la technique, et pluri-annuels pour observer l'effet cumulatif de cette pratique ont permis 1) de fournir de nombreux résultats sur la mise en œuvre de la pratique et ses performances agronomiques, 2) d'identifier les principaux verrous techniques et les leviers potentiels d'amélioration et 3) de proposer une aide à la décision, via des arbres de décision pour favoriser l'adoption et la réussite de cette pratique par les maraîchers.

Les résultats obtenus montrent que la technique d'implantation des cultures maraîchères dans des couverts végétaux couchés au rouleau face et maintenus en surface lors de la culture suivante (avec un travail du sol limité aux lignes de plantation) nécessite quelques conditions pour réussir :

- Des couverts végétaux semés assez tôt à l'automne avec des espèces et doses de semis adaptées de façon à atteindre au printemps 1) une biomasse suffisante, 2) le stade phénologique adapté (début grain pâteux pour les graminées, gousse pour les légumineuses) à la destruction par rouleau et 3) la maîtrise des adventices.
- Une disponibilité en eau suffisante au printemps lors de l'implantation des cultures car le sol est asséché par la croissance des couverts au printemps. Cette contrainte s'avère d'autant plus forte si les couverts végétaux sont semés au printemps.

Sur les essais « système », où les temps de travaux sont mesurés, cette technique montre des avantages indéniables de réduction du temps passé aux différentes opérations culturales. Lorsque les couverts produisent une biomasse suffisante, ils assurent une bonne maîtrise des adventices pendant la culture et permettent de réduire le temps de désherbage. Ils semblent également que la fertilité des sols soit préservée en termes de structure et d'activité biologique (essais en aquitaine et bretagne), même si ce n'est pas toujours le cas (sol limono-argileux en PACA). Néanmoins, les résultats culturaux sont globalement inférieurs que dans les itinéraires de référence, en particulier sur les cultures semées qui germent très mal, et la perte de précocité est générale en lien avec un moindre réchauffement du sol au printemps. Sur les essais systèmes les plus anciens, ces inconvénients s'accroissent, ainsi que la présence des adventices pérennes et de certains ravageurs telluriques, qui est croissante avec le temps.

Un bilan est proposé pour faire le point sur les avantages et les inconvénients de la technique, pour utiliser des leviers complémentaires (tels que la fertilisation et/ou l'irrigation accrue à la plantation), et in fine, de définir les règles de décision pour mettre en œuvre ou non les pratiques et de voir comment elles peuvent s'insérer sur les exploitations dans une logique de succession de cultures.

Sommaire

1. Résultats des expérimentations conduites	2
1.1 Les essais annuels.....	2
1.1.1 Choix des espèces, des doses de semis et de la date de roulage d'un couvert d'automne-hiver en Rhône-Alpes.....	2
1.1.2 Choix des espèces et de la date de roulage en Bretagne	4
1.1.3 Fertilisation : intérêt d'un apport d'engrais « starter » pour compenser une minéralisation plus lente au démarrage	4
1.1.4 Dates d'implantation de la culture dans le couvert.....	4
1.1.5 Semer un couvert végétal dans les résidus de culture sans travail du sol : test de différents matériels et choix du couvert	5
1.1.6 Maîtrise mécanique de l'enherbement sur une culture implantée dans un couvert : test de la désherbeuse Orbis de Roll'n'Sem.....	5
1.2 Les essais systèmes pluriannuels	6
1.2.1 Synthèse des résultats des essais pluriannuels	6
1.2.2 Conclusions communes sur les essais pluriannuels.....	9
2. Identification des freins/leviers à la réussite de la technique couverts roulés en maraîchage	10
2.1 Les freins et leviers mis en évidence sur les différents essais réalisés.....	10
2.2 Proposition de schéma décisionnel pour favoriser la réussite de la technique	10
3 : Les outils créés dans le cadre de MARCO pour favoriser la mise en œuvre de la technique et les pistes pour favoriser le transfert	11
3.1 Les rouleaux pour coucher un couvert végétal.....	11
3.2 Les outils pour implanter une culture dans un couvert couché	13
3.3 Les conditions de transfert sur les exploitations	15
Conclusion – Perspectives	15

1. Résultats des expérimentations conduites

Plusieurs types d'essais ont été suivis pour produire des références : 1) des essais annuels portant plus spécifiquement sur la conduite des couverts et des cultures implantées dans ces couverts, mis en place dans des stations expérimentales ou chez des agriculteurs. Dans cette catégorie nous distinguons des essais de criblage des couverts potentiellement intéressants (test d'un grand nombre de couverts et/ou couples couvert/culture), des essais analytiques avec répétitions, portant principalement sur les couples couverts/cultures, et des essais sans répétitions en bandes chez des agriculteurs. 2) des expérimentations 'Système' afin d'évaluer l'effet des pratiques à plus long terme et la façon dont elles s'insèrent dans des successions de cultures. Le tableau 1 donne le détail des essais mis en place par les partenaires. Chaque essai a fait l'objet d'un compte-rendu annuel.

1.1 Les essais annuels

L'objectif de ces essais était de permettre d'étudier différents leviers d'action pour optimiser la technique et diminuer les risques négatifs à court terme. Les leviers étudiés ont ainsi été : le choix des meilleurs couverts pour une utilisation en couvert couché, l'effet des dates d'implantation et de destruction, l'intérêt d'un apport d'engrais starter à la mise en place de la culture, et la technique de semis d'un couvert dans un mulch végétal.

1.1.1 Choix des espèces, des doses de semis et de la date de roulage d'un couvert d'automne-hiver en Rhône-Alpes

Essais conduits par la SERAIL : 2021, 2022

Des expérimentations ont été conduites à la station SERAIL durant deux années successives. En 2021, un essai de criblage de différents mélanges candidats avait pour but d'identifier des couverts aptes à être roulés avec un rouleau auto construit à l'atelier paysan (roloflex). Différents mélanges d'espèces contenant une graminée et une légumineuse, semés à différentes doses ont ainsi été mis au banc d'essai pour la première année d'expérimentation. Différents stades de destruction ont également été testés afin de déterminer une date optimale de roulage : avant floraison, à l'épiaison, après remplissage des grains des graminées. Le mélange à base de seigle/vesce semé à la dose de 120 kg/Ha et détruit au stade intermédiaire grain laiteux/pâteux s'est avéré être le plus intéressant pour plusieurs raisons. Parmi les différents candidats évalués, il a produit la biomasse la plus importante et a montré la meilleure aptitude à rester plaqué au sol après le passage du rouleau et ainsi assurer une couverture du sol suffisante pour garantir une bonne maîtrise des adventices. La hauteur importante du seigle permet au rouleau d'induire de nombreux pincements sur la tige et d'entraîner ainsi un dépérissement rapide de la plante. Les deux autres mélanges à base d'avoine et de féverole ainsi que de blé et de pois n'ont pas montré d'intérêt particulier dans les conditions de l'expérimentation.

Durant l'année 2022, l'expérimentation réalisée visait à assurer la continuité des travaux engagés en 2021 à savoir : tester différents leviers pour assurer une bonne gestion du roulage. Plusieurs facteurs ont ainsi été évalués : espèces composant les mélanges dans les couverts, doses de semis et date d'implantation. Une date d'implantation tardive (fin septembre) des couverts a permis la production d'une meilleure biomasse pour la majorité des candidats en comparaison avec une date d'implantation plus précoce (fin août), et a ainsi permis d'assurer une meilleure maîtrise du développement des adventices. Le triticale s'est avéré être un candidat intéressant dans les conditions de l'expérimentation en termes de production de biomasse, de précocité et d'aptitude à rester plaqué au sol.

Tableau 1 : Essais annuels et systèmes mis en place dans le projet MARCO entre 2020 et 2022

Essai annuel		
Contenu	Objectif	Partenaire, Année
Criblage de couverts végétaux en vue d'une destruction par roulage. Essai en bandes avec 9 couverts différents et 3 dates de roulage	Tester plusieurs dates de destruction au printemps pour un couvert d'automne-hiver semé en Rhône Alpes.	SERAIL : 2020-2021
Criblage de différents leviers en vue d'une destruction par roulage de différents couverts végétaux	Tester plusieurs dates d'implantation de couvert et différents mélanges d'espèces	SERAIL : 2021-2022
Évaluation de différentes dates de roulage d'un couvert d'avoine/féverole/trèfle blanc et de l'effet sur cultures de choux et fenouil.	Tester plusieurs dates de destruction pour un couvert de printemps semé en Bretagne. Evaluer le comportement de cultures plantées	GRAB-AwenBio (29), 2021 (3 dates de roulages, 2 cultures plantées)
Évaluer la faisabilité du semis d'une culture semé dans un couvert couché	Tester plusieurs espèces (betterave, courge) en semis direct dans différents couverts couchés	GRAB-AwenBio (29), 2022 (essai betterave en station, courge chez un producteur)
Evaluer l'impact d'un apport d'engrais à la plantation de de la culture. Essai en bandes	Tester plusieurs doses de fertilisation pour compenser une minéralisation plus lente au démarrage	ACPEL : 2020 (poireau), 2021 (céleri), 2022 (céleri)
Tester différentes dates d'implantation de la culture dans le couvert	Évaluer le rendement et la qualité de la culture	ACPEL : 2022
Améliorer la gestion des adventices dans une culture sur couvert couché	Tester différents outils de désherbage dans ce système	ACPEL : 2022
Évaluation de différentes méthodes de semis de couverts végétaux dans un paillage de surface	Tester plusieurs techniques et plusieurs dates de semis de couvert après une culture sur couvert roulé	MAB 16 : 2021 et 2022
Expérimentations systèmes		
Contenu	Objectifs assignés aux systèmes	Partenaire, Année
1 essai existant en AB (79) ; 1 système classique ; 1 système innovant avec semis ou plantation dans un couvert roulé - 2 couverts x 2 légumes/an	1- Contrôler les adventices 2-Maintenir un rendement équivalent 3- Augmenter la MO	ACPEL, 2020 ACPEL, 2021 : courges, plantées et semées ACPEL, 2022
1 essai en AB (16) : - 1 système témoin classique - 1 système innovant avec semis ou plantation dans un couvert roulé 1 couvert x 1 légume/an	1- Contrôler les adventices 2-Maintenir un rendement équivalent 3- Augmenter la MO	2020 : 5 variétés de courges testées 2021-2022 : céleri
1 essai existant en AB : une conduite classique du couvert en Engrais vert ; une conduite avec couverts couchés + Strip-till ; effets pour différents légumes *6 modalités ; *2 légumes/an (1 semé, 1 planté)	1- Améliorer la fertilité du sol 2- Contrôler les adventices 3- Maintenir les performances culturales 4- Réduire la consommation d'intrants (paillages, fuel)	GRAB, station Avignon : 2020, 2021, 2022
1 nouvel essai AB : 3 modalités testées : SdCC= plantation dans couvert couché ; SdCR= plantation sur bâche polyéthylène ; SdCB= plantation dans un couvert broyé Culture de fenouil	1- Maintenir un rendement équivalent 2- Contrôler les adventices 3- Evaluer l'impact du couvert sur la qualité des produits	GRAB, station Awen Bio, 2021 et 2022. <i>Essai avec changement de parcelle entre les 2 années</i>

1.1.2 Choix des espèces et de la date de roulage en Bretagne

Essais conduits par le GRAB – Station Awen Bio : 2021, 2022

En 2021, un premier essai avait pour objectif de déterminer le moment le plus propice du roulage du couvert végétal. 3 différents stades de destruction ont été réalisés pour un couvert d'avoine-trèfle : au début de la floraison, au stade grains laiteux et pâteux de l'avoine.

Le printemps 2021, avec des périodes sèches, n'a pas permis le développement d'une biomasse conséquente. La floraison de l'avoine a débuté mi-juin avec des plants qui atteignaient 1,50m environ. Le trèfle blanc n'est pas adapté à la destruction par roulage car il n'est pas détruit et poursuit son développement sur le mulch couché, ainsi que sur la culture d'intérêt. Il y a peu de différences entre les dates de roulage testées, mais l'avoine se redresse (les individus en retard de développement) à environ 30 cm lorsqu'elle est couchée au stade floraison, ce qui nécessite de multiplier les passages de rouleau Faca pour arriver à un résultat correct.

L'objectif d'un deuxième essai était de comparer une rotation de culture sur deux ans dans la même parcelle sur couvert couché en comparaison avec une conduite technique de référence. En raison des difficultés citées précédemment avec le couvert avoine-trèfle (retard de développement, présence de trèfle blanc envahissant dans le mélange), la culture de fenouil prévue pour une récolte d'automne, dans la modalité couvert couché, n'a pas pu être récoltée qu'en janvier. Il était alors trop tard pour semer un nouveau couvert dans de bonnes conditions, il a donc été décidé de mettre en place l'essai 2022 dans une autre parcelle.

En 2022 les essais avaient pour objectif de tester des cultures semées dans un couvert couché. Deux essais ont été mis en place : semis de betterave dans un couvert d'avoine sur la station et de courge dans un couvert de seigle et trèfle rouge chez un producteur.

Les conditions météorologiques de l'année 2022, marquée par un été très sec et chaud, n'ont pas permis de mener ces essais à bien. Le manque d'eau a plus particulièrement affecté les modalités sur couvert couché, où les réserves ont été diminuées par les végétaux de couvert. Cette méthode sans un système d'arrosage en plein champ semble être plus fragile que la pratique de référence avec travail du sol.

1.1.3 Fertilisation : intérêt d'un apport d'engrais « starter » pour compenser une minéralisation plus lente au démarrage

Essais conduits par l'ACPEL : 2020, 2021

Libération des engrais starter testés : 15 jours à trois semaines après plantation dans le couvert, on retrouve une augmentation du taux de nitrate dans le sol qui correspond à l'ajout d'azote d'engrais organique à libération rapide (AB'FLOR® 13N) dans la ligne de plantation. On note une disponibilité croissante de l'azote pour les modalités ayant reçu jusqu'à 45U. Par la suite les teneurs en nitrate du sol ont diminué avec le développement de la culture.

A la récolte, nous n'avons pas observé de différence de poids (céleris, poireaux) entre les différentes doses d'engrais starter testés. Or on avait confirmé (2018) qu'un engrais starter est nécessaire pour permettre une bonne implantation et un bon développement de la culture dans un couvert roulé. Mais pour ces deux années d'essais, l'irrigation a été le facteur. En effet, l'irrigation par aspersion (non différenciés entre la culture plantée classiquement avec un travail du sol et celle implantée dans le couvert) n'a pas permis aux cultures de poireaux (2020) et de céleris (2021) implantée dans le couvert de se développer. Ainsi nous ne pouvons pas conclure sur l'incidence de la dose d'engrais starter.

1.1.4 Dates d'implantation de la culture dans le couvert

Essai conduit par l'ACPEL : 2022

En 2022, le couvert s'est bien développé et a consommé la réserve hydrique du sol. Sans irrigation significative du sol, début juin, sur le couvert couché, l'implantation d'une culture de légume n'est pas possible. Or la faible disponibilité en eau de l'exploitation de Légume&Co et les limitations d'irrigations en Deux-Sèvres n'ont pas permis l'implantation de la culture de poireaux initialement prévue. Ainsi dans ces conditions, il n'a pas été possible d'évaluer l'impact de la date d'implantation de la culture dans le couvert par rapport à la date de roulage.

1.1.5 Semer un couvert végétal dans les résidus de culture sans travail du sol : test de différents matériels et choix du couvert

Essai conduit par le MAB 16 et l'ACPEL : 2021 et 2022

Lors des 2 essais conduits, on a testé le semis de différents couverts, à différentes doses, avec ou sans vibration du semis, et avec ou sans pré-germination des graines, dans un mulch végétal (broyage des résidus de culture et restes du couvert précédent laissé en surface pour la culture).

Les principaux résultats sont les suivants :

- Le choix de la densité de semis est important pour maîtriser l'enherbement de la parcelle : sur les 2 années d'essai, la densité de semis à 150 kg/ha a donné les biomasses les plus importantes. Une dose supérieure de semis n'a pas donné de meilleurs résultats
- Le choix des espèces et des variétés composant le couvert est important, en veillant à la durée de leur cycle, leur précocité et leur capacité à produire une biomasse. Le seigle forestier a eu un meilleur comportement, plus couvrant que le triticale.
- La pré-germination des semences ne permet pas d'obtenir de gain de biomasse du couvert.
- Le semis avec un semoir à disques permet de semer un couvert (mélange graminées /légumineuses) dans un paillage végétal, à l'automne. La production de biomasse sera d'autant plus importante que le semis sera vibré (un passage superficiel du broyeur à marteau) pour faciliter le contact terre/semences.

Dans un itinéraire sans travail de sol, implanter un couvert sans strip-till pour fabriquer un paillage pour la culture suivante est possible grâce à la combinaison du semoir à disque suivi d'un passage superficiel du broyeur à marteau.

1.1.6 Maitrise mécanique de l'enherbement sur une culture implantée dans un couvert : test de la désherbeuse Orbis de Roll'n'Sem

Essai conduit par l'ACPEL : 2022

Le désherbage a été testé sur une culture de poireaux, implantée tardivement sur un couvert couché depuis plus d'un mois, et déjà dégradé. Le matériel testé a donné satisfaction et a permis de limiter l'enherbement avec plusieurs passages pendant la culture. Sur des adventices avancées, 2 passages successifs d'ORBIS permettent de mieux contrôler l'enherbement sur le couvert qu'un seul passage.

Il sera intéressant par la suite de tester l'ORBIS sur des adventices à un stade plus précoce et de répéter son utilisation en fonction du salissement du couvert. Une utilisation optimale de l'ORBIS devrait permettre de désherber correctement une culture implantée en ligne dans un couvert en un seul passage au bon stade (gain de temps, économie de carburant, tassement du sol moins important).



1.2 Les essais systèmes pluriannuels

Les expérimentations systèmes comparent plusieurs systèmes de culture, incluant au minimum un système de culture de référence (modalité classique) et un système de culture innovant sur l'implantation de légumes sur couverts végétaux. Elles permettent d'évaluer l'effet des pratiques à plus long terme et la façon dont elles s'insèrent dans des successions de cultures. Ces essais, en complément des essais annuels, permettent aussi d'établir des règles de décision pour mettre en œuvre ou non les pratiques dans un système de cultures.

1.2.1 Synthèse des résultats des essais pluriannuels

Essai conduit sur la station expérimentale de GRAB à Avignon.

Les objectifs de cet essai étaient de :

- Evaluer différents couverts végétaux sur leur potentiel de recouvrement, de production de biomasse et de « couchabilité » au rouleau,
- Comparer des itinéraires avec couvert couché (RF) et travail du sol limité au strip-till à des itinéraires où le couvert est conduit classiquement en engrais vert (EV) avec broyage et enfouissement par le travail du sol
- Planter 2 cultures différentes sur ces couverts pour observer si certaines cultures sont mieux adaptées que d'autres à la plantation sur couvert roulé au rouleau Faca,
- Étudier deux modes d'implantation de cultures : cultures semées ou plantées en mottes.

Ces objectifs sont déclinés dans un dispositif expérimental de 6 modalités en bandes (figure 1).

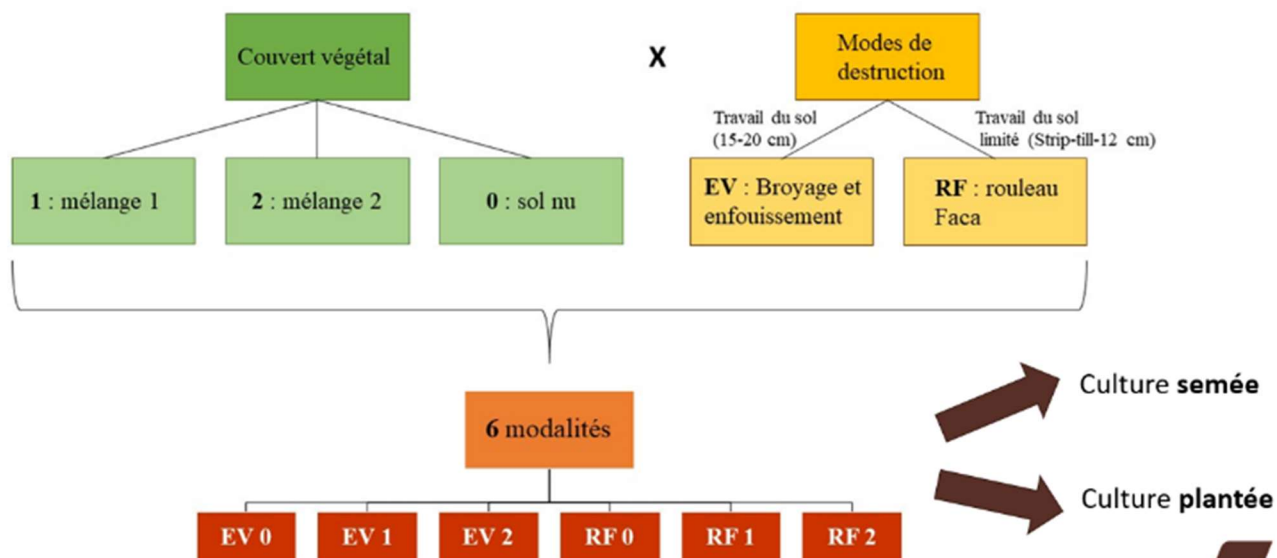


Figure 1 : modalités expérimentées sur l'essai système –GRAB Avignon

Les couverts végétaux utilisés sont des mélanges de graminées et légumineuses (voir détail tableau 2a) qui chaque année ont été semés la 1^{ère} quinzaine d'octobre, et détruits entre le 25 avril et le 20 mai de l'année suivante, selon la date d'atteinte du stade laiteux-pâteux des grains de la graminée. Les biomasses sèches produites ont été comprises entre 9,5 et 14 tonnes de matière sèche/ha pour tous les couverts chaque année, satisfaisant les conditions a priori de production de biomasse pour assurer un paillage suffisant pour la culture suivante.

On a mesuré une réduction importante des adventices sur les modalités RF par rapport aux modalités EV, qui ont permis de diminuer le temps de désherbage de plus de moitié. Mais le développement des vivaces a été de plus en plus important sur les modalités RF, sans travail du sol, jusqu'à devenir vraiment problématique les 2 dernières années.

Les cultures implantées dans l'essai (voir détail en tableau 4b) ont eu des performances inférieures dans les modalités RF que dans les modalités EV, avec des pertes de rendement plus ou moins marquées selon les espèces, mais semblant s'accroître avec le temps. Pour les cultures semées, on a à la fois une réduction de la levée des espèces, plus marquée pour les petites graines (réduction de 100% pour la betterave à 25% pour la courge ou le haricot).

La réduction des performances des cultures dans le système « RF » est liée à plusieurs facteurs que nous avons pu mesurer sur les essais : une structure de sol nettement dégradée sur les modalités RF, la diminution

de la température du sol qui entraîne une perte de précocité des cultures, la modification de la dynamique de l'eau dans le sol (en lien avec la structure) qui rend difficile la bonne gestion de l'irrigation des cultures, et l'impact croissant du développement d'adventices vivaces et de ravageurs comme les campagnols.

Tableau 2 : Couverts végétaux (2a) et cultures (2b) implantés sur l'essai

Année	CV1	CV2
2018-2019	Blé + Pois + TI (75+80+12)	Orge + Féverole + Pois (50+100+64)
2019-2020	Blé + Pois + TI (75+80+12)	Orge + Féverole (50+100)
2020-2021	Seigle + Pois + TI (60+80+12)	Avoine + Féverole (80+92)
2021-2022	Seigle + Pois (80+100)	Triticale + Féverole (80+120)

Année	Plantée	Semée
2019	Salade	Haricot
2020	Fenouil	Betterave
2021	Courge buttenut	Courge butternut
2022	Fenouil	Maïs doux

A l'issue des 4 années d'essai, l'impact de la diminution du travail du sol avec des couverts couchés et un travail limité à la ligne de semis/plantation par un strip-till donne donc des résultats très mitigés :

- Les atouts écologiques (diminution de consommation de carburant et de paillage plastique) et de réduction du temps de travail (temps de destruction des couverts, de préparation de sol, de désherbage, sauf en 2022) restent intéressants et conformes aux résultats obtenus dans les expérimentations du GRAB depuis 2015.
- Les couverts d'interculture d'automne-hiver de longue durée permettent des productions de biomasses de l'ordre de 10 tMS/ha/an. Ils ont un effet positif sur le taux de MO du sol et limitent le développement des adventices sur les parcelles par rapport à un sol nu, que ce soit avec ou sans travail du sol.
- Les effets de réduction de température et de changements de dynamique de l'eau dans le sol, se traduisant par une perte de précocité et de vigueur des cultures, perdurent dans le temps,
- Les pertes de rendement sont trop importantes pour la viabilité économique de cette pratique.
- Le lit de semences n'est pas suffisamment fin avec le matériel utilisé, malgré une amélioration notable avec la nouvelle version du strip-till de 2022 (cf 2.3.2), et limite fortement la levée de cultures semées.
- Les effets bénéfiques attendus de la diminution du travail du sol sur la fertilité ne sont pas observés. On observe à l'inverse une densification et une compaction forte du sol sur les modalités sans travail du sol, notamment liées à la texture limono-argileuse du sol sensible à ces phénomènes, qui se traduit par un enracinement réduit des cultures et une mauvaise maîtrise de l'alimentation en eau. On n'a pas d'évolution notable des teneurs en éléments nutritifs, ni de l'activité biologique (mesurée par la biomasse microbienne et l'activité des vers de terre) avec travail du sol réduit.
- Les verrous techniques sont croissants, notamment un développement des vivaces toujours plus important d'une année sur l'autre et l'intensification des problèmes de campagnols sur les modalités avec travail du sol réduit, qui ont été particulièrement marqués en 2022.

Essai conduit par l'ACPEL : SITE legumes&co (79)

La réussite du paillage in situ (couvert roulé sans adventices) est déterminante pour la réussite de la technique d'implantation d'une culture dans un couvert roulé. Sur ce site, seuls les couverts de la campagne 2019 (1 année sur 6) ont permis d'obtenir une biomasse suffisante. Les principaux facteurs expliquant cette faible biomasse sont : le semis tardif (récolte de la culture précédente et disponibilité du semoir), le déficit hydrique au printemps et l'apparition des vivaces après plusieurs années de non travail du sol.

Sur les cinq années d'essai, aucun légume planté ou semé dans le couvert n'a pu être commercialisé sur cette parcelle d'essai :

- problème de rongeurs (2018) amplifié par le couvert et le non travail du sol (pas de destruction des galeries),
- problème pour semer mécaniquement dans le couvert avec l'utilisation de la planteuse modifiée pour ouvrir le couvert suivi d'un semis trop profond,
- problème de désherbage à cause d'un paillage non optimal (biomasse trop faible du couvert) et apparition de vivaces : chiendent suite à un non travail du sol depuis 5 ans (2021,2022),
- problème de disponibilité en eau car cette technique conduit à un assèchement du sol en fin de période de développement des couverts (2020, 2021, 2022).

La pratique de couverts végétaux reste intéressante pour la structuration du sol. Mais le maintien du couvert tardivement au printemps provoque la consommation de la réserve hydrique du sol. Sans irrigation significative du sol, début juin, sur le couvert couché, l'implantation d'une culture de légume n'est pas possible. Ainsi, la technique d'implantation d'une culture de légume dans un couvert roulé n'est pas adapté au contexte de l'exploitation de Légumes & Co (disponibilité en eau).

Essai conduit par l'ACPEL : SITE Jardins de l'Osme (16)

Sur ce site, inondable en hiver (2020,2021), seuls les couverts de la campagne 2022 (1 année sur 3) ont permis d'obtenir une biomasse fraîche >35t/ha et sèche > 8t/ha suffisante pour permettre l'implantation d'une culture de légume dans un couvert roulé.

Quatre facteurs ont permis d'obtenir un couvert avec une biomasse importante en 2022 :

- parcelle non inondée pendant hiver
- implantation non tardive : début octobre,
- des précipitations et des températures autour de 20°C au mois d'octobre, qui ont permis une levée rapide et homogène du couvert,
- 30 unités d'azote apportées au couvert en sortie d'hiver

Sur les trois années d'essai, le rendement des légumes implantés dans le couvert roulé est significativement plus faible que celui des légumes implantés de façon classique.

Plusieurs facteurs peuvent expliquer le moins bon résultat obtenu :

- La date d'implantation des cultures plus tardive (obligation d'attendre le bon stade pour le roulage du couvert)
- Un réchauffement du sol moindre dû à l'effet isolant du mulch (épaisseur de 5 cm)
- Une compétition pour l'eau et l'azote accrue, due à un désherbage moins performant qu'en culture classique
- Une irrigation qui reste à adapter au besoin du sol et de la culture, notamment par un arrosage supplémentaire à la plantation pour humidifier correctement le sol asséché par le couvert.
- Une fertilisation qui doit être adaptée

Néanmoins, le facteur principal limitant de l'essai reste la disponibilité en eau.

Pour la gestion de l'enherbement, l'ajout supplémentaire de foin ou de paille pour que le paillage soit bien occultant aux adventices ne semble pas adapté :

- Réservoir possible de graines d'adventices qui vont germer
- Appétence pour les rongeurs
- Mécanisation difficile de l'apport de foin ou de paille

Les cultures ne sont pas toutes adaptées à l'implantation dans un couvert roulé :

- la culture de céleris a été dévastée par les limaces (présentes dans le couvert en 2022).
- la culture de courge (2020) a pu être commercialisée

Les variétés répondent différemment à cet itinéraire cultural :

- le poids des potimarrons AMORO était significativement inférieur sur le couvert roulé par rapport aux potimarrons cultivés de façon classique
- les poids des potimarrons FICTOR et UCHIKI-KURI était similaire entre la pratique producteur et la pratique implantation dans le couvert.

La mise en œuvre de la technique de couverts végétaux roulés s'est avérée intéressante pour la structuration du sol et l'augmentation du stockage du carbone. Mais les difficultés liées à l'implantation d'une culture de légumes dans un couvert roulé sont importantes :

- Pouvoir planter un couvert suffisamment tôt à l'automne pour produire une biomasse suffisante, alors que les cultures peuvent se terminer tardivement,
- Apparition de vivaces après 5-6 ans de non travail du sol
- Problème de disponibilité en eau au moment de la plantation (juin), sur un sol asséché par les couverts

Cet itinéraire pratiqué en continu, avec des couverts et l'absence de travail du sol chaque année, ne s'est pas avéré adapté au contexte de l'exploitation du jardin de l'Osme. Elle serait à envisager de façon intéressante pour être intégrée ponctuellement dans une rotation avec des cultures conduites classiquement.

1.2.2 Conclusions communes sur les essais pluriannuels

Utilisée plusieurs années consécutives sur une parcelle donnée, la technique d'implantation de cultures maraîchères sur des couverts végétaux couchés avec travail du sol limité à la ligne d'implantation présente des **avantages** :

- maîtrise des adventices annuelles efficace les 1ères années (mais pression des vivaces croissante avec le temps)
- réduction du temps de travail (destruction des couverts, travail du sol, désherbage)
- bonne réussite technique pour certaines cultures (courge) malgré une diminution +/- marquée du rendement

Elle présente aussi des **inconvénients** :

- Pertes de rendement pour la majorité des cultures, notamment technique peu adaptée aux cultures semées
- Accroissement des vivaces au cours du temps
- Augmentation des dégâts liés à certains ravageurs du sol (limaces, campagnols)
- Assèchement du sol par les couverts en printemps sec qui pénalise l'alimentation en eau des cultures suivantes si les possibilités d'irrigation sont limitées

Dans tous les cas, les couverts doivent atteindre une biomasse suffisante (> 8tMS/ha) pour mettre en œuvre la technique dans de bonnes conditions.

La fertilité des sols est plus ou moins préservée selon le type de sol : bons résultats potentiels en sols à tendance sableuse (ACPEL, MAB 16), mais compaction en sol limono-argileux (GRAB Avignon)

2. Identification des freins/leviers à la réussite de la technique couverts roulés en maraîchage

2.1 Les freins et leviers mis en évidence sur les différents essais réalisés

FREINS	LEVIERS
Calendrier tardif pour coucher les couverts au bon stade (15 juin en rhône-Alpes)	Adaptation du calendrier couverts-cultures : Couverts d'été pour détruire plus tôt (sorgho serait à tester...) ?
Nécessite de semer les couverts suffisamment tôt (avant 15/10) pour 1) produire une biomasse suffisante et 2) coucher suffisamment tôt : pas toujours possible selon culture précédente....	Espèces/variétés précoces (le seigle est plutôt tardif en automne-hiver) ? Occultation d'un couvert roulé avant floraison (mais délai occultation - 1 mois- à prévoir dans calendrier + réduction de la biomasse du couvert pendant l'occultation).
Perte de précocité des cultures	Variétés de légumes plus rustiques et adaptées à la technique (sol plus froid et minéralisation décalée)
Technique peu adaptée aux cultures semées	Outils adaptés pour cultures semées (semoir, affinage du lit de semences...) , création d'un lit de semences fin avec un apport de MO (type compost) en surface mais difficile sur de grandes surfaces ; privilégier la plantation en mottes
Problèmes de vivaces et ravageurs	Soigner la protection des cultures sensibles (pièges, orthophosphate de fer...) ; envisager un travail du sol ponctuel pour réguler les populations
Gestion de l'eau (sol asséché au printemps)	En printemps sec, irriguer à la fin des couverts (après couchage) pour pouvoir préparer le sol au strip-till et implanter la culture dans de bonnes conditions

2.2 Proposition de schéma décisionnel pour favoriser la réussite de la technique

L'ensemble des observations et suivis réalisés sur les essais annuels et pluriannuels du projet MARCO permettent de proposer un schéma décisionnel pour optimiser la mise en œuvre de la technique de culture sur couvert couché. Nous avons distingué les conditions pour mettre en place un couvert végétal adapté à cette technique (figure 2), puis l'arbre de décision conduisant à la mise en place ou non- d'une culture dans ce couvert (figure 3).

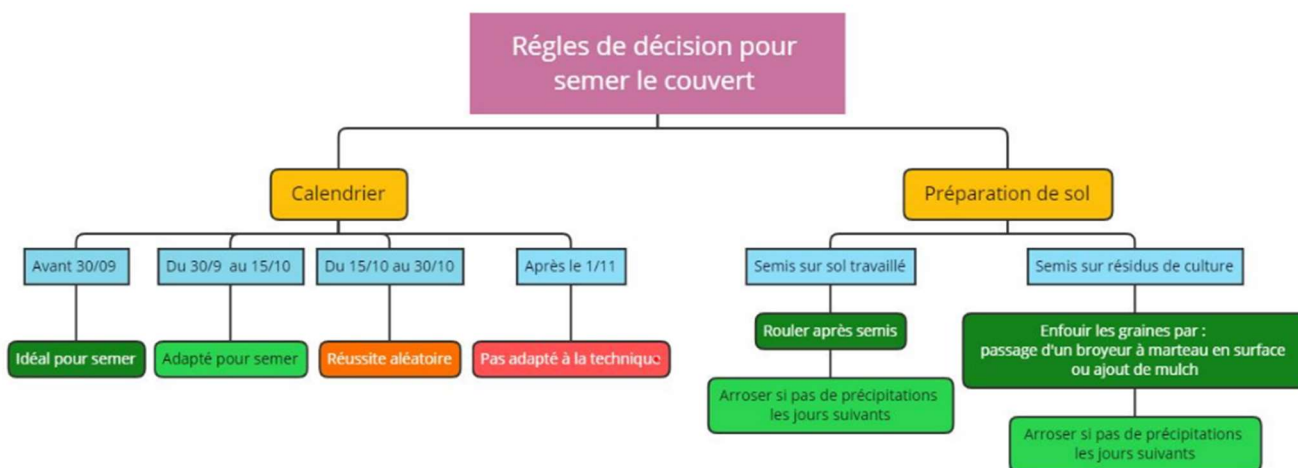


Figure 2 : Règles de décision pour optimiser la mise en place d'un couvert végétal d'automne-hiver

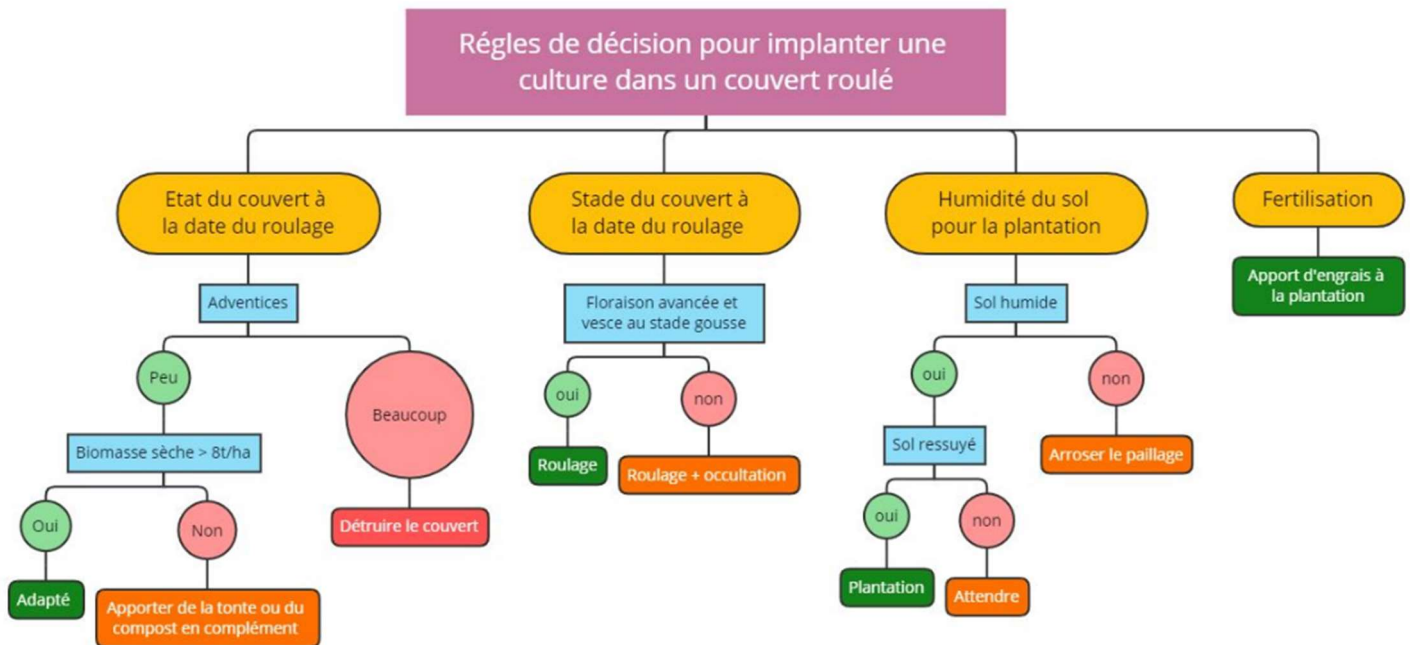


Figure 3 : Arbre de décision pour implanter une culture sur couvert couché

3 : Les outils créés dans le cadre de MARCO pour favoriser la mise en œuvre de la technique et les pistes pour favoriser le transfert

3.1 Les rouleaux pour coucher un couvert végétal

Rouleau créé sur le site ACPEL-Légumes&Co

Les exploitations maraichères ne possèdent pas de rouleau pour coucher les couverts. L'objectif a été de répondre à ce besoin de façon assez simple en auto-construction. Après réflexion avec l'exploitation Légumes & Co, l'idée fut de partir d'un rouleau cage pour coucher les couverts. Des tiges de métal ont été soudées sur le rouleau cage permettant ainsi de bien « pincer » l'ensemble du couvert. 120 kg de masses ont été ajoutées au rouleau cage de 2m de large pour permettre un pinçage de toute la biomasse.

L'expérience montre :

- que si le couvert est coupé alors il faut diminuer le poids des masses ajoutées au rouleau,
- que si le couvert se relève après roulage alors soit :
 - o les plantes du couvert ne sont pas au bon stade,
 - o le couvert n'est pas assez dense,
 - o les adventices sont majoritaires dans le couvert (stades et certaines plantes ne peuvent être gérés par roulage).



Durant les trois années du projet MARCO, le roulage des couverts, en un seul passage a permis de valider l'efficacité du rouleau sur l'exploitation Legumes&Co (79). Ces résultats ont permis de fabriquer le même type de rouleau sur l'exploitation du jardin de l'Osme (16).



Rouleau créé sur le site SERAIL

La station a auto-construit un rouleau faca dans les locaux de l'Atelier Paysan. La version choisie a été celle du Roloflex, rouleau à l'utilisation polyvalente qui permet une utilisation dans des systèmes sur buttes. Cette fonctionnalité n'a cependant pas été utilisée dans les essais conduits par la Serail dans le cadre de Marco car le sol était à plat. Les couverts ont pu être couchés en un seul passage grâce à l'utilisation du roloflex.



Rouleau utilisé sur le site GRAB-AwenBio

Le rouleau utilisé sur la station d'Awen Bio a été emprunté à un maraîcher du finistère. Il est adapté à la culture sur buttes.



3.2 Les outils pour implanter une culture dans un couvert couché

Super prefer modifiée pour planter directement dans un couvert roulé : ACEP

Les exploitations maraîchères possèdent rarement une planteuse adaptée dans un couvert couché. L'objectif est de répondre à ce besoin de façon assez simple en auto-construction en partant d'une planteuse existante. L'idée fut de partir d'une planteuse SUPER PREFER présente sur l'exploitation de Légumes & Co et de l'adapter.

Les adaptations sont :

- l'ajout d'un disque roulant de « type strip till » devant le soc de chaque rang. Cette modification permet d'ouvrir le couvert en le coupant et de planter sans que le soc ouvreur n'emporte le couvert et d'empêcher ainsi le bourrage de la planteuse.



- l'ajout d'un anneau supplémentaire sur la roue tasseuse. Cette modification permet de concentrer le poids de la roue plus près du plant (1 cm au lieu des 5 cm de la roue non modifiée), et de fermer le rang lors de la plantation. Cet anneau a été décalé en 2022 au centre de la roue pour optimiser la fermeture du rang.



Absence d'anneau

Anneau en bordure

Anneau centré

Durant les trois années du projet MARCO, les plantations dans le couvert, ont permis de montrer l'efficacité de la SUPER PREFER modifiée sur les deux exploitations Legumes&Co (79) et jardin de l'Osme (16). Cependant pour une plantation optimale, des réglages notamment sur la profondeur de plantation restent à acquérir.

Strip-till amélioré pour limiter les bourrages et affiner le sol : GRAB, Avignon

Un rouleau faca et un strip-till « simple » avaient été auto-construits par le GRAB en 2015, en partenariat avec l'atelier paysan (projet européen « Soilveg »). Le strip-till est composé d'un disque gaufré pour découper le couvert couché et d'une dent droite et étroite pour ouvrir le sillon (voir photo). Cette 1ère version de strip-till avait quelques limites : problèmes de bourrages lorsque la biomasse du couvert couché est très importante et/ou que les tiges ne sont pas bien alignées (verse du couvert avant son couchage) et terre insuffisamment affinée pour réaliser une implantation de culture semée dans de bonnes conditions. En 2021, le GRAB s'est donc à nouveau rapproché de l'atelier paysan pour construire une nouvelle version de strip-till, le prototype n'ayant pu être testé qu'en 2022, dernière année du projet.

Il comporte des roues crantées de part et d'autre de la dent pour maintenir le couvert couché à la surface du sol et limiter les risques de bourrage, et des mini rouleaux de type cage pour affiner et rappuyer le sol après passage de la dent. Cet outil a donné une préparation de sol satisfaisante en 2022, que ce soit pour la culture plantée (fenouil) ou semée (maïs). Mais la levée du maïs était toutefois moindre que sur l'itinéraire travaillé. Il devra être ré-utilisé les prochaines années pour confirmer la pertinence de ce prototype.



Strip-till GRAB 2015

Strip-till GRAB 2022

3.3 Les conditions de transfert sur les exploitations

Conditions techniques : être en mesure de respecter les RDD décrites en 2.2.2 ; disposer à minima d'un rouleau faca (ou être en mesure de l'auto-construire) ; adéquation entre le calendrier de culture du couvert végétal (jusqu'au stade floraison avancée) et celui de la culture commerciale (culture tardive si couvert d'automne-hiver par exemple) ; disposer d'une ressource en eau suffisante au moment de la plantation.

Conditions socio-économiques : La technique entraîne une perte de précocité des cultures qui la rend peu adaptée à des exploitations dont la marge repose essentiellement sur les premières récoltes. Les rendements sont inférieurs, cet itinéraire entraîne donc une perte de revenu qui doit être compensée par le gain de temps (travail du sol, désherbage). L'exploitation doit disposer de suffisamment de temps/main d'œuvre en fin d'été pour implanter les couverts végétaux au meilleur moment (avant 15/10).

Conclusion – Perspectives

A l'issue du projet MARCO, l'impact de la diminution du travail du sol avec des couverts couchés et un travail limité à la ligne de semis/plantation par un strip-till donne des résultats très mitigés.

- Les atouts écologiques (diminution de consommation de carburant et de paillage plastique) et de réduction du temps de travail (temps de destruction des couverts, de préparation de sol, de désherbage) sont intéressants sous réserve de produire des couverts végétaux adaptés à cette technique (biomasse élevée, couchabilité des espèces, faible proportion d'adventices)
- Les couverts d'interculture d'automne-hiver de longue durée permettent des productions de biomasses de l'ordre de 10 tMS/ha/an. Ils ont un effet positif sur le taux de MO du sol et limitent le développement des adventices sur les parcelles, que ce soit avec ou sans travail du sol. La biomasse produite dépend néanmoins de la date de semis et des conditions climatiques (eau, température) et peut différer selon les régions
- Les effets de réduction de température et de changements de dynamique de l'eau dans le sol, se traduisant par une perte de précocité et de vigueur des cultures, perdurent dans le temps,
- Les pertes de rendement sont trop importantes pour la viabilité économique de cette pratique.
- Le lit de semences n'est pas suffisamment fin avec le matériel utilisé et limite fortement la levée de cultures semées.
- Les effets bénéfiques attendus de la diminution du travail du sol sur la fertilité à plus long terme ne sont pas toujours observés sur les essais longue durée. En sol à texture limono-argileuse, on observe à l'inverse une densification et une compaction forte du sol sur les modalités sans travail du sol qui se traduit par un enracinement réduit des cultures et une mauvaise maîtrise de l'alimentation en eau. On n'a pas d'évolution notable des teneurs en éléments nutritifs, ni de l'activité biologique (mesurée par la biomasse microbienne et l'activité des vers de terre) avec travail du sol réduit. En sol de nature sableuse, ces effets délétères semblent limités, ce qui permet d'envisager une utilisation continue moins risquée pour le sol.
- Certains verrous techniques sont croissants avec le temps, notamment un développement des vivaces toujours plus important d'une année sur l'autre et l'intensification des problèmes de ravageurs du sol (campagnols, limaces) sur les modalités avec travail du sol réduit.

Les essais annuels conduits dans le projet permettent de proposer quelques leviers pour mieux réussir la technique : sélection d'espèces de couverts et de densités de semis mieux adaptées selon la région, apports d'engrais en localisé lors de la plantation, possibilité de désherber une culture sur couvert couché lorsque le couvert n'est pas suffisant (mais nécessitant un matériel supplémentaire), possibilité de semer un nouveau couvert dans un sol non travaillé et couvert de résidus. Il existe encore des pistes d'optimisation avec le choix de cultures, voire de variétés, mieux adaptées à ce type de conduite.

Sur la durée, la simple réduction du travail avec utilisation de couverts couchés pour maîtriser les adventices dans un système de « conservation de sol » pratiqué en continu ne donne pas de résultats agronomiques satisfaisants dans les conditions de nos essais. Il apparaît nécessaire de mettre en œuvre des leviers complémentaires pour pouvoir réduire le travail du sol en maraîchage de plein champ en conservant des performances culturales acceptables. Parmi ces leviers, la gestion de la rotation avec alternance de couverts d'automne-hiver ou d'été avec des cultures de printemps ou d'automne, l'apport de matières organique « de masse » pour améliorer la structure et l'activité biologique, ainsi que le recours à du travail du sol « raisonné » en fonction de la structure du sol et de la présence de vivaces et/ou campagnols semblent pertinents, voir nécessaires... Des arbres de décision permettant de décider de mettre en œuvre ou non la technique selon la situation ont été élaborés pour inclure cette pratique dans une optique d'insertion dans les rotations, sans pour autant l'envisager de façon continue si les conditions ne sont pas réunies.

C'est la voie que les partenaires du projet MARCO envisagent de poursuivre dans les essais les prochaines années.