

Bilan ACSE (Air Climat Sol Energie) 2023 – 2025

Essais de mise en place de couverts végétaux en condition de production d'alliacées

Introduction

L'agriculture contemporaine est confrontée à une multitude de défis d'ordres économique, social et environnemental. La volatilité des marchés, la pression sur les coûts de production et la concurrence internationale, fragilisent la rentabilité des exploitations. Sur le plan environnemental, l'appauvrissement des sols en matière organique, la raréfaction des ressources hydriques et minérales et la perte de biodiversité pèsent lourdement sur la durabilité des systèmes. À ces enjeux structurels s'ajoutent des pressions croissantes liées au changement climatique, qui accentue la fréquence et l'intensité des phénomènes extrêmes, ainsi qu'à l'augmentation des risques sanitaires. Parallèlement, les attentes sociétales en matière de qualité des produits et de respect de l'environnement s'intensifient. Dans ce contexte, les systèmes de production doivent évoluer vers des modèles conciliant performance agronomique, durabilité environnementale et viabilité économique.

Parmi les leviers mobilisables pour atteindre ces objectifs, les couverts végétaux occupent une place de plus en plus centrale. Dans les systèmes de cultures annuelles, leur implantation entre deux cultures principales peut fournir une large gamme de services agronomiques et environnementaux. Devenus incontournables dans de nombreuses filières, ils font désormais l'objet d'obligations réglementaires dans certains contextes.

Le secteur légumier, et notamment la production d'alliacées, caractérisée par des productions demandant un haut niveau de maîtrise technique, mais également particulièrement sensibles aux aléas sanitaires et climatiques, constitue un terrain d'étude intéressant pour analyser les pratiques et les effets liés à la mise en place de couverts végétaux.

Cette étude avait pour objectif d'évaluer des stratégies actuellement employées par les producteurs de légumes en Alsace, tout en recueillant directement les bénéfices et les freins agronomiques qui y sont liés. En effet, si la couverture des sols en interculture est reconnue comme une solution efficace pour préserver la durabilité des systèmes, sa réussite repose sur une mise en œuvre réfléchie, mobilisant à la fois savoir-faire, planification et adaptation des itinéraires techniques. Des essais expérimentaux et relevés agronomiques ont été conduits afin d'évaluer, de manière neutre et mesurable, les effets des couverts végétaux sur différents paramètres situés au cœur des préoccupations actuelles liées à la transition agricole.



Le programme régional ACSE

Le programme régional ACSE (Air Climat Sol Énergie), subventionné par la région Grand Est, l'ADEME et le Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire, mobilise depuis 2017 le travail du réseau des chambres d'agricultures situées dans le Grand Est et PLFP dans le but de s'approprier de nouvelles connaissances, de créer des références techniques, et de les partager aux conseillers et agriculteurs de la région. Il aborde des thématiques majeures telles que l'adaptation au changement climatique, la réduction des émissions de carbone des exploitations agricoles, la méthanisation, la fertilité des sols, la qualité de l'air et l'innovation dans l'ensemble des filières.

En tant que partenaire du projet, PLFP s'implique activement sur les volets liés au changement climatique, à la fertilité des sols et à l'empreinte carbone. L'association conduit ainsi, depuis le lancement du programme, diverses expérimentations et suivis de pratiques chez les producteurs de la région Grand Est. Elle joue également un rôle important de formation, d'animation et de diffusion de l'information technique auprès des agriculteurs.

Parmi les axes explorés par les experts, la mise en place de couverts végétaux en interculture dans différentes cultures légumières constitue un sujet central. Dans le but de comprendre quels sont les bénéfices et limites agronomiques actuelles résultants des pratiques des producteurs, PLFP a mis en place quatre essais en conditions de production réelles afin d'évaluer de manière objective :

- le niveau de développement du couvert végétal semé (recouvrement du sol, biomasse),
- ses services agronomiques généraux (gestion des adventices, humidité et structure du sol, quantité d'azote du sol),
- ses effets sur la culture suivante (levée, vigueur, développement racinaire, rendement, état sanitaire).

Essais mis en place en conditions de production

Quatre essais (A, B, C et D) ont été menés en conditions de production réelles durant deux années chez des producteurs d'alliacées pour tenter d'évaluer les effets agronomiques des couverts végétaux, notamment sur la culture suivante. Chaque essai comparait la pratique habituelle avec une situation témoin sans couvert laissant le sol plus ou moins nu, par des observations réalisées pendant la période d'interculture, en cours de culture, et lors de la conservation. Cependant, les essais B et C ont été interrompus : le couvert ne s'est pas développé dans l'essai B en raison de mauvaises conditions de semis, et l'essai C a été abandonné en raison d'un changement de rotation. Pour ces deux essais, les données récoltées en interculture ont tout de même été analysées.



Figure 1 : Localisation des quatre sites d'essais réalisés en condition de production sur alliacées (2023 - 2025)

Source : France.comercis.com

1. Présentation des sites d'essai

a. Localisations et caractéristiques pédologiques

Tous les essais ont été conduits dans le Bas-Rhin, au cœur de la principale zone de production alsacienne (Fig. 1). L'essai 1 se distinguait des trois autres par sa localisation différente, entraînant notamment des conditions particulières telle que la texture de sol, la matière organique et le pH (Tab. 1).

Tableau 1 : Caractéristiques de sol des quatre sites d'essais réalisés en condition de production sur alliacées (2023 - 2025)

Les données proviennent d'analyses réalisées par le laboratoire AUREA. RFU : Réserve Facilement Utilisable

Essai	Commune	Texture du sol	Matière organique	pH	RFU
A	Hoerdt	Sable	2.2 %	7.3	70 mm
B	Krautergersheim	Limon	1.9 %	8.4	100 mm
C	Obernai	Limon sablo argileux	1.4 %	8.2	57 mm
D	Matzenheim	Limon	1.8 %	8.3	60 m

b. Gestion de la couverture et pratiques agricoles réalisées

Les essais ont été réalisés en conditions réelles, suivant les pratiques habituelles des producteurs (Tab. 2). Le semis des couverts était toujours précédé d'un déchaumage, mais les matériels et méthodes utilisés variaient, affectant la qualité du semis. Tous les couverts ont été détruits par broyage, avec un enfouissement généralement rapide. Sur les cultures d'alliacées, les interventions ont été conduites selon les habitudes et moyens propres à chaque exploitation, entraînant des itinéraires techniques variés (Tab. 3).



Tableau 2 : Caractéristiques générales des itinéraires techniques opérés sur les couverts végétaux pour chacun des quatre essais réalisés en condition de production sur alliacées (2023 - 2025)

Essai	Mélange	Date de semis	Densité (kg/ha)	Date de destruction
A	RGT COVER ESTIVAL + RGT SOL AZOTE B	11/09/2023	20 (10 de chaque mélange)	23/02/2024
B	PROFIX	11/09/2023	22	15/12/2023
C	PROFIX	20/09/2024	22	16/12/2024
D	TYPE ISOL	27/08/2024	15	30/10/2024

Tableau 3 : Caractéristiques générales des itinéraires techniques opérés sur les cultures de chacun des quatre essais réalisés en condition de production sur alliacées (2023 - 2025)

La présence de la mention n/a (non applicable) pour les essais B et C s’explique par le fait qu’ils aient été abandonnés avant l’implantation de la culture. gr : graines ; ml : mètre linéaire

Essai	Culture	Variété	Précédent cultural	Date d’implantation	Densité	Date de récolte
A	Oignon rouge de garde	MONASTRELL	Carotte	10/03/2024	750 000 gr/ha	31/07/2024
B	n/a		Blé	n/a		
C			Chou pommé			
D	Ail blanc d’automne	MESSIDOR	Blé	04/11/2024	9 caïeux/ml	16/07/2025

2. Facteur d’étude et variables à expliquer

Pour chaque essai, le facteur d’étude était l’état de couverture du sol en interculture. Il comprenait deux modalités : le témoin (T), caractérisé par l’absence de couvert végétal semé en interculture, et la référence du producteur (CV) caractérisée par la présence d’un couvert végétal semé en interculture. Les variables étudiées sont présentées dans le *tableau 4*.

3. Dispositifs utilisés et observations réalisées

Dans chaque essai, trois zones d’observation fixes ont été définies par modalité et utilisées pour les observations de la mise en place du couvert végétal jusqu’à la récolte de la culture. Leur taille variait selon la configuration des parcelles, leur surface et le matériel du producteur. Afin de récolter les données relatives aux différentes variables évaluées, différents types d’observations et de notations ont été réalisés tout au long des essais, avec des ajustements selon la culture (ail ou oignon) et entre les deux années. Ces adaptations ont été motivées par les spécificités culturelles, la charge de travail ou les enseignements tirés de la première année.

Tableau 4 : Présentation des variables étudiées à travers les quatre essais réalisés en condition de production sur alliacées (2023 - 2025)

Les variables 1 à 4, relatives au suivi du développement des couverts végétaux, ont été évaluées uniquement dans la modalité CV. La variable 4 a exceptionnellement été étudiée en modalité T pour l'essai D en raison d'un fort développement de la flore spontanée. Les variables 8, 9 et 13 ont été ajoutées au protocole la deuxième année, elles sont donc spécifiques aux essais C et D. Les résultats de la variable 15 pour l'essai D ne seront pas présentés, car les observations sont postérieures à la date de rendu. Enfin, les essais B et C ne sont pas concernés par les variables 10 à 15, liées à la culture, car ils ont été abandonnés avant l'implantation de celle-ci.

Objectif d'étude	Variables étudiées	n°	Essais concernés	Modalités concernées
Evaluation du développement du couvert végétal	Réussite et qualité de la levée du couvert végétal	1	Tous	CV et (T)
	Biomasse aérienne produite par la couverture végétale	2		
	Quantité estimée d'éléments minéraux potentiellement restitués par la couverture végétale (semée et spontanée)	3		
	Evolution du recouvrement du sol par la couverture végétale (semée et spontanée)	4		
Evaluation des services agronomiques généraux	Quantité et espèces d'adventices retrouvées dans la flore spontanée en interculture	5	Tous	CV et T
	Tensiométrie du sol à 30 et 60 centimètres de profondeur durant toute la durée de l'essai	6	A et D	
	Evolution des reliquats azotés dans les 30 premiers centimètres entre l'implantation de la culture et la récolte	7		
	Structure du sol sur les 30 premiers centimètres avant la destruction du couvert végétal	8	C et D	
	Evolution des quantités d'azote nitrique dans les 30 premiers centimètres après la destruction du couvert végétal	9	D	
Evaluation des effets sur la culture	Levée de la culture	10	A et D	CV et T
	Vigueur de la culture	11		
	Longueur du système racinaire de la culture	12		
	Masse du système racinaire de la culture	13	D	
	Rendement à la récolte	14	A et D	
	Présence de maladies de conservation et de bulbes germés après 4 et 6 mois de stockage	15		



Bilan des résultats et discussions

Etat des lieux des pratiques d'utilisation des couverts végétaux :

Des choix de conduite différents générant une variabilité des résultats expérimentaux

Dans les quatre essais, les pratiques liées à l'implantation des couverts végétaux variaient sensiblement d'un producteur à l'autre. Si tous ont eu recours à des mélanges d'espèces, leur composition différait. L'essai A se distinguait par un mélange complexe regroupant 14 espèces, tandis que les essais B et C se limitaient à l'association de deux espèces seulement (une graminée et une légumineuse). L'essai D présentait une situation intermédiaire, avec un mélange de quatre espèces, chacune appartenant à une famille différente (crucifère, graminée, légumineuse, hydrophyllacée). Ainsi, certains producteurs faisaient le choix de mélanges très diversifiés, tandis que d'autres privilégiaient des associations plus simples et ciblées. Les critères de sélection des mélanges implantés étaient multiples (coût des semences, rotation, expérience, etc.). Les dates de semis et de destruction étaient également hétérogènes, chaque producteur les adaptant à son contexte de production et ses objectifs. Par exemple, dans les essais B et C, le producteur cherchait à éliminer les repousses de liseron avant de réaliser le semis du couvert végétal. Dans l'essai D, le couvert n'est resté en place que pendant 6 semaines, puis a été détruit pour permettre l'implantation de l'ail d'automne. Ainsi, les dates de semis s'échelonnaient entre le 27 août et le 20 septembre, tandis que les destructions intervenaient entre le 30 octobre et le 23 février. Le matériel de semis et les méthodes de préparation du sol variaient aussi selon le parc matériel disponible et le temps alloué à cette opération, en faisant parfois appel à des prestataires. Ces différences de pratiques ont contribué à des variations notables entre les essais, tant en termes de performances des couverts que d'effets agronomiques observés sur les cultures.

Performances et bénéfices agronomiques des couverts végétaux :

Une tendance favorisant des couverts végétaux, sans preuve statistique

1. Performances des couverts végétaux

Les différences de pratiques entre les producteurs ayant accueilli les essais ont conduit à des niveaux de réussite variables. Dans les essais B et C, une préparation du sol insuffisante (lit de semence peu affiné, mauvais contact terre-graine) et l'utilisation d'un mélange peu adapté (moha trop peu couvrant et trèfle à croissance lente) ont conduit à une levée peu efficace et hétérogène ainsi qu'à un faible taux de couverture du sol. Cela a entraîné de faibles performances des couverts végétaux, réduisant probablement leurs effets bénéfiques sur la culture suivante. À l'inverse, dans les essais A et D, les couverts se sont bien développés et ont produit beaucoup de biomasse, mais les crucifères ont dominé le mélange, réduisant la présence d'autres espèces (lin, trèfle, phacélie). Un meilleur équilibre dans la composition des mélanges, notamment en limitant les crucifères, apparaît nécessaire pour optimiser les effets des couverts. Ainsi, un principe général consiste à diviser la dose de semis recommandée en pur de chaque espèce par le nombre total d'espèces présentes dans le mélange. Toutefois, des ajustements sont souvent nécessaires : les espèces à croissance rapide, comme les



crucifères, doivent parfois être sous-dosées, tandis que les espèces à développement plus lent, telles que la féverole ou le trèfle, peuvent nécessiter un surdosage (Thomas & Archambeaud, 2016). Par ailleurs, plusieurs OAD ont été élaborés afin de mieux piloter les choix d'espèces et mélanges utilisés.

2. Services agronomiques généraux

Dans les essais A et D, les couverts bien développés ont restitué des quantités non négligeables de nutriments selon la méthode MERCI. Dans l'essai A, le couvert aurait fourni 27 kg/ha d'azote, équivalents à un apport au semis, 90 % des besoins en potassium, un tiers des besoins en phosphore et 75 % des besoins en soufre de la culture d'oignons. Ces apports ont été confirmés par une hausse des reliquats azotés (+18 unités d'azote dans la modalité avec couvert, contre 0 dans le témoin), en cohérence avec les conclusions de Couëdel et al. réalisées en 2018. Cet apport correspondrait à la décomposition de la biomasse et la minéralisation de la matière organique. Cependant, l'azote ainsi libéré n'a pas été valorisé par la culture, en raison d'une fertilisation uniforme sur l'ensemble des modalités, réalisée par le producteur. L'écart entre les estimations et les mesures pourrait s'expliquer par des pertes (lixiviation), une minéralisation incomplète ou une surestimation de la méthode. Dans l'essai D, les restitutions du couvert étaient moindres lorsque l'on comparait les deux modalités, en partie en raison de la biomasse importante de repousses de blé dans le témoin, contribuant également aux apports de nutriments. Par ailleurs, les mesures de nitrates réalisées avec le test Nitrachek n'ont révélé aucune différence entre modalités, ce qui s'explique notamment par les apports minéraux réguliers réalisés par le producteur sur l'ensemble de la parcelle, empêchant des mesures exploitables, et par les limites du test qui ne mesure pas l'azote ammoniacal. De plus, une fois nitrifié, l'azote devient très mobile et sujet à absorption par les plantes ou lixiviation rapide, rendant difficile la détection d'un effet du couvert via cet outil de mesure des nitrates. Ces observations rejoignent celles réalisés par Wang et al. en 2008, ne parvenant pas à montrer d'effet d'un couvert végétal sur la fertilité à court terme. Bien qu'il soit difficile de prévoir et d'évaluer précisément la dynamique de minéralisation des éléments nutritifs issus de la dégradation de la biomasse des couverts végétaux, il apparaît pertinent d'intégrer les apports estimés par la méthode MERCI au moment de leur destruction, afin d'ajuster le plan de fumure de la culture suivante. Cela permettrait donc de limiter les coûts liés aux fertilisants, de réduire les risques de surfertilisation et d'impact environnemental, et de mieux valoriser l'effet engrais vert obtenu.

Concernant la structure du sol, les tests bêches réalisés en année 2 n'ont montré que peu de différences entre les modalités, contrairement aux constatations de Çerçioğlu et al. en 2025. Seules les mottes entre 20 et 40 cm semblaient légèrement plus friables dans les modalités CV. L'effet structurant dépend en grande partie des espèces présentes : les plantes à enracinement pivotant comme les crucifères sont les plus efficaces pour améliorer la structure. En surface, les graminées à racines fasciculées contribuent à la formation d'agrégats (Thomas & Archambeaud, 2016), mais dans l'essai C, la faible densité du couvert n'a pas permis un effet marqué. Dans l'essai D, la modalité témoin était fortement couverte de repousses de blé, dont le système racinaire dense a pu jouer un rôle structurant équivalent.

Concernant la gestion des adventices, une tendance à la réduction de leur présence a été



observée dans la majorité des essais, rejoignant les effets décrits en 2020 par *Smith et al.* Dans les essais B et C, le développement insuffisant des couverts a limité la compétition du couvert sur les adventices. De plus, les observations ont été réalisées tôt, à un stade où la compétition pour les ressources n'était pas encore installée. Toutefois, les mesures de biomasse avant destruction montrent que les biomasses d'adventices mesurées étaient bien inférieures à celles des espèces des couverts dans les modalités CV, suggérant une prise de dominance progressive des couverts au fil du temps. Dans l'essai D, aucune différence nette n'a été constatée en terme de biomasse d'adventices entre les modalités, en raison de la présence importante de repousses de blé dans le témoin. Cependant, le couvert a permis une réduction marquée de ces repousses, témoignant d'une concurrence efficace sur cette flore non désirée.

3. Bénéfices pour la culture suivante

Concernant l'effet des couverts végétaux sur la levée des cultures, aucune différence significative n'a été observée dans l'essai A conduit sur oignon. Les conditions pédoclimatiques particulièrement favorables couplées au sol sableux, peu contraignant, et à une météo clémente, ont permis une levée homogène et satisfaisante dans les deux modalités. Dans l'essai D, sur ail, une légère tendance favorisant la levée des plantes de la modalité CV a été observée.

Les observations du système racinaire n'ont pas mis en évidence de différences notables entre les modalités. Les longueurs moyennes mesurées variaient de 12,1 à 15,9 cm pour l'oignon et de 19,3 à 20,3 cm pour l'ail. Or, les alliées sont capables de développer des systèmes racinaires atteignant 25 à 30 cm de profondeur. Les valeurs obtenues sont donc probablement sous-estimées, en raison notamment de la dégradation partielle des racines lors des manipulations. Par ailleurs, dans l'essai D, les tests bêches avaient montré une bonne structure du sol dans l'horizon 0–20 cm, zone principale d'enracinement de l'ail, dans les deux modalités. Cette structure favorable, renforcée par le travail du lit de semence avant l'implantation de la culture, a probablement permis un développement racinaire homogène, sans effet attribuable à la présence du couvert. Dans l'essai A, bien qu'une légère tendance favorable à la modalité CV ait été observée, les caractéristiques pédoclimatiques (sol sableux et humidité élevée) ont permis un enracinement optimal dans les deux modalités.

Concernant la vigueur et l'état sanitaire des cultures, aucun écart visuel n'a été relevé au cours des saisons de production tels que décrits par *Bowers et al.* en 2020, avec un développement de mildiou en oignon et de *penicillium* en ail dans les deux modalités. Par ailleurs, les apports estimés en nutriments (via la méthode MERCI) et les reliquats azotés mesurés permis par les couverts végétaux ne se sont pas traduits par un effet observable sur la croissance végétative.

En termes de production, les rendements en oignon ont dépassé la moyenne régionale, estimée à environ 60 t/ha, avec 64,1 t/ha pour la modalité T et 67,7 t/ha pour la modalité CV. De même, les rendements en ail se sont situés au-dessus de la moyenne régionale d'environ 10 t/ha, atteignant 12,3 t/ha en modalité T et 13 t/ha en modalité CV. Par ailleurs, des calibres légèrement plus élevés ont été observés dans les deux essais, ce qui rejoint les observations réalisées sur oignon et ail de plusieurs études antérieures, notamment celles de *Souza et al.*



en (2020), El-Naqme et al. (2019), Hahn et al. (2024), et Salata et al. (2017 ; 2020). Dans l'essai A en particulier, la modalité CV a affiché un rendement en poids supérieur d'environ 5 % par rapport à la modalité T, en lien avec une proportion plus importante de gros calibres.

Concernant la conservation dans l'essai A, très peu d'oignons ont présenté des symptômes de maladies comme la fusariose ou la bactériose. Les conditions de culture et de stockage ont été peu favorables au développement de ces pathogènes, ce qui n'a pas permis de mettre en évidence de différences sanitaires entre modalités. Le taux de germination après six mois de stockage était légèrement plus élevé (+3 %) dans la modalité témoin, mais cet écart reste trop faible pour être considéré comme significatif. De même, dans l'essai D, les conditions n'étaient également pas favorables à une dépréciation de la qualité de l'ail en stockage durant les 4 premiers mois. L'évaluation de la qualité en stockage après 6 mois de conservation n'a pas encore été réalisée lors de la rédaction du présent document.

Contraintes et limites potentielles des couverts végétaux :

Des risques agronomiques identifiés mais globalement limités

En 2024, une saison particulièrement pluvieuse, les mesures de tensiométrie, réalisées dans l'essai A, ont débuté à partir de la période où la culture a commencé à subir les premiers stress hydriques (juin-juillet). Les mesures de tension hydrique du sol ont montré une augmentation plus rapide et des valeurs plus élevées dans la modalité CV par rapport à la modalité T. Ce résultat fait écho à une inquiétude souvent exprimée par les producteurs : la présence d'un couvert pourrait accentuer la concurrence pour l'eau du sol. Toutefois, ces résultats doivent être interprétés avec prudence : le lot de sondes installé dans la modalité T se trouvait dans une zone plus fréquemment engorgée en eau que celui de la modalité CV, ce qui explique probablement en grande partie les écarts observés entre modalités. Parallèlement, la concurrence en eau ne semble pas provenir ici d'un épuisement des réserves durant l'interculture, mais plutôt d'une mobilisation accrue de l'eau en période de besoin. Enfin, il convient de rappeler que la matière organique, en retenant l'eau dans sa structure et en stimulant l'activité biologique, réduit la proportion d'eau libre disponible dans le sol, ce qui peut biaiser les mesures enregistrées par les sondes tensiométriques. Ces résultats et interprétations se situent à l'opposé de celles de *Dabney et al.*, émises en 2001, mais rejoignent celles de *Vujić et al.* datant de 2021 ayant démontré que les couverts végétaux hivernaux laissent moins d'eau disponible dans le sol pour la culture suivante.

Comme évoqué précédemment, au niveau de la vigueur et de l'état sanitaire des cultures, aucune différence significative n'a été observée entre les modalités. Dans l'essai sur ail, la présence généralisée de *Penicillium* a affecté uniformément les plants, sans différence liée au couvert. De même, dans l'essai sur oignon, aucune différence d'impact du mildiou n'a été constatée entre les modalités. Ces observations ne confirment donc pas les craintes sanitaires qu'évoquent parfois par les producteurs, redoutant un risque accru lié au couvert. De plus, aucun problème sanitaire n'a été constaté pendant les six mois de conservation après la récolte dans les modalités CV. Cela permet d'écarter l'hypothèse d'un risque sanitaire accru sur les cultures d'alliacées lié à l'utilisation de couverts végétaux en interculture.



Conclusion

Les observations réalisées dans le cadre de cette étude mettent en évidence des apports en nutriments non négligeables issus de la dégradation des couverts végétaux, confirmant ainsi l'existence d'un véritable effet « engrais vert ». Ces restitutions contribuent à enrichir le sol en éléments minéraux mobilisables par la culture suivante, soutenant ainsi la fertilité à court terme.

Au-delà de cet effet fertilisant, plusieurs tendances positives se dégagent des résultats obtenus. L'augmentation du calibre des bulbes d'oignons, le renforcement du contrôle des adventices pendant l'interculture ainsi qu'une meilleure exploration racinaire de la culture sont autant d'indications d'un impact agronomique globalement favorable des couverts végétaux. Ces effets, bien que parfois modestes ou variables selon les conditions d'essai, témoignent du potentiel des couverts pour améliorer la compétitivité et la résilience des systèmes légumiers.

Parallèlement, aucun effet n'a été mis en évidence sur la levée, la vigueur ou la qualité sanitaire des cultures, ni sur la qualité des récoltes après conservation. L'absence d'incidence défavorable confirme que les couverts végétaux ne sont pas incompatibles avec les itinéraires techniques en place dans les systèmes de production alsaciens.

En définitive, bien que cette étude ait été conduite sur une période relativement courte, les résultats obtenus soulignent la pertinence du recours aux couverts végétaux en cultures d'alliacées. Si leur intégration est déjà bien avancée dans les systèmes légumiers de la région, leur potentiel reste encore perfectible. L'optimisation des pratiques d'implantation (choix des espèces, densité, date de semis, mode de destruction) pourrait permettre de maximiser les services rendus, qu'ils soient agronomiques, environnementaux ou économiques.



Annexes

Annexe 1 : Détail des mélanges utilisés dans les essais en condition de production

Essai	Mélange	Composition
A	RGT COVER ESTVAL (50 %)	Sorgho fourrager (15%), Vesce commune (25%), Vesce pourpre (15%), Tournesol (10%), Trèfle d'Alexandrie (9%), Lin oléagineux (8%), Phacélie (7%), Niger (4%), Radis fourrager (4%), Moutarde d'Abyssinie (3%)
	RGT SOL AZOTE B (50 %)	Trèfle d'Alexandrie (10%), Vesce de printemps (70%), Phacélie (10%), Moutarde d'Abyssinie (10%)
B	PROFIX	Moha (60 %), Trèfle d'Alexandrie (40 %)
C		
D	TYPE ISOL	Moutarde blanche (14%), Phacélie (5%), Trèfle d'Alexandrie (25%), Vesce commune (56%)

Annexe 2 : Méthodes d'observations utilisées dans les essais en condition de production

Variable n°	Observations et notations	Taille d'échantillon		Période d'observation	
		Année 1	Année 2	Année 1	Année 2
1 et 5	Dénombrement des adventices et des espèces du CV	¼ m² x 12 rép. par zone	¼ m² x 4 rép. par zone	Levée du CV	Levée du CV + 15 j
4	% de recouvrement du sol par la végétation			Levée CV puis tous les 15 j.	
2	Pesée de la biomasse aérienne produite par le CV et par les adventices	1 m² par zone		A la destruction du CV	
3	Estimation des éléments restitués (méthode MERCI)				
8	Test bêche	Prof. 0-40 cm		Avant mise en place de la culture	
7	Reliquats de début de culture	Prof. 0-30 cm			
6	Suivi tensiométrique	Prof. 0-30 et 30-60 cm		Stress hydriques sur la culture	Toute la durée de l'essai
10	Peuplement	1 ml x 2 rep x 3 rangs (ail) ou 2 doubles rangs (oignon)		BBCH 11, 12 et 14	BBCH 12 et 15
9	Mesure des quantités d'azote minéral (Nitrachek)	Prof. 0-30 cm		A la destruction du CV puis toutes les 2 à 3 semaines en culture	
11	Evaluation de la vigueur	4 rép. par zone	Zone entière	BBCH 14 et 41	BBCH 12, 15, 40 et 45
12 et 13	Mesure du système racinaire	5 plants x 2 rép. par zone		BBCH 14, 41 et 45	BBCH 15
14	Dénombrement et pesée par calibre des bulbes commercialisables	1 ml x 2 rep x 3 rangs (ail) ou 2 doubles rangs (oignon)		Récolte + 10 à 15 j.	
7	Reliquats de fin de culture	Prof. 0 - 30 cm		Récolte	
15	Dénombrement des bulbes malades et germés en conservation	Echantillon récolté		Après 4 et 6 mois de conservation	



Bibliographie

- Bowers, C., Toews, M., Liu, Y., & Schmidt, J. M. (2020). *Cover crops improve early season natural enemy recruitment and pest management in cotton production*. *Biological Control*, 141, 104149. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.104149>
- Çerçioğlu, M., Udawatta, R. P., & Anderson, S. H. (2025). *Use of cover crops for sustainable management of soil condition and health: A review*. *Soil Security*, 18, 100177. <https://doi.org/10.1016/j.soisec.2025.100177>
- Couëdel, A., Alletto, L., Tribouillois, H., & Justes, É. (2018). *Cover crop crucifer-legume mixtures provide effective nitrate catch crop and nitrogen green manure ecosystem services*. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 254, 50-59. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.11.017>
- Couëdel, A., Kirkegaard, J., Alletto, L., & Justes, É. (2019). *Chapter Two - Crucifer-legume cover crop mixtures for biocontrol: Toward a new multi-service paradigm*. In D. L. Sparks (Éd.), *Advances in Agronomy* (Vol. 157, p. 55-139). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2019.05.003>
- Dabney, S. M., Delgado, J. A., & Reeves, D. W. (2001). *Using Winter Cover Crops to Improve Soil and Water Quality*. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 32(7-8), 1221-1250. <https://doi.org/10.1081/CSS-100104110>
- El-Naqme, K., El-Dissoky, R. A., & Aiad, M. A. (2019). *Impact of Green Manure, Mineral and Bio Fertilizers on Soil Fertility, Onion-maize Productivity and N-use Efficiency*. *Environment, Biodiversity and Soil Security*, 3(2019), 11-28. <https://doi.org/10.21608/jenvbs.2019.7507.1051>
- Hahn, L., Wamser, A. F., Wolschick, N. H., Grando, D. L., Siqueira, G. N. de, & Brunetto, G. (2024). *Garlic yield after decomposition and nutrient release of cover crops under no-tillage and conventional tillage*. *Revista Brasileira de Ciência Do Solo*, 48, e0230134. <https://doi.org/10.36783/18069657rbcs20230134>
- Salata, A., Moreno-Ramon, H., Ibanez-Asensio, S., Buczkowska, H., Nurzynska-Wierdak, R., Witorozec, A., & Parzymies, M. (2017). *Possibilities to improve soil physical properties in garlic cultivation with cover crops as living mulches*. *Acta Scientiarum Polonorum. Hortorum Cultus*, 16(6). <https://doi.org/10.24326/asphc.2017.6.14>
- Salata, A., Pandino, G., Buczkowska, H., & Lombardo, S. (2020). *Influence of Catch Crops on Yield and Chemical Composition of Winter Garlic Grown for Bunch Harvesting*. *Agriculture*, 10(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/agriculture10040134>
- Smith, R., Warren, N., & Cordeau, S. (2020). *Are Cover Crop Mixtures Better at Suppressing Weeds than Cover Crop Monocultures?* *Weed Science*, 68, 1-33. <https://doi.org/10.1017/wsc.2020.12>
- Souza, M., Müller Júnior, V., Kurtz, C., dos Santos Ventura, B., Lourenzi, C. R., Lazzari, C. J. R., Ferreira, G. W., Brunetto, G., Loss, A., & Comin, J. J. (2021). *Soil chemical properties and yield of onion crops grown for eight years under no-tillage system with cover crops*. *Soil and Tillage Research*, 208, 104897. <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104897>



Souza, M., Vargas, M. M. M., Ventura, B. S., Müller Júnior, V., Soares, C. R. F. S., Kurtz, C., Comin, J. J., & Lovato, P. E. (2020). *Microbial activity in soil with onion grown in a no-tillage system with single or intercropped cover crops*. *Ciência Rural*, 50, e20190849. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20190849>

Thomas, F. & Archambeaud, M. (2016). *Les couverts végétaux : Gestion pratique de l'interculture*. (2e édition). AgriProduction

Vujić, S., Krstić, D., Mačkić, K., Čabilovski, R., Radanović, Z., Zhan, A., & Čupina, B. (2021). *Effect of winter cover crops on water soil storage, total forage production, and quality of silage corn*. *European Journal of Agronomy*, 130, 126366. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2021.126366>

Wang, G., Ngouajio, M., & Warncke, D. D. (2008). *Nutrient Cycling, Weed Suppression, and Onion Yield Following Brassica and Sorghum Sudangrass Cover Crops*. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.18.1.68>