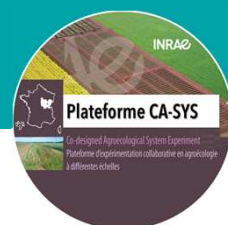


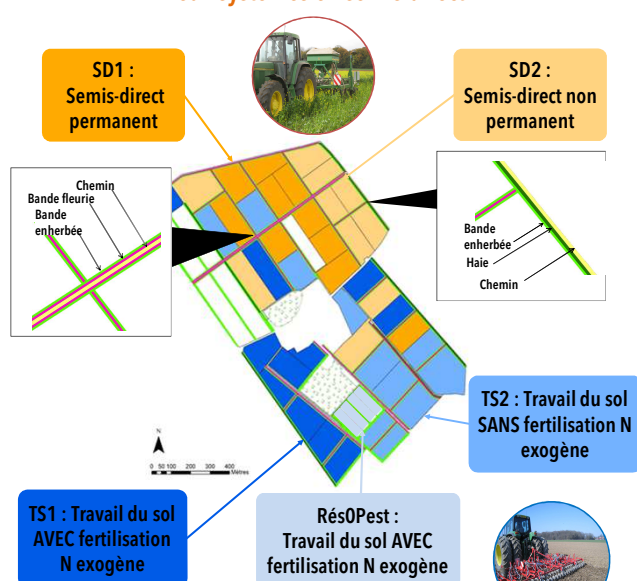
Expérimenter des systèmes agroécologiques sans pesticides : la plateforme CA-SYS



Concevoir et tester la faisabilité et les performances d'agricultures sans pesticides, qui utilisent la biodiversité cultivée et sauvage comme moyen de production durable
→ vers une agriculture fondée sur la biodiversité

Test de cinq systèmes de culture appliquant les principes de l'agroécologie...

Deux systèmes en semis-direct



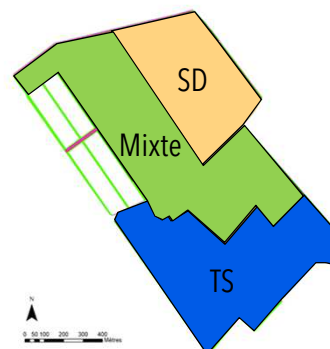
Trois systèmes avec travail du sol

... intégrés dans un réseau complexe d'infrastructures agro-écologiques



... et permettant l'évaluation de 3 systèmes agro-écologiques

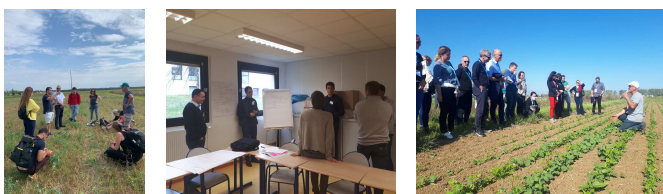
Une mosaïque de parcelles cultivées avec un (ou plusieurs) système(s) de culture agro-écologique(s) et des habitats semi-naturels



L'aménagement spatio-temporel ainsi que la gestion des parcelles et des habitats semi-naturels sont considérés comme une stratégie cohérente, mise en œuvre pour atteindre des objectifs spécifiques.

Des interactions avec les acteurs du monde agricole, de l'enseignement et de la recherche

Agriculteurs, conseillers, techniciens, ingénieurs, enseignants et chercheurs ont été impliqués dans la conception de la plateforme CA-SYS, en participant à des réunions et des ateliers de co-conception de systèmes agroécologiques. Ces acteurs sont encore impliqués dans la vie de la plateforme.



Deux approches expérimentales :

Des essais analytiques nichés dans les essais système de culture



L'EXPÉRIMENTATION ANALYTIQUE



Essai variétés céréales



Essai destruction de couverts



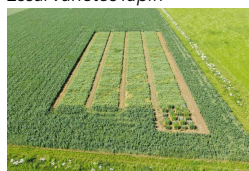
Essai maladie



Essai d'inoculum



Essai variétés lupin



Essai variétés pois



Ressources génétiques



Associations d'espèces

L'expérimentation en plein champ consiste à :

- **COMPARER PLUSIEURS MODALITÉS** entre elles (comparaison de variétés, fertilisation...)
- TOUTES CHOSES ÉGALES PAR AILLEURS**

Pour cela, il faut :

MAXIMISER les chances de mettre en évidence et d'expliquer les différences entre parcelles
MINIMISER l'influence des facteurs parasites qui biaisent la différence entre parcelles :

- Choisir un sol homogène
- Eviter les zones d'ombrage, la proximité d'une haie, d'un bois
- Eviter les zones d'adventices...

- **OBSERVER, NOTER, MESURER** pour caractériser les modalités

Des répétitions pour améliorer la précision :

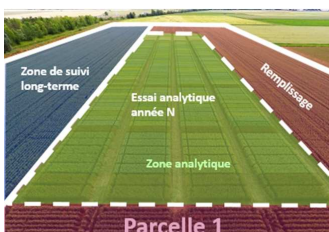
- 1 répétition = observatoire
- 2 répétitions = conclusion difficile
- 3 répétitions = meilleure précision

PLAN DE L'ESSAI

	3	5	2	4	①	6	Sens de la pente Sens du gradient
Bloc 1							
Bloc 2	①	4	6	3	5	2	
Bloc 3	6	①	5	2	4	3	

Micro-parcelle
de 10m²
en moyenne

L'EXPÉRIMENTATION ANALYTIQUE DANS LA PLATEFORME CA-SYS



Essais imbriqués dans les essais systèmes de culture

- Evaluation des modalités dans un contexte agroécologique
- Recherche des traits variétaux les mieux adaptés à des systèmes agroécologiques
- Comprendre des processus et tester des techniques pour concevoir, adapter des systèmes



MATÉRIELS SPÉCIFIQUES

- Semoir micro-parcelles avec autoguidage et déclenchement GPS
- Porte outil pour délimiter et biner
- Désherbage herse étrille
- Observation par drone
- Géolocalisation
- Moissonneuse-batteuse micro-parcelles
- Triage et nettoyage des graines
- ...



THÉMATIQUES

- Associations variétales et d'espèces
- Couverts d'interculture
- Microbiologie du sol et fertilisation
- Innovation variétale
- Inscription variétale GEVES/CTPS
- Ressources génétiques
- Résistance au gel

ESPÈCES TRAVAILLÉES

- Céréales hiver et printemps : blé, orge, avoine, triticales
- Protéagineux hiver et printemps : pois, féverole, lupins
- Oléagineux : colza, moutarde, soja, lin
- Associations variétales ou d'espèces
- **Nouveau** Lentille, pois chiche



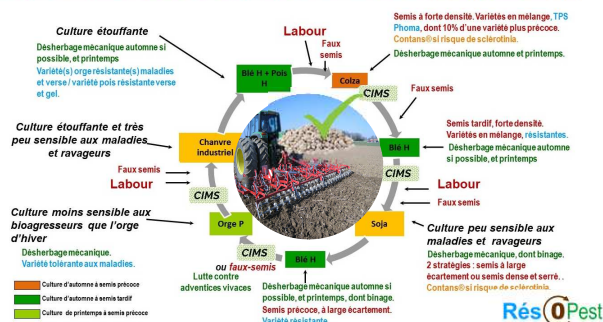
LES SYSTÈMES DE CULTURE AVEC TRAVAIL DU SOL, EXPÉRIMENTÉS SUR LA PLATEFORME CA-SYS

PRINCIPES AGROÉCOLOGIQUES ET STRATÉGIES DE GESTION

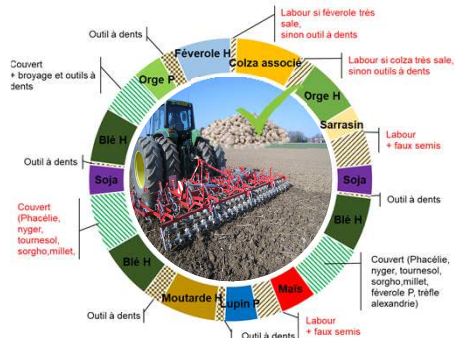
- Raisonner la **combinaison de différentes techniques et modes d'action** pour **gérer les bioagresseurs sans pesticides** et **faciliter la régulation biologique**
- Augmenter la **diversité des cultures dans l'espace et dans le temps**

Le système de culture Rés0Pest (depuis 2012)

(en rouge : contrôle cultural ; en bleu : contrôle génétique ; en vert : lutte physique ; en orange : lutte biologique)



Système de culture avec travail du sol avec fertilisation N exogène (depuis 2018)

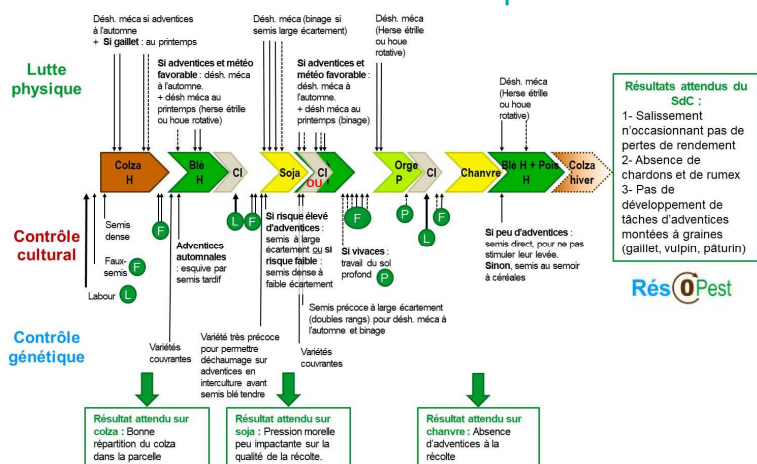


Système de culture avec travail du sol sans fertilisation N exogène (depuis 2018)



LE PILOTAGE DES SYSTÈMES DE CULTURE

Gestion des adventices : combinaison des techniques et résultats attendus



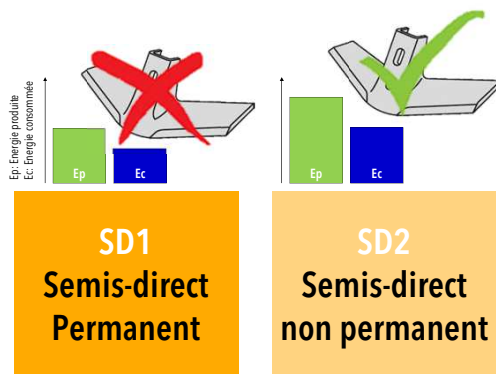
- Les **règles de décision** ont été écrites à l'issue du processus de co-conception
- Les **règles de décision** sont utiles pour :
 - Gérer les systèmes en s'adaptant aux conditions environnementales et de terrain
 - Analyser l'évolution des pratiques agricoles et les apprentissages sur la gestion des systèmes
 - Communiquer en explicitant la logique agronomique appliquée



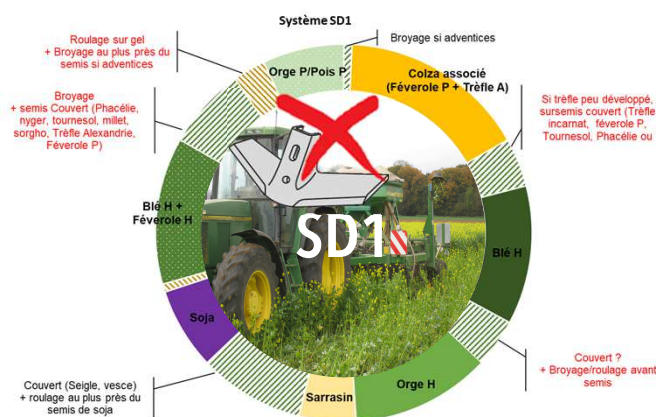
▼ **Systèmes de culture en semis-direct permanent (SD1) et non permanent (SD2) expérimentés sur la plateforme CA-SYS**

Stratégie SD1

- Rotation diversifiée de 6 ans, sans pesticides
- Fertilisation N/S mais pas P/K
- Couverture permanente des sols avec couverts et cultures annuelles en semis-direct
- Irrigation autorisée pour assurer l'implantation des cultures d'été et des couverts d'interculture
- Destruction des couverts par broyage ou roulage
- Désherbage mécanique interdit, à l'exception de l'écimage des adventices

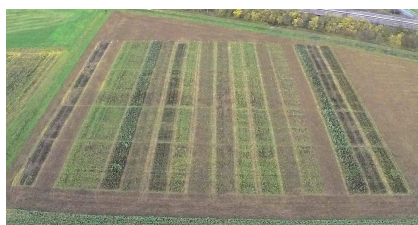


Chaque culture est présente chaque année avec des répétitions dans les systèmes agroécologiques SD et Mixte



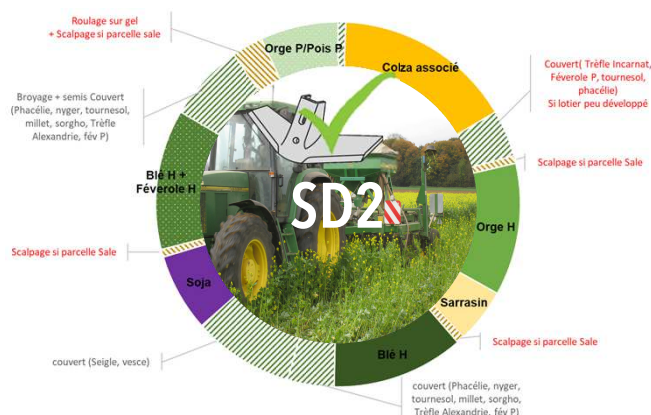
Essais analytiques imbriqués dans les essais systèmes de culture de la stratégie SD2

Pour évaluer les effets intentionnels et non intentionnels des méthodes de destruction des couverts, des adventices et des repousses de cultures



Stratégie SD2

- Rotation diversifiée de 6 ans, sans pesticides
- Fertilisation N/S mais pas P/K
- Couverture permanente/absence de travail du sol dans la mesure du possible, mais travail superficiel du sol autorisé une fois par an, le plus rapproché du semis de la culture, pour gérer les adventices, les couverts, les campagnols, les limaces et les résidus de culture
- Irrigation autorisée uniquement pour assurer l'implantation des cultures d'été
- Destruction des couverts par roulage ou travail du sol si présence d'adventices
- Désherbage mécanique autorisé mais difficile à mettre en œuvre



Observations et questions soulevées après 4 ans de mise en œuvre



SD1: Semis direct permanent

- Attention à la gestion des repousses de cultures et des graminées adventices
→ adapter le raisonnement de la succession culturale
- Les communautés adventices évoluent rapidement vers les astéracées, les graminées et les vivaces
- Adapter la composition des couverts aux méthodes de destruction sans herbicides
- Le changement climatique rend difficile la réussite des couverts d'interculture pourtant cruciaux
- La fertilisation azotée n'améliore pas l'effet répressif des couverts sur les adventices
- Augmenter la densité de semis des cultures et des couverts
- Campagnols et limaces constituent un problème majeur malgré leur dynamique de population très cyclique
- Repenser l'utilisation du travail du sol superficiel sur la ligne de semis et du fauchage entre les rangs pour assurer l'implantation des cultures



SD2: Semis direct non permanent

- Le travail superficiel du sol est difficile à mettre en œuvre pour assurer une destruction complète du couvert tout en limitant son impact sur les organismes du sol
- Les effets bénéfiques du travail superficiel du sol ne sont pas évidents
- Le désherbage mécanique reste difficile à mettre en œuvre à cause des résidus de culture à la surface du sol

ÉVALUER ET AMÉLIORER LES SYSTÈMES DE CULTURE

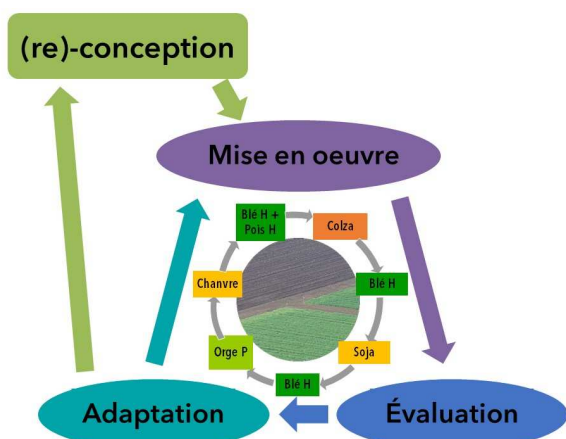
OBSERVER LES COMPOSANTES DE L'AGROECOSYSTÈME

Données collectées



- Réaliser un diagnostic agronomique
- Analyser l'évolution des systèmes de culture
 - Identifier les adaptations à réaliser
 - Évaluer le niveau de pression des bioagresseurs et la régulation biologique
 - Étudier l'évolution des communautés adventices dans le temps
- Évaluer la faisabilité et les performances des systèmes de culture

CONDUIRE UNE ÉVALUATION MULTICRITÈRE



Évaluation multicritère de l'essai Rés0Pest de Bretenière avec Criter® 5.4 and MASC 2.0 (période 2013-2019)

Durabilité :			
Très faible	Faible	Faible à moyenne	Moyenne
Moyenne à élevée	Élevée	Très élevée	

Agrégation des critères

- Avoir une vue d'ensemble des performances économiques, sociales et environnementales
- Vérifier qu'il n'y a pas de dégradation de performance non attendue
- Identifier des axes d'amélioration des systèmes de culture



ÉTUDIER LA TRANSITION VERS DES SYSTÈMES AGROÉCOLOGIQUES

La Transition est évaluée par rapport :

- à l'état initial caractérisé en 2018, c'est-à-dire avant la modification des pratiques agricoles
- aux observations et performances de systèmes de culture caractérisés dans des exploitations agricoles voisines





LES INFRASTRUCTURES AGROÉCOLOGIQUES SUR LA PLATEFORME CA-SYS



LE RÔLE DES HABITATS SEMI-NATURELS ET DES INFRASTRUCTURES AGROÉCOLOGIQUES

- **Fournir des habitats et des ressources alimentaires tout au long de l'année**
 - Maintenir ou augmenter la biodiversité fonctionnelle sur la plateforme CA-SYS
 - Augmenter la diversité, la dissémination et l'activité des auxiliaires (pollinisation, régulation biologique) dans les champs cultivés.
- **Fournir des corridors écologiques permettant aux auxiliaires de circuler sur le territoire de la plateforme CA-SYS**

TROIS TYPES D'HABITATS SEMI-NATURELS AGENCÉS SELON UN MAILLAGE CONTINU

- **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)
- **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
- **Des perchoirs à rapaces pour favoriser la prédation des campagnols**



Centre INRAE
Bourgogne-Franche-Comté



Plateforme CA-SYS
U2E Unité Expérimentale du domaine
d'Épisses
UMR Agroécologie



www.inrae.fr
www.inrae.fr/plateforme-casys

LES AUXILIAIRES RAMPANTS

suivis sur la plateforme CA-SYS



QUI SONT LES AUXILIAIRES RAMPANTS ?

Les staphylins

1000 espèces en Europe
Peu étudiés
Très mobiles
Les adultes sont prédateurs, détritophages ou parasitoïdes

Ex : *Tachyporus hypnorum* se nourrit de pucerons



Les araignées

1500 espèces en France
Prédatrices
Plusieurs familles retrouvées dans les agroécosystèmes :

- **Tisseuses** (Ex : Linyphiidae) **qui chassent avec une toile**
- **Chasseuses** (Ex : Lycosidae, Salticidae, Thomisidae) **qui capturent leurs proies au sol**



Thomisidae sp.



Pisauridae sp.



Tetragnathidae sp.

Les carabes

1200 espèces en France
Omniprésents dans les agroécosystèmes
Fort pouvoir de prédation (larve et adulte)

- **Prédateurs pour 80% des espèces** (Ex : *Carabus* sp., *Metallina* sp.)
- **Omnivores** (Ex : *Poecilus cupreus*) **peut manger jusqu'à 125 pucerons par jour et peut également manger des graines**
- **Granivores** (Ex : *Amara* sp.)



Amara ovata
Granivore



Harpalus distinguendus
Granivore



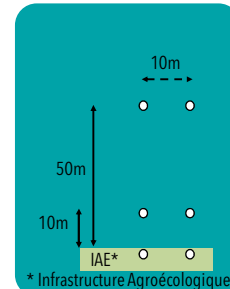
Leistus spinibarbis
Carnivore

COMMENT LES OBSERVER ?

Pots Barber



- **Suivi sur colza et blé tendre d'hiver**
- **2 transects de 3 pots à différentes distances du bord de parcelle**
- **2 à 3 sessions de pose (sur 7 jours) à l'automne et au printemps**
- **Dénombrement et identification des carabes jusqu'à l'espèce**
- **Dénombrement des araignées (par classe de taille), des staphylins et des opilions**



ÉVALUER LEUR CONTRIBUTION À LA RÉGULATION DES BIOAGRESSEURS



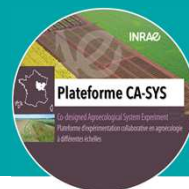
- **Suivi sur blé tendre d'hiver (2 sessions au printemps)**
- **Les prédateurs de graines et de pucerons sont quantifiés à l'aide de cartes de prédation de graines d'adventices et de pucerons**
- **Les cartes de prédation sont posées sur le sol, avec ou sans cage pour exclure les vertébrés**
- **Deux transects et deux distances par rapport au bord de la parcelle (10 et 50m)**





LES AUXILIAIRES VOLANTS

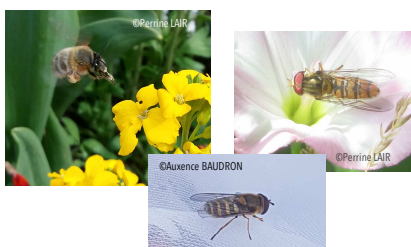
suivis sur la plateforme CA-SYS



QUI SONT LES AUXILIAIRES VOLANTS ?

Les pollinisateurs

- Abeilles domestiques
- Bourdons
- Abeilles sauvages
- Autres hyménoptères (guêpes, frelons...)
- Diptères (syrphes, mouches...)
- Papillons



Les prédateurs

- Syrphes (larves)
- Coccinelles (larves et adultes)
- Chrysopes et Hémérobes (larves)
- Cantharides (larves et adultes)
- Punaises (adultes)
- Hyménoptères sphécides



Les parasitoïdes

- Hyménoptères parasitoïdes
- ...



DE MULTIPLES SYSTÈMES DE PIÈGEAGE/OBSERVATION

Filet fauchoir



Capture non-sélective et non-destructive mais nécessite un travail important d'identification et de comptage au laboratoire

Cuvette jaune



Piège attractif, capture non-sélective et destructive mais nécessite un travail important d'identification et de comptage au laboratoire

Aspirateur à insectes



Capture sélective, destructive (conservation des individus) ou non (relâchés après capture), méthode facile à utiliser mais chronophage

Tente malaise



Capture non-sélective et destructive mais nécessite un équipement ainsi qu'un travail important d'identification et de comptage au laboratoire

Observations visuelles



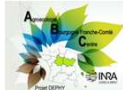
Capture sélective et non-destructive
Observations longues à réaliser à certaines périodes et difficulté à observer ces insectes très mobiles

QUELQUES PROJETS RÉCENTS SUR LA BIODIVERSITÉ ET LES RÉGULATIONS BIOLOGIQUES



Le projet **SCOURGE** vise à comprendre les interactions plantes/pollinisateurs et plantes/organismes du sol

Le suivi a été réalisé sur la centaurée jaccée (pérenne) et le bleuet (annuelle) qui ont été implantées dans les bandes fleuries et enherbées de CA-SYS



Les projets **DEPHY-EXPE ABC** et **I-SITE "Agroécologie en Bourgogne-Franche-Comté"** ont pour objectif de réaliser une évaluation multicritère de systèmes agroécologiques en expérimentation ou d'exploitations agricoles

Étude de l'effet des infrastructures agroécologiques et des pratiques agricoles sur la biodiversité et la régulation biologique



be creative

Le projet **BE CREATIVE** vise à produire des connaissances pour aller vers des territoires sans pesticides

Étude des effets de l'agencement spatio-temporel des systèmes de culture agroécologiques sur les prédateurs généralistes et la régulation biologique

CULTIVER
PROTÉGER
autrement



Le projet **SPECIFICS** vise à produire des connaissances pour des systèmes de culture riches en légumineuses et sans pesticides

Étude de la dynamique des bioagresseurs et des auxiliaires dans ces systèmes



Une évaluation multicritère pour prendre en compte les différentes dimensions de la durabilité

- D'avoir une vue d'ensemble des performances obtenues
- De vérifier l'absence de dégradation de performance non attendue (temps de travail, consommation d'énergie...)
- D'identifier les axes d'amélioration du système de culture
- De prendre en compte ou discuter des préoccupations de différents porteurs d'enjeux à travers les pondérations associées aux critères

Les outils CRITER® 4.5 et MASC 2.0 permettent d'évaluer des critères quantitatifs ou qualitatifs et de les agréger avec des pondérations, afin d'obtenir une évaluation globale et intégrée de la contribution au développement durable du système de culture

(<http://wiki.inra.fr/wiki/deximasc/package+MASC/CRITER>)

Une évaluation a été conduite à la fin de la 1^{ère} succession culturelle (7 ans - 2013 à 2019)

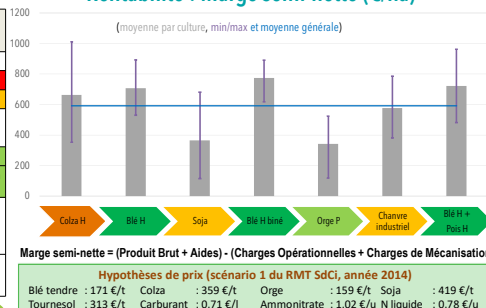
Rendements et satisfaction de l'expérimentateur

Succession culturale	Objectif de Rendement	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Colza	30q/ha	-	31 (40)	-	-	36 (44)	23 (29)	-
Blé tendre	70q/ha	62 (70)	-	71 (72)	-	-	65 (79)	62 (62)
Soja	25q/ha	25 (36)	25 (25)	-	29 (30)	-	-	18 (20)
Blé tendre biné	70q/ha	51 (70)	56 (56)	67 (72)	-	62 (75)	-	-
Orge P	50q/ha	-	39 (38)	59 (37)	25 (29)	-	46 (57)	55 (59)
Chen P	8q/ha grain 8q/ha paille	-	-	3,4 (6) grain 7 (6) paille	12 (7,5) grain 3 (3) paille	10 (9) grain 5 (6) paille	-	10 (8) grain 3 (4) paille
Blé/Orge H + Pois H	40(orge) ou 50(blé)q/ha 10q/ha pois	46 orge 5 pois	-	-	36 blé 3 pois	55 blé 10 pois	54 blé 10 pois	-

Niveaux de rendement et de satisfaction de l'expérimentateur (les rendements entre parenthèses sont ceux des cultures conventionnelles dans la petite région ou sur le domaine expérimental, quand ils sont disponibles. Le code couleur montre la satisfaction de l'expérimentateur (atteinte de l'objectif de rendement : rendement équivalent à ceux de la petite région :)

Les rendements sont d'un niveau satisfaisant et les objectifs sont atteints dans plus de 50% des cas mais seulement dans 30% des cas pour les céréales à paille (fertilisation à optimiser ?). En 2016, les mauvais rendements des céréales ont été compensés par les bons rendements du soja et du chanvre (avantage de la diversification du système de culture)

Rentabilité : Marge semi-nette (€/ha)



La marge semi-nette (592€/ha) permet de dégager un peu moins de 3 SMIC (année 2015) pour une personne à temps plein sur 150 ha. Les marges des cultures de printemps sont plus faibles que celles des cultures d'hiver mais elles supportent le coût d'implantation des couverts d'interculture qui bénéficient à toute la succession culturale

Aucune valorisation économique particulière des récoltes produites sans pesticides, n'a été appliquée

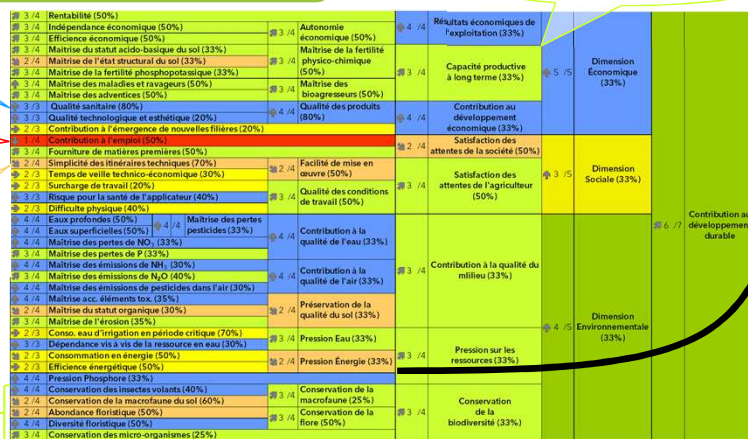
La capacité productive à long-terme est maintenue, avec en particulier une bonne maîtrise des adventices

Pas de problème de mycotoxines dans les récoltes de céréales

Une contribution à l'emploi « très faible » qui a un fort impact sur la durabilité sociale

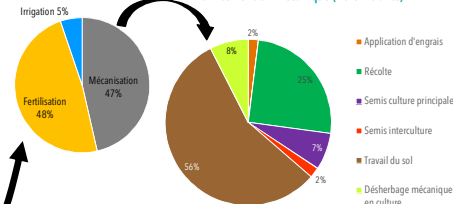
Un système de culture un peu plus complexe à conduire

La conservation de la biodiversité est « moyenne à élevée » malgré le travail du sol labours sur 7 ans, déchaumages, faux-semis.)



Consommation en énergie par poste

Consommation en énergie par type d'intervention mécanique (hors intrants)

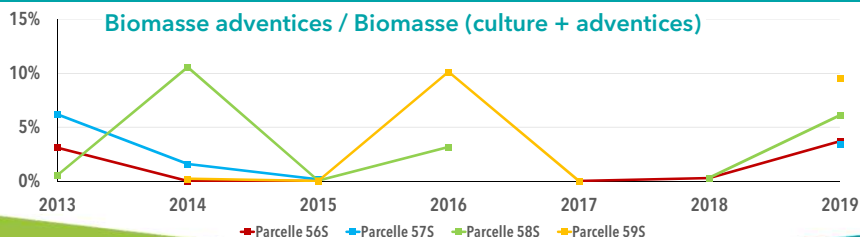


La consommation en énergie est un peu élevée. Elle se répartit équitablement entre la mécanisation et la fertilisation. Le travail du sol (labour, déchaumage, faux-semis et préparation du sol avant semis) représente 56% de la consommation due aux interventions mécaniques et le désherbage mécanique en culture seulement 8%

La pondération des critères d'évaluation peut être adaptée pour prendre en compte les préoccupations des différents porteurs d'enjeux (agriculteur, agence de l'eau, Maire d'une commune rurale...), chacun pouvant avoir sa propre vision de la durabilité

Au terme de 7 ans d'expérimentation, la durabilité globale du système de culture de Bretenière est « élevée ». La plus mauvaise note est obtenue pour la satisfaction des besoins de la société, en raison d'une « très faible » contribution à l'emploi qui n'a pas été recherchée dans ce système

Une gestion des adventices satisfaisante



Les adventices sont bien maîtrisées avec une médiane (50% des observations) inférieure à 1%. Il n'y a pas d'évolution défavorable dans le temps : les pics d'infestation sont gérés sur le long-terme grâce aux techniques mises en œuvre à l'échelle de la succession culturale



Réseau expérimental de systèmes de culture zéro-pesticides : Rés0Pest
U2E Unité Expérimentale du domaine d'Époisses

www.inrae.fr
www.inrae.fr/plateforme-casys