



Maraîchage : vers des systèmes de culture plus robustes, en combinant agriculture de conservation et fertilité autoproduite

C. Nieus, L. Jamar, B. Hardy et B. Huyghebaert

CRA-W — Département Durabilité, Systèmes et Perspectives — Unité Sols, Eaux et Productions intégrées

Les cultures de légumes sont en général exigeantes en intrants et en main-d'œuvre. La valeur ajoutée par unité de surface peut cependant être très élevée. En Bio, les matières organiques (MO) utilisées pour amender et fertiliser les champs peuvent provenir de fermes conventionnelles, ou être des sous-produits de l'industrie alimentaire ou de l'élevage industriel. Or, ces MO dépendent de l'usage de pesticides de synthèse, d'engrais minéraux de synthèse ou miniers, à la fois polluants et consommateurs d'énergie fossile. Comment s'affranchir de cette dépendance tout en améliorant la fertilité des sols ?

L'essai SYCMA

Contexte

Mise en place en 2020, à Gembloux, sur le domaine du CRA-W, la plateforme expérimentale SYCMA compare quatre systèmes de culture (SdC) en maraîchage bio. Cette étude vise à répondre aux enjeux majeurs du secteur maraîcher, à savoir l'amélioration de la fertilité du sol, la gestion des adventices et la rentabilité des cultures. Trois SdC visent à s'affranchir des matières fertilisantes commerciales par des apports de MO, le recours aux couverts riches en légumineuses et l'adoption de l'agriculture biologique de conservation des sols (ABC). Le quatrième système représente un système de référence dans le dispositif d'essai. Ce dispositif est décrit dans *Itinéraires BIO* n° 60. (pp. 39–43). Les différents leviers agronomiques utilisés dans les SdC sont résumés au tableau 1. À l'issue d'une première rotation de six ans, un bilan sur la fertilité du sol, la maîtrise des adventices et les rendements de chaque SdC a été dressé.

Description des SdC

- Le système autonome ABC (SdC1) vise l'autofertilité, sans élevage, en misant sur des intercultures et des cultures d'engrais verts riches en légumineuses ainsi que sur l'apport de MO carbonées fraîches non compostées, autoproduites localement, sous forme de bois raméal fragmenté (BRF) de saule (Figure 1). Il comporte deux cultures de légumes et deux cultures de

céréales dans une rotation de six ans. Le labour est exclu et les outils animés pour le travail du sol sont limités.

- Le système autonome AB-E (SdC2) vise l'autofertilité en AB avec élevage associé, grâce aux prairies temporaires et au fumier produit par des bovins, nourris par le système lui-même. Il comporte deux cultures de légumes, deux cultures de céréales et deux années de prairie temporaire dans une rotation de six ans. Toutes les cultures sont des cultures de rentes, 50 % pour l'animal, 50 % pour l'humain.
- Le système maraîcher ABC (SdC3) vise à intensifier la culture de légumes tout en s'affranchissant des fertilisants

commerciaux, grâce à des apports de MO fraîches non compostées (BRF de saule et luzerne utilisés comme mulch) produites sur le site expérimental (voir *Itinéraires BIO* n° 70, pp. 32–35). Il comporte sept cultures de légumes dans une rotation de six ans. Il évite le recours au labour et limite les outils animés pour le travail du sol.

- Le système maraîcher référence (SdC4) vise à être représentatif des pratiques courantes mises en œuvre dans nos régions en maraîchage bio. Il se base sur des apports d'engrais organiques commerciaux (EOC) et de fumier composté. Il est labouré chaque année. Il comporte sept cultures de légumes dans une rotation de six ans.

Tableau 1 : Leviers cultureux appliqués dans les systèmes de culture (SdC) de SYCMA

	SdC1	SdC2	SdC3	SdC4
	Autonome ABC	Autonome AB-E	Maraîchage ABC	Maraîchage référence
Rotation diversifiée	Oui	Oui	Non	Non
Nbre d'intercultures par rotation	3	1	6	3
Taux de couverture annuel %	80 à 95	80 à 90	75 à 90	50 à 60
Nbre de labours par rotation	0	3	0	6
Élevage associé	Non	Oui	Non	Oui
Amendement*	BRF	FUM	LUZ + BRF	FUM
Amendement (t MS/ha.an)	13 t	2 t	9 t + 13 t	1 t
EOC NPK/an	0	0	0	90/60/120

* BRF : bois raméal fragmenté ; FUM : fumier composté ; LUZ : luzerne ; EOC : engrais organique du commerce

Gestion des intercultures (IC)

En maraîchage, beaucoup de cultures ont un enracinement peu profond et engendrent un sol qui se tasse avec le temps. Cela est défavorable à l'activité biologique et propice au développement de maladies du sol. Les IC peuvent répondre à cette problématique. Elles améliorent la fertilité, la structure et la porosité du sol.

En outre, elles réduisent les risques d'érosion et limitent le développement d'adventices. Les IC assurent également la fonction d'engrais vert par la capacité de capter les éléments, comme l'azote, le phosphore et le potassium, et de les restituer sous formes assimilables par les plantes à la suite de leur destruction. C'est pour toutes ces raisons qu'elles sont mises en avant au sein de l'essai.

En maraîchage, leur mise en œuvre nécessite une réelle réflexion et de l'anticipation. Différents mélanges, composés de trois à six espèces (*a minima* une poacée et deux fabacées), sont utilisés comme couvert entre deux cultures de rentes : IC de printemps, IC d'août gélive, IC de septembre gélive et IC d'octobre non gélive (Figure 2). Le labour d'automne du SdC4 limite la possibilité de cultiver des IC.

Pour produire un maximum de biomasse, le semis est réalisé dès que la récolte est achevée. Il est parfois difficile d'installer des IC tardives, mais d'excellentes IC non gélives ont pu être obtenues avec des semis réalisés début novembre. Le défi est d'enfuir les petites, moyennes et grosses semences aux bonnes profondeurs. Pour cela, l'usage d'un semoir à double trémie est conseillé.

Au printemps, les IC non gélives doivent être détruites. Cela est réalisé par un broyeur à marteaux. Après séchage, un passage au rotavator de marque Celli permet le scalpage complet de l'IC en surface, à environ trois cm de profondeur, minimum quinze jours avant le semis ou la plantation. La biomasse aérienne produite par les IC est mesurée chaque année. Les résultats montrent l'importance des éléments mobilisés chaque année par ces IC (de 30 à 100 unités d'N).

D'après une étude d'Arvalis¹, 30 à 50 % de l'azote mobilisé par les IC est restitué à la culture suivante.



Figure 1 : Récolte de la saulaie installée en 2020 sur le site de La Quintinie à Gemboux, destinée à produire le BRF (bois raméal fragmenté C/N ≈ 75) pour amender les SdC1 et 3 de SYCMA (24 mars 2026)

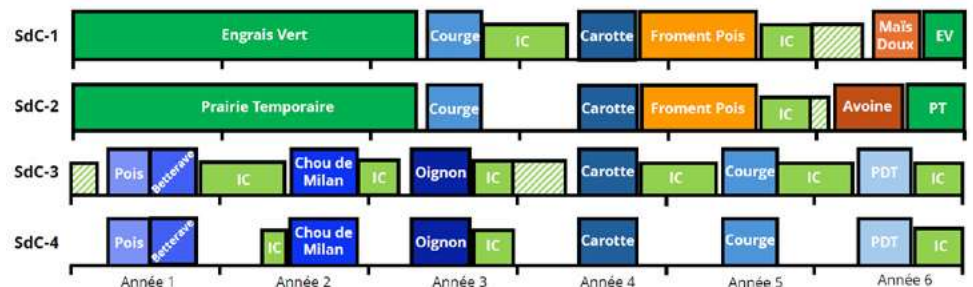


Figure 2 : Rotations des cultures et intercultures (IC) mises en place dans chaque SdC de SYCMA.



Figure 3 : À gauche : couvert d'hiver non gélif le 07/04/26, hauteur 30 cm (semis 07/11/25). À droite : couvert d'interculture de printemps le 19/06/25 avant choux, hauteur 100 cm (semis 10/04/25).

¹ <https://www.arvalis.fr/infos-techniques/quel-est-leffet-fertilisant-des-cultures-intermediaires>

Impact des SdC sur la fertilité du sol

La matière organique (MO) du sol, les teneurs en nutriments disponibles et la stabilité de la structure du sol ont été suivis annuellement depuis le début de l'essai. Des mesures d'abondance et de diversité des vers de terre, bactéries et champignons sont venues compléter ces suivis en 2025.

Matière organique et nutriments

De manière générale, le contenu total en MO du sol est le reflet des apports de biomasse par les résidus culturaux (cultures principales et intermédiaires) et les apports de MO exogènes (fumier bovin, luzerne, BRF et EOC). Il est intéressant de constater que les stocks de carbone du sol jusqu'à 50 cm, SdC4 (64 t/ha) < SdC2 (74 t/ha) < SdC1 (82 t/ha) < SdC3 (84 t/ha) suivent une progression semblable aux apports exogènes. Au-delà des apports de biomasse sous forme de BRF (SdC1) et de BRF et de luzerne (SdC3), les SdC1 et 3 sont également conduits en non-labour. Le non-labour, considéré indépendamment des autres leviers agronomiques, a relativement peu d'effet sur le stockage de carbone du sol. Néanmoins, il affecte sa distribution, en accumulant le carbone dans le sol de surface. Le non-labour peut donc expliquer la performance des SdC1 et SdC3 en termes de rapport Corg/Argile dans l'horizon 0-10 cm (Figure 4). Cette accumulation de MO en surface joue un rôle fondamental pour la résistance à la battance et au tassement : les SdC1 et 3 possèdent un rapport Corg/Argile favorable, alors que leurs équivalents respectifs labourés se classent en situation de transition (SdC2) ou défavorable (SdC4).

Cette stratification des propriétés du sol liée au non-labour se marque également sur les teneurs en K, qui s'accumule préférentiellement dans le sol de surface pour les SdC1 et 3. Il faut aussi noter que les apports de luzerne sous forme de mulch dans le SdC3, à hauteur de 9 tonnes de matière sèche par hectare et par an en moyenne, entraînent une hausse significative des contenus en K et P biodisponible.

Structure du sol

Les mesures de stabilité structurale dans le sol de surface (Figure 5) sont le reflet du rapport Corg/Argile. Cela n'est pas étonnant, car ce rapport est un indicateur de résilience de la structure du sol : pour des conditions culturales identiques, la stabilité structurale et le rapport Corg/Argile se rejoignent. Le graphe de la Figure 5 montre l'intérêt des apports organiques et de l'arrêt du labour à la fois pour les SdC visant l'autonomie (SdC1 > SdC2) et pour ceux visant l'intensification légumière (SdC3 > SdC4). L'état de surface du sol aux premiers stades de développement de la culture de carotte en

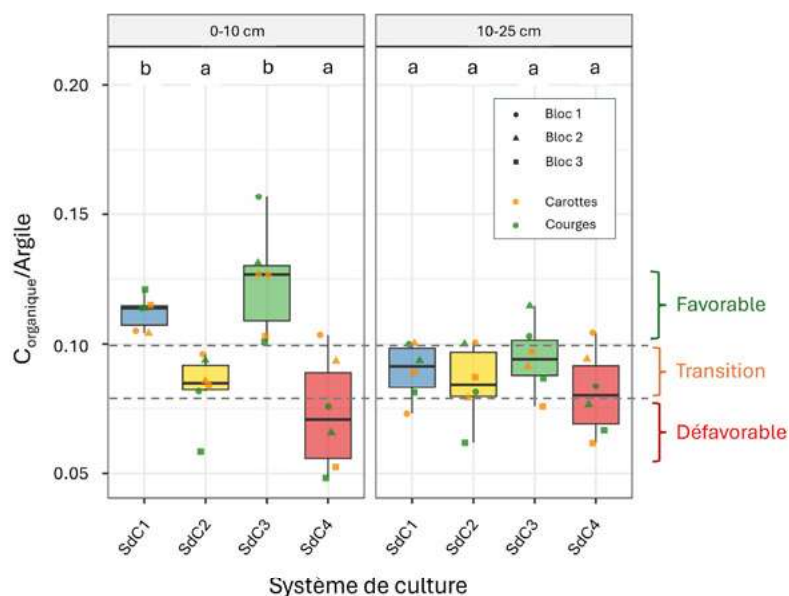


Figure 4 : Rapport Corganique/Argile pour les quatre systèmes de culture aux profondeurs 0-10 cm et 10-25 cm mis en regard avec les seuils « défavorable », « transition » et « favorable » de la MAEC Sol (MR14)

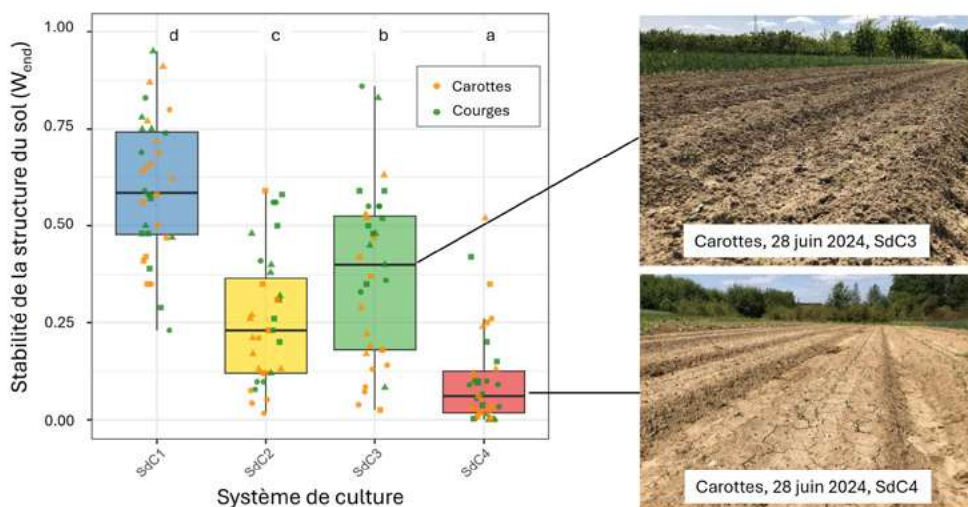


Figure 5 : Stabilité de la structure du sol de surface (Indicateur Wend, méthode QuantiSlake Test) pour les quatre systèmes de culture en mars 2025, et mise en lien avec l'état de surface du sol aux premiers stades de développement de la culture de carotte de l'année précédente, sur les mêmes parcelles

juin 2024 (Figure 5) illustre bien la meilleure résistance du sol à la battance dans le SdC3 par rapport au SdC4, résultant de l'effet combiné des apports de MO exogène (BRF et luzerne) et des techniques de non-labour.

Vie du sol

Concernant la vie du sol, les observations suivent les mêmes tendances qu'observées précédemment pour la MO et la structure. En effet, l'effet combiné des apports organiques et de l'arrêt du labour semble favoriser les vers de terre (nombre d'individus et biomasse ; Figure 6) à la fois pour les SdC visant l'autonomie (SdC1 > SdC2) et pour ceux visant l'intensification légumière (SdC3 > SdC4). En termes de

diversité, huit espèces de vers de terre ont été observées sur la plateforme au cours de deux campagnes réalisées au printemps et à l'automne 2025. La présence de vers épigés (petits vers vivant à la surface du sol) n'a été observée que sur les systèmes sans labour, sous les mulch de BRF (SdC1 et 3). Le labour semble aussi réduire la population de vers de terre anéciques (les plus gros vers, qui creusent des galeries verticales vers le sol profond), mais les différences ne sont pas significatives.

En termes d'abondance bactérienne et d'activité microbologique, les profils suivent les mêmes tendances que la MO, qui leur sert de substrat nourricier (Figure 4).

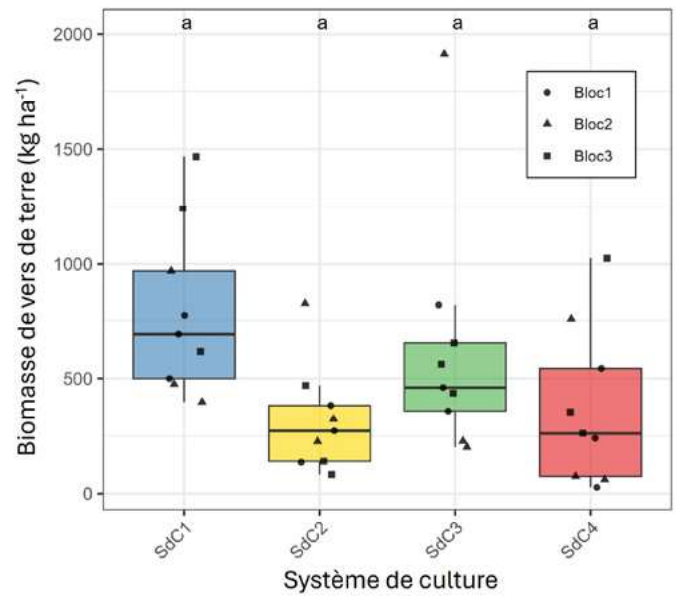
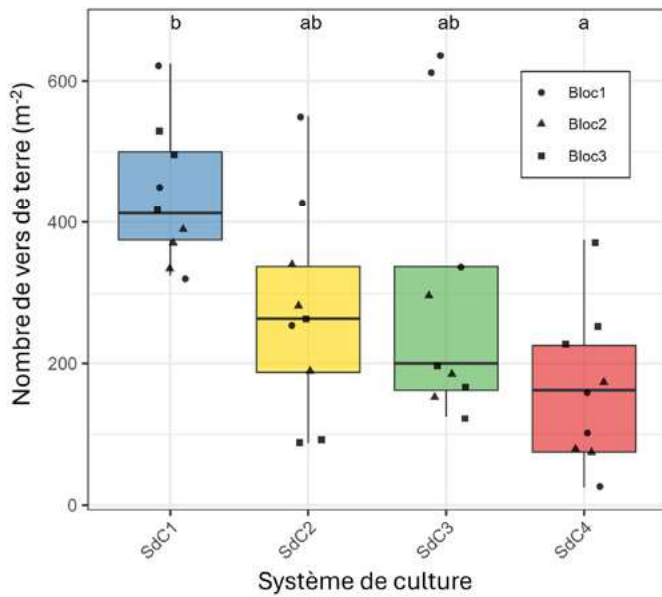


Figure 6 : Nombre (à gauche) et biomasse (à droite) de vers de terre pour les quatre systèmes de culture, en avril 2025, dans les parcelles « précédents courges »

Évolution des adventices

Un relevé des différentes espèces d'adventices est réalisé annuellement dans chaque culture et ce, deux fois sur la saison. La gestion des adventices en maraîchage est un vrai défi. Cette question est abordée pour deux cultures dans *Itinéraires BIO* n° 81 (pp. 45-48). Les différents leviers et outils utilisés sont le labour, le faux semis, la herse étrille, le binage mécanique, le buttage, le désherbage thermique, l'écart interligne, la densité dans les rangs, ainsi que le désherbage manuel. Aucun paillage plastique n'est utilisé. La rotation et l'alternance des cultures de printemps/hiver peuvent diminuer la présence de certaines adventices. Dans nos essais, la bonne gestion des adventices est surtout permise par le binage des cultures (SdC3 et 4) et par le labour (SdC2 et 4). Le temps de désherbage manuel en carotte et courge, comme dans les autres cultures, est en général maintenu

sous la barre des 150 h/ha.an et donc sous les valeurs de référence (Figure 7).

Le principal souci apparu concerne le panic pied-de-coq. C'est une graminée annuelle qui apparaît dès le mois de mai. Une plante peut produire entre 500 à 5.000 graines. Elle peut fortement réduire les rendements par son caractère très envahissant et ses besoins importants en éléments nutritifs.

C'est à partir de la troisième année d'essai, dans le SdC1, non labouré, que le problème est devenu aigu. Cela s'est répercuté dans le temps de désherbage manuel réalisé en courge et carotte, dans ce système (Figure 7). Une mauvaise implantation printanière de l'engrais vert qui précède la courge et la carotte semble être à l'origine de son développement. Pour pallier le problème, la rotation du SdC1 a été modifiée à partir de 2026, afin de pouvoir installer l'engrais vert

dès l'été, après la récolte du froment. Pour y parvenir, les cultures de maïs doux et de froment ont été interverties. La situation est mieux contrôlée dans le SdC2 où l'enfouissement des semences d'adventices par le labour diminue la levée du panic.

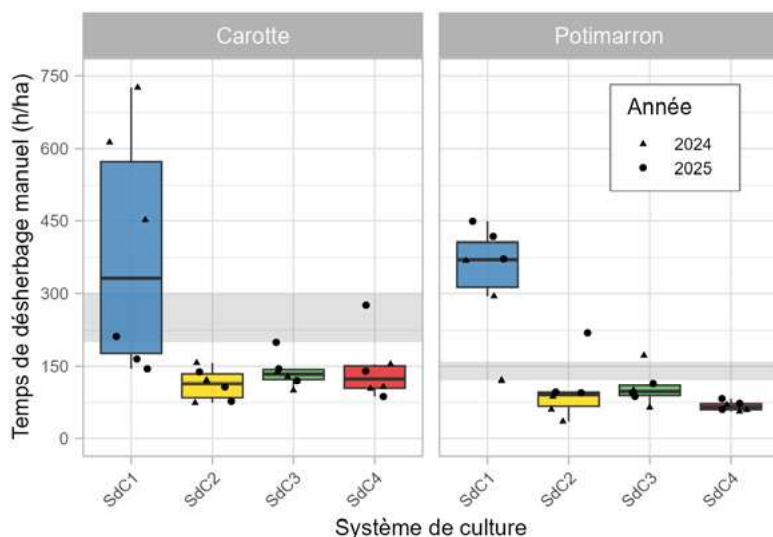


Figure 7 : Temps de travail réalisé pour le désherbage manuel dans les cultures de carotte et courge en 2024 et 2025

BACTOFERTIL® Liquide

Engrais : Mélange de bactéries : Dérogation EM735.B
 Utilisation : 2,5 L / Ha
 Conditionnement : 10 L ou IBC 1000 L

Peut être utilisé en agriculture biologique selon le Règlement CE N°2018/848

- Stimule la croissance des plantes
- Minéralise la matière organique
- Favorise la vie microbienne du sol
- Intervient dans la nitrification

**Nous avons l'expérience !
N'hésitez pas à contacter votre négociant.**

MONSEU
 Nutrition animale & végétale

5580 Louvain-St-Anne | +32 8436 83 09 | info@monseu.be

LES AVANCÉES DU BIO

Production végétale

Les courges et les carottes sont les deux cultures communes aux quatre systèmes de culture (SdC) étudiés. Aucun traitement phytosanitaire n'a été utilisé dans ces deux cultures. Les rendements bruts de ces deux cultures depuis 2022 sont présentés à la figure 8. Dans la culture de carotte, le contrôle des adventices a pu être réalisé chaque année, les maintenant sous le seuil de nuisibilité. Les rendements atteints résultent donc du potentiel sol. Cependant, en courge, les plus faibles rendements du SdC1 pourraient résulter de la présence d'adventices. Les plus faibles rendements du SdC2 pourraient résulter plutôt de la destruction tardive des prairies temporaires et de la répercussion sur la disponibilité en eau et azote en début de culture.

Stratégie de fertilisation

À l'analyse des rendements obtenus en carottes et courges depuis 2022, il n'y a pas d'impact négatif significatif de la gestion de la fertilisation des SdC1, 2 et 3 par rapport au SdC4 (Figure 8). Les stratégies d'autonomie mises en place dans les SdC1, 2 et 3 semblent pertinentes et montrent un potentiel mais certains verrous restent à faire sauter : implantation et destruction des EV et IC les saisons humides, préparation du sol au printemps, gestion des adventices pour SdC1, augmentation de la rentabilité pour SdC1.

Impact du non-labour

Le non-labour couplé à des apports de matière organique laissés dans l'horizon supérieur (SdC1 et 3) ne semble pas impacter négativement le rendement des cultures de carottes ni celui des courges (à condition de maîtriser les adventices), sachant toutefois qu'un fissurage Actisol à 28 cm de profondeur a été réalisé à trois reprises sur la rotation pour décompacter le sol en SdC1 et 3. La texture du sol étant de

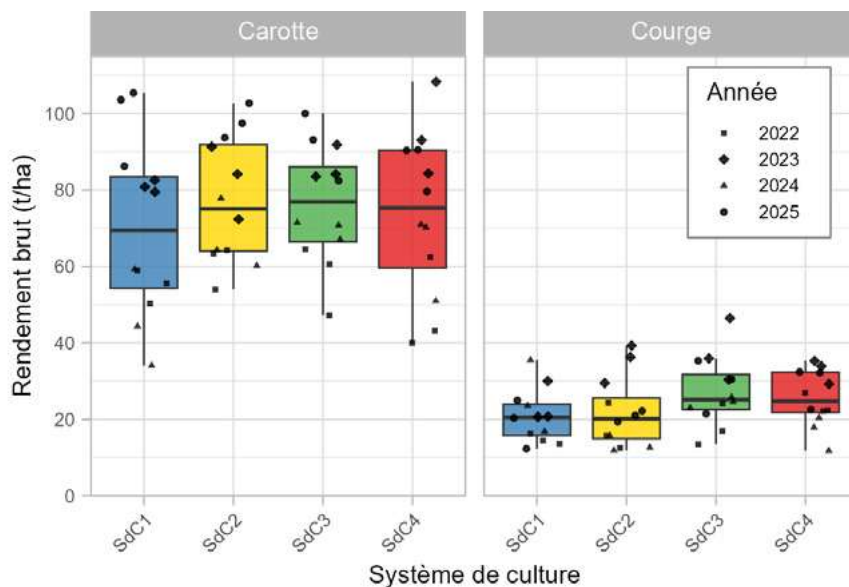


Figure 8 : Rendement brut des cultures de carottes et de courges dans chaque SdC de 2022 à 2025.

type limon fin argileux, il existe une tendance à la compaction qu'il a été nécessaire de corriger mécaniquement parce que la vie du sol n'avait pu le faire. La préparation des lits de semis et plantation sans outils animés dans

les SdC1 et 3 n'a pas toujours été possible. En 2024, printemps pluvieux, ce sont les deux systèmes en non-labour qui ont montré le plus de résilience et les meilleures levées (moins de battance, Figure 5).

Conclusions et perspectives

Les contrastes entre les SdC apparaissent progressivement et de façon variable, selon les indicateurs observés. Dans les systèmes mobilisant plusieurs leviers agronomiques en interaction, il est difficile d'évaluer l'effet des pratiques individuelles. Les stratégies d'autonomie en fertilisation et de conservation du sol mises en œuvre semblent prometteuses malgré quelques ajustements nécessaires.

Les bénéfices pour le sol, observés dans les systèmes mettant en place des stratégies de conservation du sol, sont : une meilleure stabilité structurale, un meilleur rapport Corg/Argile et une plus grande abondance de vers de terre. Toutefois, ces systèmes peuvent engendrer des difficultés accrues en ce qui concerne les adventices (SdC1) et la compaction du sol en profondeur (SdC1 et 3). Mais cette tendance pourrait se renverser avec le temps comme le montrent les bénéfices mentionnés pour le sol. Le SdC3 manifeste plus de résilience, avec des rendements plus stables et parfois supérieurs au SdC4. L'impact sur le rendement des cultures est toutefois encore variable d'une année à l'autre.

À l'issue de cette première rotation de six ans, une reconception des SdC a été réalisée par une équipe d'experts. Les objectifs de chaque SdC restent identiques.

Pour résoudre les problèmes rencontrés en SdC1, il est prévu d'adapter la rotation de la façon suivante : (i) ajout d'une culture de rente dans la rotation pour augmenter la productivité du système ; (ii) inversion de la place du froment avec le maïs pour permettre une meilleure installation du froment d'hiver (après maïs), et une meilleure implantation de l'engrais vert (après froment) en été ; (iii) fauches d'engrais verts épanchées sur le maïs doux pour le fertiliser ; (iv) adoption d'un mélange de variétés anciennes de froment, plus concurrentiel vis-à-vis des adventices et plus adapté aux systèmes bas-intrants.

L'analyse des indicateurs agronomiques sera complétée d'un bilan économique et environnemental de chaque SdC.

Remerciements

Nous remercions les partenaires qui ont contribué à cette étude. En particulier, l'équipe technique du CRA-W qui œuvre pour la gestion de l'essai et les suivis sur le terrain : B. Verkyndt, B. Scaut, Q. Charlier, F.X. Meunier, J. Martens et D. Amez ainsi que le domaine agricole du CRA-W. Nous remercions l'équipe sol de l'U7 (A. Motet et F. Vanwindekens), l'U9 du CRA-W ainsi que L. Falco pour leur contribution à l'acquisition et l'analyse de données.

La gestion et le suivi de l'essai SYCMA sont financés par le Plan de Développement de la Production biologique en Wallonie à l'horizon 2030 (Convention 2020-2030).