

Plateforme CA-SYS

(Co-designed **A**groecological **S**ystem experiment)
Plateforme d'expérimentation collaborative en agroécologie

Méthodes et apprentissages
issus de l'expérimentation de systèmes
agroécologiques sans pesticides
depuis 2018



Livret de présentation à destination des visiteurs

La plateforme CA-SYS

Située sur l'unité expérimentale Domaine d'Epoisses du centre INRAE Bourgogne Franche-Comté, **CA-SYS est une plateforme de recherche collaborative expérimentant l'agroécologie à différentes échelles.**

L'objectif ambitieux est de **concevoir des systèmes agricoles de grandes cultures sans pesticides** en optimisant les services rendus par la **biodiversité cultivée et sauvage** pour réduire la dépendance aux intrants tout en maintenant/augmentant la durabilité des systèmes. Il s'agit de produire des connaissances pour mettre au point ces systèmes, et d'évaluer la faisabilité et les performances de ces systèmes très innovants.

Les principes agroécologiques structurant la plateforme CA-SYS sont :

- **Accroître la diversité végétale** dans les parcelles (mélanges d'espèces/variétés), dans le temps (succession culturale, couverts végétaux), dans le paysage (assolement des cultures, infrastructures paysagères)
- **Cultiver sans pesticides** en combinant des techniques alternatives et agroécologiques pour gérer les bioagresseurs
- **Agir à l'échelle du paysage** via l'agencement spatial des pratiques agricoles, et d'infrastructures paysagères (haies, bandes fleuries et enherbées)

CA-SYS explore une diversité de systèmes agroécologiques sur 125 ha. **Quatre systèmes de culture** agroécologiques sans pesticides sont testés, représentant deux stratégies agricoles principales susceptibles de favoriser les interactions biotiques :

- Les systèmes TS basés sur le travail du sol (labour occasionnel, faux semis, désherbage mécanique)
- Les systèmes SD basés sur la conservation des sols (sans travail du sol ou avec du travail du sol superficiel ponctuel). Ces deux options nécessitent la mobilisation de la diversité des cultures et des plantes de couverture dans le temps (succession des cultures diversifiée et couverts d'intercultures) et dans l'espace (mélange d'espèces / variétés de cultures, plantes compagnes).

Un autre aspect original de la conception de CA-SYS est la réflexion de l'agencement spatial des systèmes de culture et des infrastructures agroécologiques au niveau de l'exploitation ou du paysage. Les parcelles gérées selon une stratégie particulière (TS ou SD) sont soit regroupées dans le paysage, soit situées à proximité d'une stratégie différente afin de tester l'effet du paysage de pratiques agricoles. Ces parcelles sont connectées par un maillage dense de haies, bandes enherbées et bandes fleuries qui ont été pensées pour favoriser la biodiversité et créer des corridors écologiques, afin de maximiser les régulations biologiques naturelles.

La plateforme CA-SYS a été développée en collaboration avec les acteurs du monde agricole. Agriculteurs, conseillers, techniciens, ingénieurs, enseignants, chercheurs ont été associés dès la conception de la plateforme, en participant à des réunions et des ateliers

de co-conception des systèmes agroécologiques testés, à la fois ambitieux et réalisables. Ces acteurs sont toujours associés à la vie de CA-SYS lors d'ateliers de réflexion sur des thématiques spécifiques ou des journées d'échanges permettant de bénéficier de leurs expertises et de discuter des conditions d'adoption et de mise en œuvre à grande échelle de l'agroécologie.

La mise en œuvre des principes agroécologiques a débuté à l'automne 2018 avec l'objectif de concilier, sans pesticides de synthèse :

- Une gestion durable des **bioagresseurs**
- Des systèmes de culture **rentables** et **résilients**
- Des systèmes de cultures s'adaptant au **changement climatique**

La rentabilité des quatre systèmes est assurée par différents moyens en fonction des objectifs assignés à chaque système, mais toujours grâce à un déplacement des équilibres écologiques en faveur d'une biodiversité fonctionnelle au service de la production agricole.

Ce dispositif est unique en France et en Europe, de par son ampleur, son ambition, ses thèmes de recherche et la contribution active des acteurs du monde agricole.

Les apprentissages réalisés aux cours des premières années d'expérimentation nous ont déjà permis d'identifier des réussites et acquis mais aussi des difficultés dans la gestion de ces systèmes de culture agroécologiques innovants. Se mettre dans une contrainte forte, sans pesticide et parfois sans travail du sol, nous a permis d'innover. Des adaptations des systèmes ont été opérées et une évolution de notre approche expérimentale a été nécessaire pour contourner les impasses agronomiques. Nous continuons d'explorer de nouvelles solutions techniques, y compris en agroéquipement, différentes modalités de travail et de fonctionnement pour favoriser la créativité. Ces apprentissages et adaptations renouvellent continuellement les questions de recherche en agroécologie qui pourraient être expérimentées sur la plateforme CA-SYS.

L'approche paysagère dans CA-SYS

Un maillage continu d'infrastructures agroécologiques

10% de la surface cultivée de CA-SYS

- 2,9 ha de **bandes fleuries** (37 espèces)
- 7 ha de **bandes enherbées** (6 espèces)
- 3,4 km de **haies** (30 espèces)

Des perchoirs à rapaces pour favoriser la prédation des campagnols

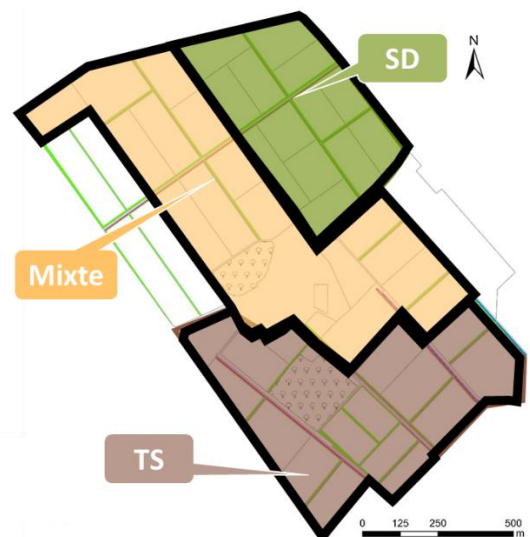
Gestion extensive des bandes enherbées et fleuries

- 1 à 2 fauches des bandes enherbées par an, pour préserver la biodiversité tout en limitant la dissémination des graines dans les parcelles adjacentes
- 0 à 1 fauche des bandes fleuries par an, en dehors des périodes de floraison, pour faciliter la régénération des espèces annuelles
- Broyage des bandes enherbées et fleuries avant l'hiver pour favoriser la prédation des campagnols par les rapaces



Un paysage de pratiques agricoles : agencement spatial des cultures, des systèmes de culture et des infrastructures agroécologiques

4 systèmes de culture combinés à des infrastructures agroécologiques pour tester 3 systèmes agroécologiques (= petits paysages de 40 ha)



Les systèmes de culture basés sur la conservation des sols (SD) testés

SD1 : Objectif ACS

« Un système rentable et sobre, avec un sol en bonne santé »



Gestion des bioagresseurs → les régulations biologiques



Rentabilité

- le paiement d'une diversité de services écosystémiques
- des économies en certaines pratiques (travail du sol)
- optimisée par heure de traction (€/h)



Sobriété = économie en charges de mécanisation et en temps de traction



Préserver la capacité du sol à fournir des services écosystémiques (production, stockage du carbone, préservation de la biodiversité et de la fertilité)

Objectifs de pratiques :

- Semis en direct
- Pas de travail du sol profond ou superficiel, pas de désherbage mécanique
- Couverture du sol permanente, gestion des couverts

Démarche pas-à-pas : pour y arriver...

- Gestion des adventices par un labour très occasionnel si besoin
- Objectif d'espacer les labours le plus possible
- Strip-till, faucheuse inter-rang → matériel innovant

SD2 : Objectif TCS+

« Rentable et efficient, avec un sol en bonne santé »



Gestion des bioagresseurs → la régulation biologique complétée par la régulation mécanique



Rentabilité

- Vente des productions végétales en alimentation humaine
- Optimisée par heure de traction (€/h)



Efficiace = valorisation des charges de mécanisation en productivité et en limitation des pertes de rendement dues aux bioagresseurs



Préserver la capacité du sol à fournir des services écosystémiques (production, préservation de la biodiversité et de la fertilité, stockage du carbone)

Objectifs de pratiques :

- Semis en direct quand c'est possible
- Travail superficiel, initialement <2 passages par an
- Destruction des couverts par broyage/roulage, et scalpage uniquement si parcelle sale

Démarche pas-à-pas : pour y arriver...

- Gestion des adventices par un travail du sol superficiel mais fréquent s'il le faut
- Parcelles mises en luzerne ou en chanvre pour gérer les adventices vivaces (chardon)

Les systèmes de culture basés sur le travail du sol (TS) testés

TS1 : Travail du sol avec apport d'azote minéral exogène

« Rentable et efficient, avec une culture en bonne santé »



Gestion des bioagresseurs → la régulation mécanique (TS) et la régulation biologique



Rentabilité :

- Productivité des cultures et stabilité des rendements
- Optimisée par unité de surface (€/ha)



Efficienne = bonne alimentation minérale des cultures, limitation de la lixiviation et des pertes de rendement dues aux bioagresseurs



Préserver la capacité productive des sols (bon peuplement, absence de carence, bon enracinement)

Objectifs de pratiques :

- Travail du sol superficiel, désherbage mécanique
- Labours occasionnels
- Couvert d'interculture détruit mécaniquement

Démarche pas-à-pas : pour y arriver...

- Problématique chardon = pas de couvert d'interculture, travail du sol répété en interculture pour épuiser les réserves et limiter leur développement

TS2 : Travail du sol sans apport d'azote minéral exogène

« Rentable et sobre, avec une culture en bonne santé »



Gestion des bioagresseurs → la régulation mécanique (TS) et la régulation biologique



Rentabilité :

- Productions à haute valeur ajoutée en alimentation humaine
- Economies en azote et en certaines pratiques
- Optimisée par unité de surface (€/ha)



Sobriété = économie en azote et en certaines pratiques



Préserver la capacité productive des sols. Viser l'autonomie en azote grâce aux fonctions biologiques du sol.

Objectifs de pratiques :

- Travail du sol superficiel, désherbage mécanique
- Labours occasionnels
- Couvert d'interculture détruit mécaniquement
- Pas d'apport d'azote : Rotation très riche en légumineuses

Démarche pas-à-pas : pour y arriver...

- Problématique chardon = pas de couvert d'interculture, travail du sol répété en interculture pour épuiser les réserves et limiter leur développement

Les systèmes SD

Bilan à 5 ans de leurs performances agronomiques, économiques et environnementales - Nos apprentissages et les pistes d'adaptation

Contacts :

Stéphane CORDEAU, INRAE, UMR Agroécologie stephane.cordeau@inrae.fr

Brice MOSA, INRAE, U2E brice.mosa@inrae.fr

Coralie TRIQUET, INRAE, U2E coralie.triquet@inrae.fr

Guillaume ADEUX, INRAE, UMR Agroécologie guillaume.adeux@inrae.fr

Maé GUINET, Institut Agro Dijon, UMR Agroécologie mae.guinet@inrae.fr

L'agriculture de conservation des sols (ACS) repose sur trois piliers : non travail du sol, couverture des sols et diversification des successions, contribuant à favoriser différents services écosystémiques. Au-delà de leurs bénéfices, les systèmes en ACS sont généralement confrontés à des problèmes de maîtrise de la flore adventice, qui n'est plus régulée par le travail du sol. Ces systèmes peuvent donc être fortement dépendants des herbicides pour maîtriser les communautés adventices sur le long terme. Concevoir des systèmes minimisant ou se passant du travail du sol sans pesticides représente donc un des grands défis de la plateforme CA-SYS.



Semis de culture en direct dans un couvert annuel en système SD1 (haut), pouvant être précédé d'un broyage et/ou scalpage au préalable en système SD2 (bas) © INRAE

L'arrêt sans transition de l'usage du travail du sol et des pesticides en 2018 a permis de se confronter rapidement à des situations agronomiques difficiles amenant à des **impasses** différentes selon les systèmes :

- En SD1 (semis-direct permanent) : grosses difficultés pour mettre en place des cultures après 3 ans du fait de la mauvaise maîtrise des limaces, campagnols et adventices (principalement graminées), ayant conduit à l'impossibilité de récolter 8 des 10 parcelles lors de la 5^{ème} année d'expérimentation.
- En SD2 (semis-direct non permanent) : augmentation très rapide des populations de chardons des champs, ayant conduit à installer de la luzerne pour 3 ans sur 4 des 10 parcelles en 2021 puis sur 3 autres parcelles en 2023.

Les hypothèses testées dans les systèmes SD ont donc été en échec sur les 5 premières années :

- En SD1, miser sur la couverture du sol et la non stimulation du stock semencier s'est avéré inefficace pour limiter l'installation des adventices graminées et astéracées, annuelles et vivaces. Les étés secs n'ont pas permis l'installation de couverts

compétitifs, et le recours à l'irrigation des couverts ne leur donne pas d'avantage compétitif.

- En SD2, miser sur une perturbation minimale superficielle du sol a toujours posé question : le scalpage s'est parfois avéré peu efficace sur les repousses de cultures ou graminées dans le cas d'une faible intensité de la perturbation ; il a aussi engendré la multiplication du chardon ou du chiendent. Les conditions de mise en œuvre sont toujours compliquées : trop humide et non séchant en automne, trop sec et irrégulier au printemps.

Pour contourner ces impasses agronomiques tout en restant sans pesticides, un diagnostic agronomique et socio-organisationnel a été réalisé en 2022, afin de définir l'origine des différents problèmes rencontrés et de proposer des solutions.

En 2023, nous avons adopté une **démarche d'expérimentation « pas-à-pas »**, en opposition à la démarche « de novo » initialement choisie (c'est-à-dire sans transition). La mise en œuvre de cette démarche « pas-à-pas » a consisté à fixer, pour chaque système, des nouveaux objectifs cibles et les moyens pour les atteindre (sous forme d'arbres de décisions adaptables aux conditions du milieu et de l'année climatique), permettant de réaliser une transition vers nos objectifs avec plus de flexibilité. Ceci a été réalisé lors d'ateliers de co-conception en juin 2023.

La recherche de solutions à ces impasses et pour l'atteinte des objectifs passe également par l'expérimentation analytique sur les parcelles de la plateforme CA-SYS :



Essais analytiques de destruction de couverts d'interculture sans pesticides de synthèse © INRAE

Les alternatives au glyphosate en semis direct pour la destruction des couverts/adventices/repousses de cultures ne sont pas nombreuses et sont toutes sujettes à critique quant à leur niveau d'efficacité de destruction de la végétation en place, leur impact sur le sol, la diversité biologique des sols (bactéries, champignons, vers de terre, autre mésofaune), leur rentabilité économique, etc...

La plateforme CA-SYS permet donc de tester des **méthodes alternatives** dans des essais analytiques et d'en évaluer les **effets intentionnels et non intentionnels de la destruction des couverts** afin de produire des

connaissances et des références utiles pour l'adaptation des systèmes testés sur CA-SYS et plus largement pour la conception de systèmes de culture sans herbicides, y compris sans glyphosate.

Les systèmes TS

Bilan à 5 ans de leurs performances agronomiques, économiques et environnementales - Nos apprentissages et les pistes d'adaptation

Contacts :

Stéphane CORDEAU, INRAE, UMR Agroécologie stephane.cordeau@inrae.fr

Coralie TRIQUET, INRAE, U2E coralie.triquet@inrae.fr

Guillaume ADEUX, INRAE, UMR Agroécologie guillaume.adeux@inrae.fr

Maé GUINET, Institut Agro Dijon, UMR Agroécologie mae.guinet@inrae.fr

Nicolas MUNIER-JOLAIN, INRAE, UMR Agroécologie nicolas.munier-jolain@inrae.fr

Deux systèmes de culture avec travail du sol sont testés sur CA-SYS :

- **TS1** : système sans pesticides en rotation diversifiée avec labour occasionnel et **fertilisation azotée minérale**
- **TS2** : système sans pesticides en rotation diversifiée avec labour occasionnel et **sans fertilisation azotée minérale**



Culture de colza semée en association avec des plantes compagnes pour contribuer à la gestion des insectes d'automne et à grand écartement pour permettre le binage de l'inter-rang © INRAE

Leurs **successions culturales** sont **très diversifiées**, en termes de cultures et de couverts d'interculture, pour alterner les périodes de dates de semis et les familles botaniques afin d'éviter la spécialisation de la flore adventice et réduire les inoculum maladies. En TS2, la succession est bien plus **riche en légumineuses** cultivées en pur, en association ou en plantes de services (compagne ou couvert), pour palier à l'absence de fertilisation azotée minérale.

La stratégie de gestion des adventices repose sur un **labour peu fréquent** (tous les 3 ans), du **travail du sol** profond ou superficiel **en interculture**, des **faux semis**, du **désherbage mécanique**, et de l'**écimage**, ainsi que sur le choix de **cultures ou variétés couvrantes**. Pour éviter ou atténuer les effets des bioagresseurs, nous jouons sur les **dates et densité de semis**, les choix variétaux, le recours à des **plantes de services** en culture ou en interculture, et sur le **raisonnement de la fertilisation azotée** en TS1. Le recours à l'irrigation permet principalement de favoriser une bonne implantation des cultures d'été et assurer leur pouvoir concurrentiel vis-à-vis des adventices.

Depuis le début de CA-SYS, nous avons observé sur les deux systèmes TS que :

- Les céréales d'hiver (blé, orge) sont des cultures robustes et résilientes et parmi les plus productives, et les associations céréales-légumineuses (blé/pois, blé/féverole) se comportent bien.

- Les légumineuses à graines se comportent bien, même si elles peuvent subir ponctuellement des fortes pertes de productivité dues aux maladies fongiques.
- Les crucifères (colza et moutarde) sont des cultures compliquées à conduire sans pesticides et d'autant plus lorsque les conditions sont sèches en début de cycle. Les rendements peuvent être très faibles.
- La réussite des cultures d'été (soja, tournesol, sorgho, maïs, etc.) dépend de la possibilité d'irriguer, parfois contrainte par les arrêtés préfectoraux.
- La gestion des adventices est maîtrisée dans ces systèmes à l'exception des populations de chardons qui progressent depuis 2021, ce qui nous a conduit à repenser la gestion de l'interculture.

Bilan des performances des 5 premières années :

- Dans les systèmes TS2, les **rendements réalisés** sont proches de ceux des agriculteurs en agriculture biologique dans la même région, alors même que les cultures ne sont pas fertilisées sur CA-SYS (pas même avec des engrais organiques). Les **rendements réalisés dans les systèmes TS1**, sur des cultures conduites sans pesticides mais avec fertilisation azotée minérale (sauf sur les légumineuses et associations) sont presque doublés par rapport à TS2, à l'exception des crucifères. Les rendements sont néanmoins 15% inférieur aux rendements en agriculture conventionnelle de la région.
- Dans les deux systèmes TS, la **qualité pour une valorisation en alimentation humaine** n'est pas toujours satisfaisante (soja, blé, orge), et on observe une augmentation du taux d'impuretés pour toutes les récoltes.
- Les baisses de productivité des systèmes ne sont pas compensées par des baisses de charges, d'autant plus que les productions sont vendues au prix du conventionnel. Le poste semences et les charges de mécanisation restent élevés.
- Les baisses de productivité induisent des **efficacités énergétiques** peu satisfaisantes pour les 2 systèmes : les consommations énergétiques en carburant, et les engrais en TS1, sont trop importantes au regard des rendements obtenus.
- La **balance azotée**, excédentaire sur le système TS1 (36 kg N/ha) et déficitaire en TS2 (- 21kg N/ha), questionne la gestion de la fertilité azotée dans ces systèmes.

Forts de ces premiers enseignements, et suite à l'adoption de la démarche « pas-à-pas », nous avons réalisé des ateliers de co-conception des systèmes TS en 2024. Comme pour les systèmes SD en 2023, l'objectif était de fixer, pour chaque système, des nouveaux objectifs cibles et les moyens pour les atteindre (sous forme d'arbres de décisions adaptables aux conditions du milieu et de l'année climatique).

Les aspects prioritaires sur lesquels nous travaillons sur les systèmes TS sont la **gestion des adventices en interculture** (en particulier les vivaces comme le chardon, avec priorisation du travail du sol ou des couverts d'interculture), le pilotage efficient de la fertilisation azotée minérale en TS1 et l'autonomie en **azote** à long terme sans fertilisation en TS2. Le système TS2 incluant des cultures à **haute valeur ajoutée en alimentation humaine**, cela nous pousse à aussi à expérimenter de **nouvelles cultures** (lentille, pois-chiche, avoine, épeautre, pois de casserie...).

Le matériel agricole pour conduire les systèmes agroécologiques

Contacts :

Brice MOSA, INRAE, U2E brice.mosa@inrae.fr

Rodolphe HUGARD, INRAE, U2E rodolphe.hugard@inrae.fr

Stéphane CORDEAU, INRAE, UMR Agroécologie stephane.cordeau@inrae.fr

Pascal MARGET, INRAE, U2E pascal.marget@inrae.fr

Le matériel agricole et la thématique de l'agroéquipement tiennent une place importante dans la réflexion sur la conception et la mise en œuvre des systèmes de culture innovants sans pesticides sur CA-SYS. Les choix de matériel sont arbitrés selon les modes de conduite de chacun des systèmes SD et TS. La facilité de mise en œuvre, le dimensionnement, la modularité et la polyvalence constitueront le second niveau. Le coût d'utilisation intégrant le prix d'achat et le coût d'entretien restent des critères de choix importants à considérer mais dans un contexte expérimental ils ne sont pas prépondérants dans la chaîne de décision.



L'unité expérimentale U2E est équipée d'une borne RTK permettant un radioguidage du matériel à la précision centimétrique et communique par radio ou GSM afin d'être compatible avec la plupart des équipements d'agriculture de précision.

Le parc matériel actuellement déployé sur CA-SYS est présenté en fonction des grandes phases d'un cycle cultural et de la gestion des infrastructures agroécologiques. Les objectifs de l'intervention et les cibles visées peuvent être communes pour chacune des périodes, par exemple limiter le développement des adventices.

- La gestion de l'interculture

Les matériels mis en œuvre pour le **travail du sol** dans les systèmes TS sont adaptés à nos sols argilo-calcaires : charrue, décompacteur, outils à dents pour un travail profond à superficiel, herse rotative. La gestion des systèmes SD implique de pouvoir détruire un couvert végétal d'interculture, via l'utilisation d'un rouleau hacheur, d'un broyeur et d'une faucheuse frontale.

- Le semis

Les modalités de semis sont différentes selon les systèmes, les cultures et les stratégies de gestion des adventices : semoir à céréales en ligne à faible écartement, semoir de précision monograine, semoir de semis direct à disques ou à dents adaptés à des sols plus compacts pour semer dans un couvert végétal ou mulch. Les réglages sont définis pour optimiser l'implantation de la culture en tenant compte des états du milieu générés par

chaque système mais également pour favoriser le passage des outils de désherbage mécanique aux différents stades de la culture et des adventices.

- La gestion des adventices

Herse étrille, bineuse optique... Une grande diversité d'outils de désherbage mécanique est mobilisée pour gérer les adventices en fonction du stade de la culture et des adventices, de l'état du milieu et des modalités de conduite du système (TS vs SD).

- La récolte

La diversification et l'agencement des cultures sur la plateforme CA-SYS crée des situations de récoltes très variées (cultures pures, associées). Afin de maintenir la qualité des récoltes malgré des cas de mauvaise maîtrise des adventices, de nouveaux matériels ont été acquis (coupe andaineuse, pick-up).

- La gestion des infrastructures agroécologiques

Broyeur et faucheuse frontale sont mobilisés pour la gestion extensive des bandes enherbées pour éviter la grenaison des adventices dans les parcelles.

- Reconception des systèmes SD : nouveau matériel innovant

Pour réduire le plus possible le recours au travail du sol sur les systèmes SD, l'unité a fait l'acquisition d'un outil de **strip-till** qui permet de travailler le sol superficiellement uniquement sur la ligne de semis, et d'une tondeuse d'inter-rang qui permet d'entretenir la végétation (couvert et/ou adventices) entre ces rangs de culture par broyage ou fauchage.



Faucheuse inter-rang 45 cm © INRAE

Ce matériel est utilisé pour les cultures en grand écartement (45 cm), mais reste à concevoir pour de faibles inter-rangs de 15 cm (pour les orges et les blés par exemple). Ce travail de **développement et prototypage** est en cours avec des partenaires dans le cadre de projets de recherche d'innovation couplée agronomie/machinisme.

Depuis le lancement de CA-SYS, de nouveaux besoins émergent régulièrement en fonction des problématiques rencontrées ou des solutions recherchées pour améliorer les systèmes et atteindre les objectifs fixés. Certains matériels (scalpeur, désherbage électrique, rouleau hacheur, rouleau ripeur, etc.) sont ainsi testés ponctuellement dans nos conditions expérimentales pour évaluer leurs intérêts. Par exemple, une réflexion est en cours pour la gestion des menues pailles et l'exportation ou la destruction sur place des graines adventices et petits grains de cultures.

La diversité végétale et la gestion des bioagresseurs

Contacts :

Guillaume ADEUX, INRAE, UMR Agroécologie guillaume.adeux@inrae.fr

Valérie DUFAYET, INRAE, U2E valerie.dufayet@inrae.fr

Anthony KLEIN, INRAE, UMR Agroécologie anthony.klein@inrae.fr

Maé GUINET, Institut Agro Dijon, UMR Agroécologie mae.guinet@inrae.fr

Nicolas MUNIER-JOLAIN, INRAE, UMR Agroécologie nicolas.munier-jolain@inrae.fr

L'objectif de la plateforme CA-SYS est d'associer leviers agroécologiques et arrêt des pesticides pour **mobiliser au maximum les processus écologiques naturels**, en particulier la régulation naturelle des différents bioagresseurs des cultures.

Sur CA-SYS, un des principaux leviers agroécologiques mobilisé est la **diversification végétale des parcelles et des paysages agricoles**. Cette augmentation la diversité végétale est réalisée à différentes échelles :

- Mélanges d'espèces et de variétés cultivées à l'échelle de la parcelle

L'ensemble des cultures de blé, de colza et de moutarde de la plateforme sont cultivés en mélange de plusieurs variétés. Ces mélanges permettent de tirer parti de la diversité génétique en associant des caractéristiques de tolérances différentes et donc d'obtenir une culture globalement plus résilience face aux différents stress et bioagresseurs. De même, l'association d'espèce (blé avec pois ou féverole) permet d'assurer une production en cas d'aléas affectant l'une des espèces. Enfin, tous les colza sont cultivés avec un mélange de plantes compagnes (non récoltées) : féverole, trèfle et fénugrec.



Vue aérienne d'un essai analytique visant à étudier l'effet de l'augmentation de diversité génétique intra et interspécifique en pois et féverole sur la production et la régulation biologique des bioagresseurs (Projet ANR SPECIFICS). L'essai est bordé de bandes fleuries et enherbées. © INRAE



Couvert d'interculture diversifié comprenant des plantes mellifères comme la phacélie et le tournesol © INRAE

- Diversification et allongement de la rotation dans le temps

La succession d'espèces cultivées sur chaque parcelle est très diversifiée, avec une grande diversité de cultures principales (différentes familles botaniques et périodes de cultures) et la mise en place de cultures dérobées et de couverts végétaux en interculture.

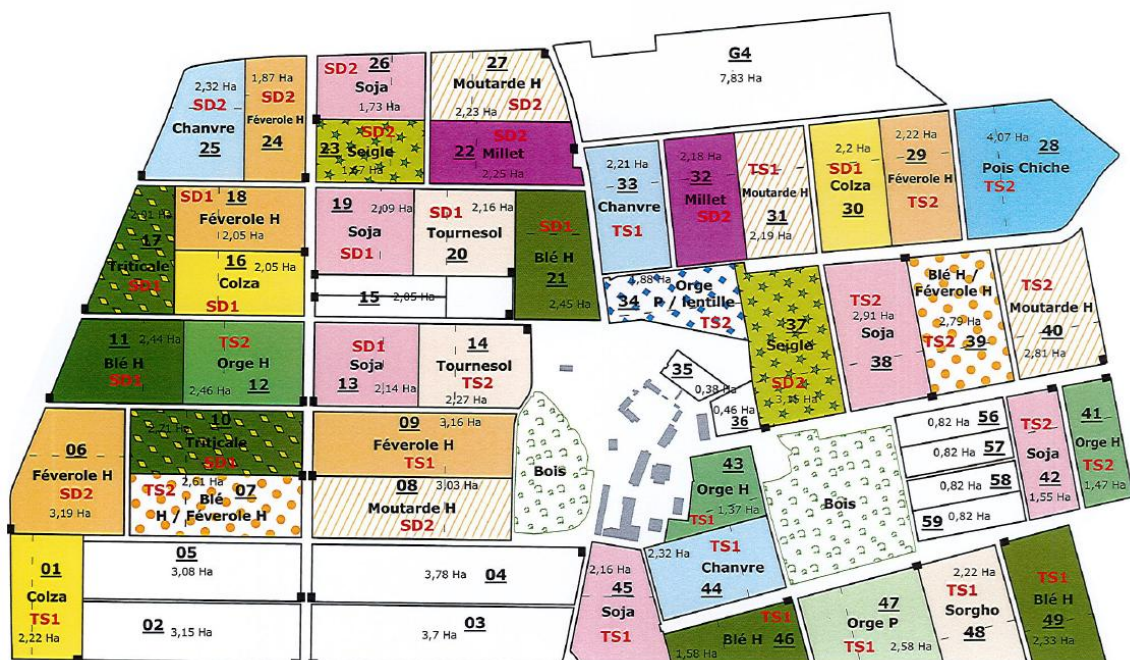
- Diversification de l'assolement à l'échelle du parcellaire

Les différentes cultures produites sur CA-SYS sont disposées de sorte à ce que toutes les cultures soient mélangées dans l'espace sur l'exploitation (autrement dit, de sorte à ce que toutes les parcelles d'une même culture ne soient pas au même endroit).

- Implantation d'infrastructures agroécologiques à l'échelle du paysage

Haies, bandes fleuries et bandes enherbées fournissent un habitat et des ressources trophiques aux auxiliaires des cultures, et favorisent leur installation et leur dispersion entre et dans nos parcelles.

Assolement prévisionnel 2025/2026



Exemple d'assolement diversifié mis en place sur la plateforme CA-SYS.

L'ensemble de ces modes de diversification végétale a pour objectif de :

- Gérer préventivement les bioagresseurs par des effets dilution ou barrière,
- Alternier les cycles et mobiliser le pouvoir couvrant pour concurrencer les adventices,
- Favoriser les auxiliaires des cultures pour leur fonction de régulation biologique,
- Répartir les aléas annuels de pressions biotiques et/ou climatiques.

La biodiversité et les services de régulation biologique

Les infrastructures agroécologiques mises en place pour favoriser la biodiversité, les suivis biodiversité et les premiers résultats

Contacts :

Coralie TRIQUET, INRAE, U2E coralie.triquet@inrae.fr

Pascale MICHEL, INRAE, U2E pascale.michel@inrae.fr

Antoine JOLIVALD, INRAE, U2E antoine.jolivald@inrae.fr

Sandrine PETIT MICHAUT, INRAE, UMR Agroécologie sandrine.petit-michaut@inrae.fr

Paul BANNWART, INRAE, UMR Agroécologie paul.bannwart@inrae.fr

Un objectif phare de la plateforme CA-SYS est de concevoir et évaluer des systèmes agricoles sans pesticides **utilisant la diversité (cultivée et sauvage) comme moyen de production**. L'enjeu est donc de créer un écosystème favorable pour l'installation, le développement et la dispersion de la **biodiversité fonctionnelle**, qui peut alors fournir des **services écosystémiques** bénéfiques aux cultures (régulation des ravageurs, pollinisation, etc.).

L'arrêt de l'usage de produits phytopharmaceutiques et la réduction importante du travail du sol dans certains systèmes sont des facteurs propices à une évolution favorable de la biodiversité. De plus, la **grande diversité végétale** (cultivée ou non) de CA-SYS, ainsi que les **infrastructures agroécologiques** (haies, bandes enherbées, bandes fleuries) occupant aujourd'hui près de 10% de la SAU de CA-SYS, fournissent le gîte et le couvert à une grande diversité d'organismes bénéfiques pour les cultures. Le maillage d'infrastructures agroécologiques et de **perchoirs à oiseaux** installés sur le domaine, forment des **corridors écologiques** offrant des refuges, des ressources complémentaires et des conditions microclimatiques favorables qui à terme doivent favoriser l'installation puis le maintien de la biodiversité en bordure des parcelles. Ces corridors permettent également leur dispersion entre et dans les parcelles.



a) carabe mangeant une limace, b) araignée, c) staphylin, d) larve de syrph, e) éclosion d'un micro-hyménoptère parasite d'un puceron momifié, f) pucerons

Pour évaluer les effets de la transition agroécologique sur la biodiversité, un **dispositif de suivi annuel** a été mis en place dès 2018 sur CA-SYS. Ce suivi cible différents groupes taxonomiques d'**auxiliaires des cultures** (les ennemis naturels des ravageurs). Il s'agit notamment des carabes, araignées, staphylins, coccinelles et larves de syrphes qui sont des prédateurs ainsi que des micro-hyménoptères qui parasitent des larves de ravageurs. Les abondances des **bioagresseurs** (pucerons, limaces) et des **dégâts** causés sont répertoriés en parallèle, et des larves de ravageurs collectées pour évaluer les **taux de**

parasitismes par dissection ou élevage. Enfin, les **taux de prédation** exercés par les auxiliaires sur les pucerons et graines d'adventices sont mesurés à l'aide de cartes de prédation (proies exposées). Ces suivis sont réalisés en parallèle sur la plateforme CA-SYS et sur des exploitations voisines en agriculture conventionnelle qui servent de référence. Les suivis sont réalisés à l'automne et au printemps de chaque saison culturale depuis 2018 sur les céréales d'hiver et le colza, et plus récemment sur les légumineuses et associations. Ces protocoles sont amenés à évoluer pour améliorer leur efficacité, affiner des premiers résultats et élargir les groupes de biodiversité observés.

En plus de ce suivi de routine, dans le cadre de projets de recherches, des protocoles plus poussés sont ponctuellement appliqués pour suivre plus en détail certains groupes taxonomiques ou certains processus de régulation, comme l'émergence des carabes ou les interactions plantes-pollinisateurs dans les bandes fleuries.

Premiers résultats :

L'analyse des suivis de biodiversité 2018-2023 sur blé montre des variations interannuelles d'abondance de pucerons qui sont comparables entre la plateforme CA-SYS et les parcelles de référence voisines ; ce qui témoigne que l'arrêt de l'utilisation de pesticides sur CA-SYS ne s'est pas traduite par une augmentation des infestations. Les limaces sont plus abondantes en système semis-direct (SD, dû à l'augmentation de la biomasse végétale et à la réduction des perturbations mécaniques) mais leur nombre reste semblable entre le système avec travail du sol (TS) et les parcelles de référence en conventionnel. En ce qui concerne les auxiliaires, on observe des variations interannuelles des abondances qui sont comparables entre la plateforme CA-SYS et les parcelles de référence voisines. On note néanmoins des abondances de carabes plus élevées dans les parcelles en système semis-direct (SD). De plus, les bandes fleuries jouent leur rôle de réservoir de biodiversité en accueillant davantage d'auxiliaires volants et d'araignées que les cultures, tous systèmes confondus.

Une étude plus spécifique sur les prédateurs a été menée en 2023 dans le cadre de la thèse de Paul Bannwart, encadré par Sandrine Petit et Antoine Gardarin. L'étude cherchait à évaluer dans quels habitats les carabes et araignées hivernent, puis émergent au printemps et ensuite circulent, et notamment dans quelle mesure les bandes fleuries jouent un rôle dans l'hivernation de ces prédateurs. Pour y répondre, un dispositif mobilisant des tentes à émergence (piège hermétique capturant les individus en sortie d'hivernation) et des pots barber (piège à la surface du sol capturant les individus actifs en surface) a été déployé sur 17 parcelles de CA-SYS et leurs bandes fleuries adjacentes.

Les résultats obtenus indiquent que sur CA-SYS, les bandes fleuries accueillent une plus grande diversité d'espèces d'araignées qui ont des stratégies de chasse différentes, ce qui augmente l'efficacité de la régulation biologique (par complémentarité). Ils indiquent également que les espèces de carabes les plus actives au champ au printemps ont toutes plus hiverné dans le système SD, probablement grâce aux perturbations du sol limitées qui favorisent leur hivernation et diminuent la mortalité des larves. Le système SD apparaît comme un habitat source depuis lequel les carabes vont ensuite se redistribuer dans les parcelles adjacentes, qu'elles soient en SD ou en TS.

NOTES

[illegible]

NOTES

[illegible]

NOTES

[illegible]

NOTES

[illegible]



Avec le soutien financier de :

