

INRAE



➤  
**Comment mobiliser la biodiversité dans des systèmes de culture pour les rendre plus durables : quelques exemples de travaux des chercheurs agronomes de INRAE**

Muriel Valantin Morison  
30 Avril 2024

<https://agronomie.versailles-grignon.hub.inrae.fr/>

UNITÉ MIXTE DE RECHERCHE  
**Agronomie**  
CONNAISSANCES ET CONCEPTION  
POUR ACCOMPAGNER

# Préambule



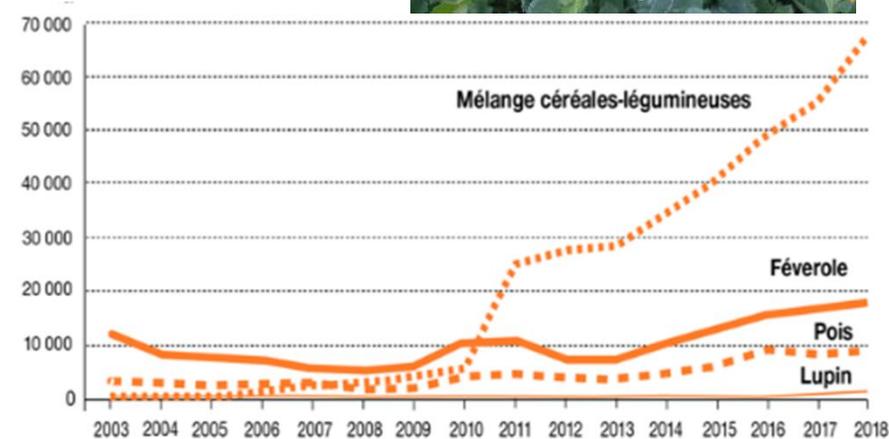
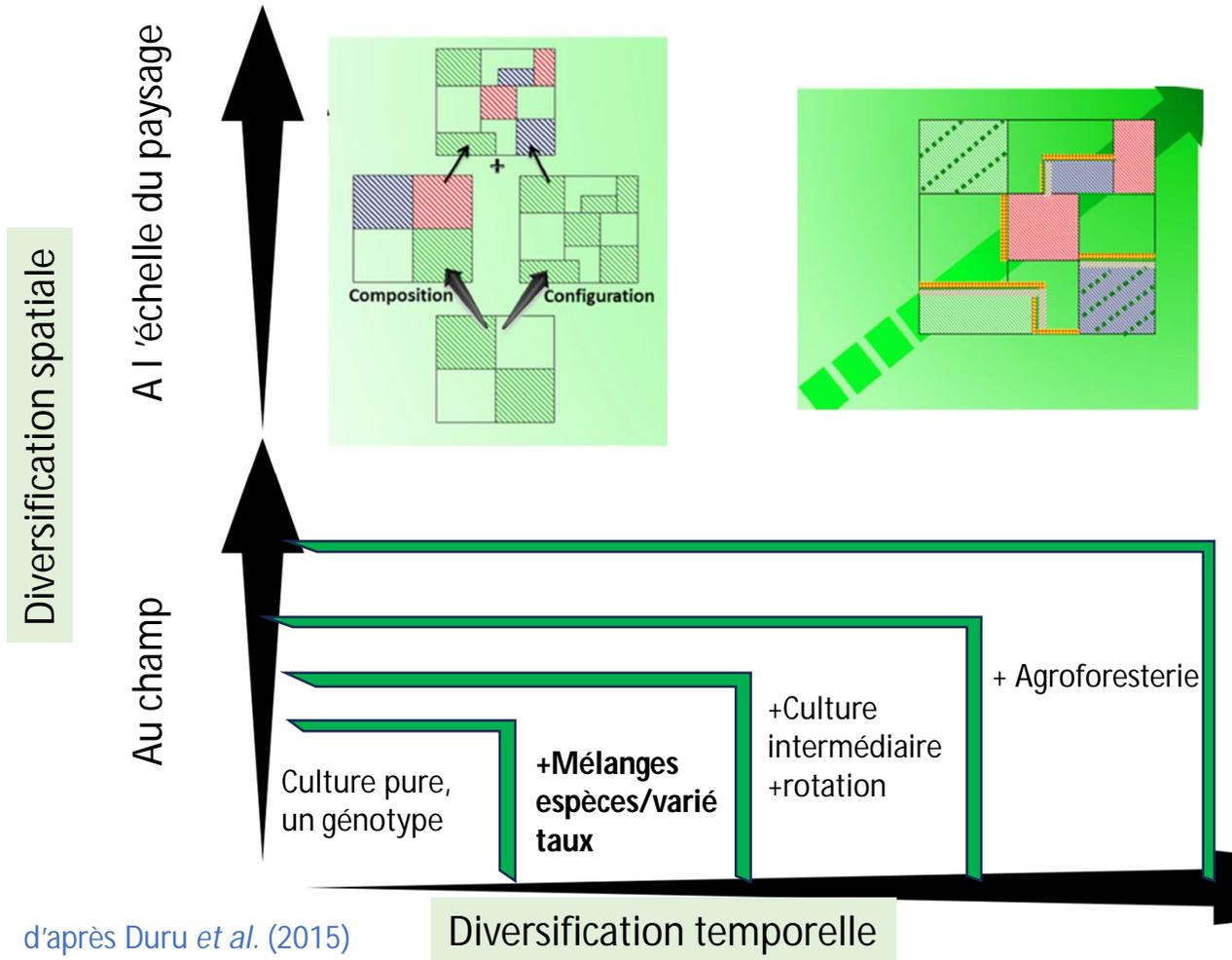
- De quoi parle-t-on ?
  - Biodiversité = diversité gérée, cultivée => diversification + biodiversité associée dans l'espace agricole de la parcelle et du paysage
  - Durable : plusieurs critères – agronomique, économique et sociale
- Avec qui travaillons nous ?
  - De nombreux travaux sont réalisés chez les agriculteurs eux-mêmes, avec leurs participation active
    - Concevoir les itinéraires techniques
    - Concevoir des outils
    - Suivre et évaluer avec nous
    - Apporter leurs connaissances et expertises
- Engagement de la recherche agronomique sur ces sujets depuis de nombreuses années – dispositifs datant parfois de plus de 20 ans.

**INRAE**

**La biodiversité que l'on cultive est la clef de beaucoup de processus agroécologiques**



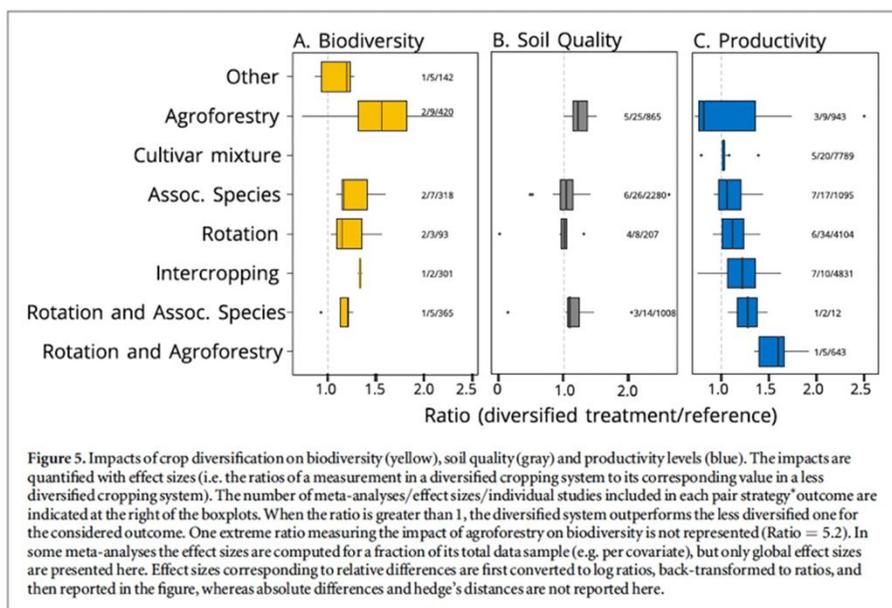
# La diversification prend plusieurs formes, les chercheurs travaillent dessus depuis des années



d'après Duru et al. (2015)

# Aujourd'hui la diversification est le levier majeur des systèmes agroécologiques, qui assure plusieurs services écosystémiques

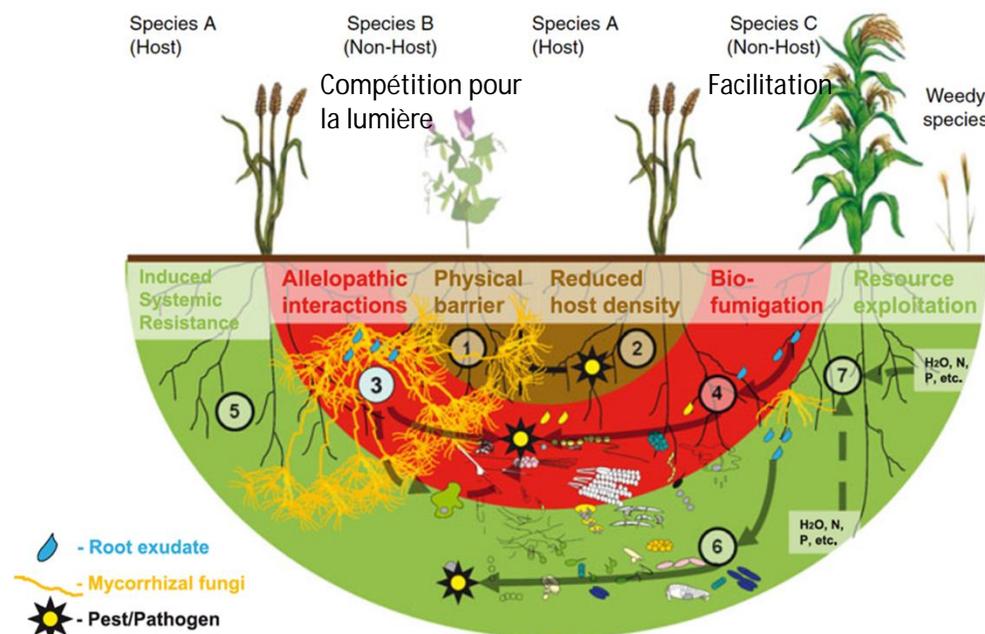
La biodiversité dans le champ cultivé, c'est la diversité cultivée, aménagée et associée



Beillouin et al. 2019, 2020

## L'accroissement de biodiversité dans le champ cultivé :

- ✓ Favorise les régulations biologiques (Petit et al. 2020)
- ✓ Assure une meilleure stabilité de la production (Iverson et al.)
- ✓ Assure une meilleure résilience face aux CC (Altieri et al., 2015)



Ehrmann et Ritz, 2014

## L'accroissement de biodiversité dans le champ cultivé :

- ✓ s'accompagne d'une complexification des systèmes agricoles et des interactions au sein du couvert

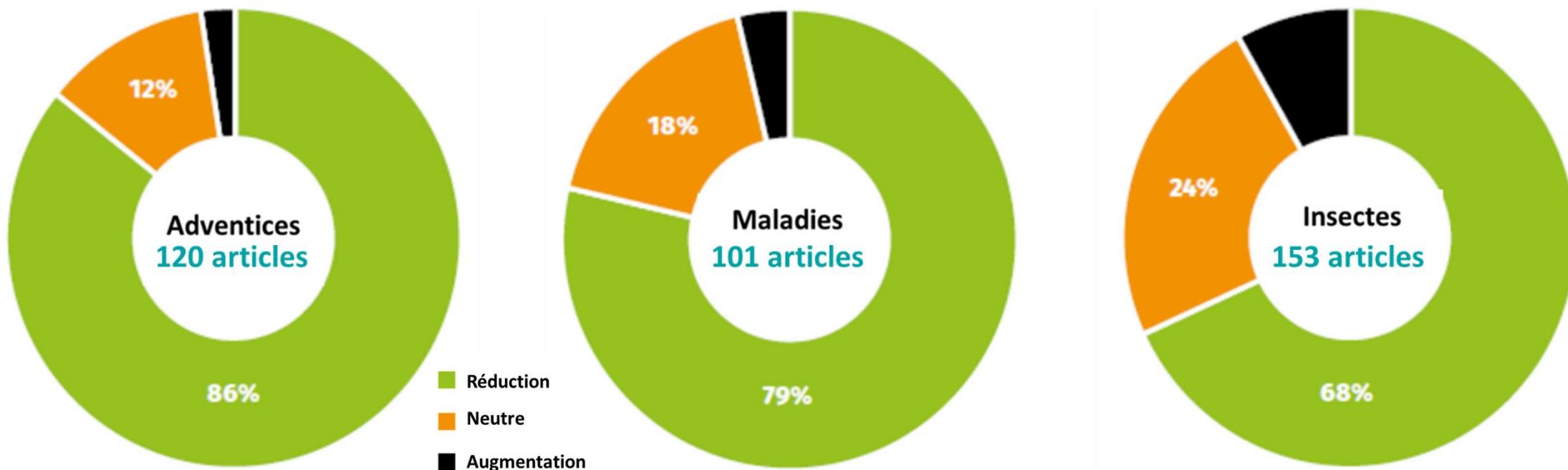
# *Mélanger dans l'espace de la parcelle*



# Mélanges d'espèces ce que disent les données : un contrôle des bioagresseurs dans les mélanges d'espèces

## Review de Stomph et al. (2020)

Designing intercroops for high yield, yield stability and efficient use of resources: Are there principles?



**Biais potentiel car les chercheurs publient moins sur les effets négatifs ?**

## Et les agriculteurs la mobilisent déjà :

### Qui, comment et pourquoi les agriculteurs font des mélanges d'espèces ?

Traque aux innovations en ferme pour analyser la diversité d'associations cultivées chez les agriculteurs et produire des connaissances pour la conception: Les agriculteurs sont innovants mais leurs innovations restent souvent cantonnées dans leur ferme

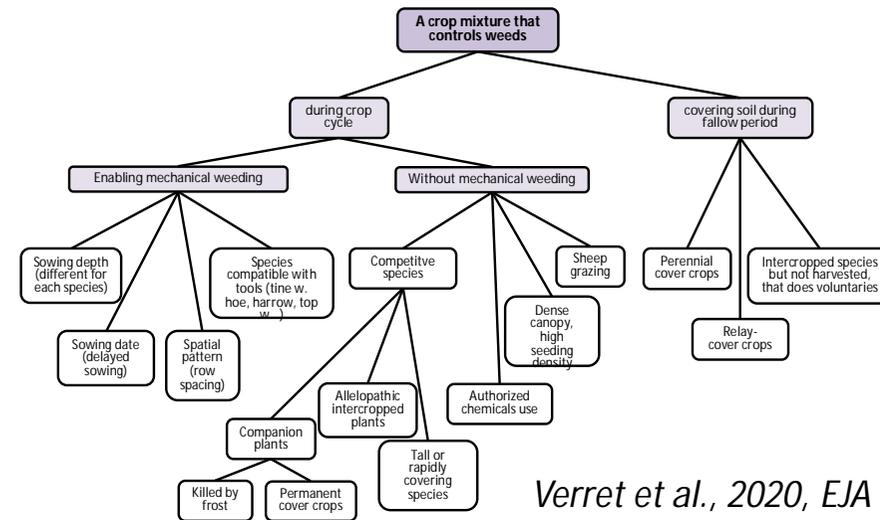


### Contribution à la mise en lumière d'une démarche :



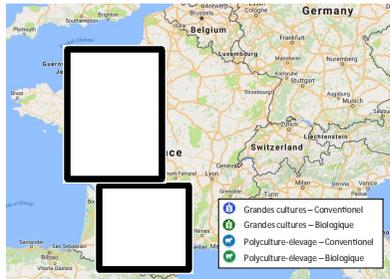
Salembier et al., 2021, ASD

### Mise en évidence et formalisation de gammes d'options techniques



Verret et al., 2020, EJA

47 agriculteurs ;  
76 associations ; 7 types  
1 à 9 assocs / agriculteur  
(moy. 2,5)



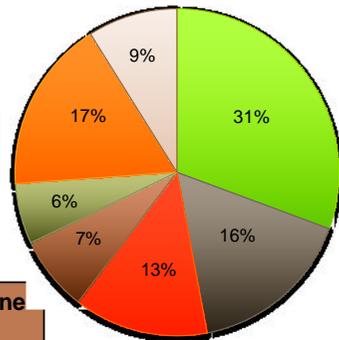
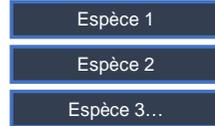
Mélanges d'une culture de vente sous-semée dans un couvert vivant établi auparavant



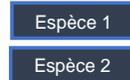
Mélanges binaires de cultures d'hiver cultivées ensemble



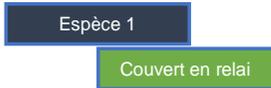
Mélanges complexes de cultures d'hiver cultivées ensemble



Mélanges binaires de cultures de printemps, semées et récoltées ensemble



Mélanges d'une culture de vente avec une espèce compagne semée en relai



Mélanges de deux cultures de vente en relai pour une double culture



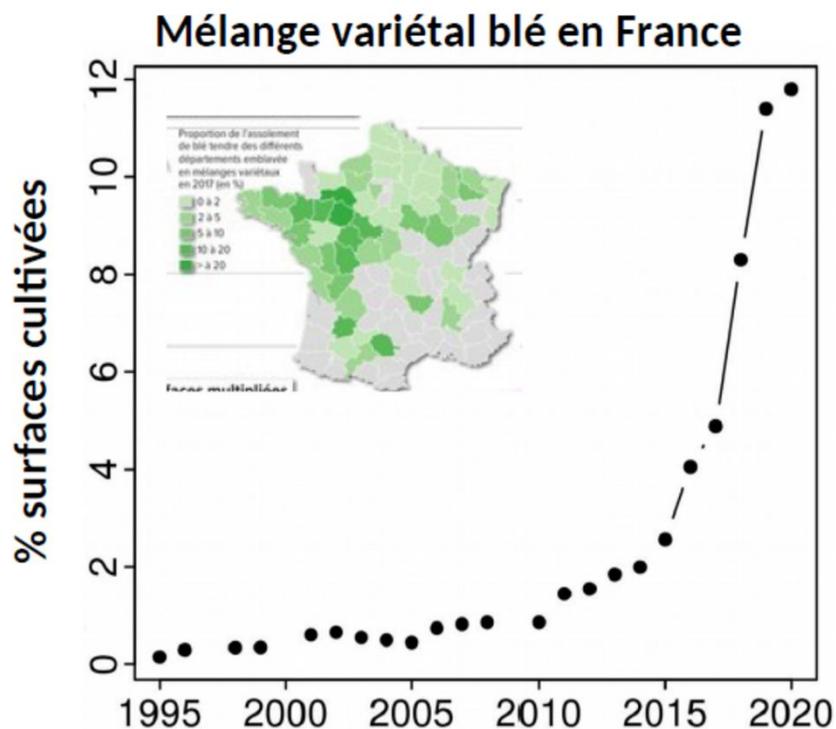
Mélanges d'une culture de vente avec une espèce compagne temporaire



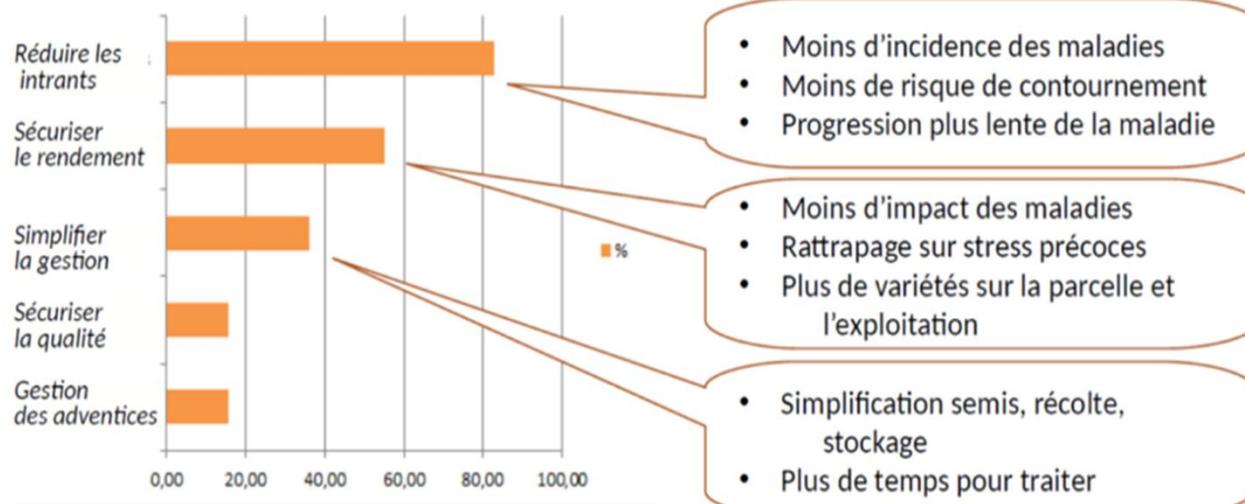
# Progression des mélanges variétaux en France

- Vente de mélanges variétaux autorisée depuis juillet 2019
- Matériel hétérogène biologique autorisé à la vente au 1er Janvier 2022 (règlement européen n°2018/848)

Progression des mélanges variétaux de blé tendre  
2016 : moins de 2%  
2022 : 20%



Motivations exprimées en pourcentage d'agriculteurs



- Moins d'incidence des maladies
- Moins de risque de contournement
- Progression plus lente de la maladie

- Moins d'impact des maladies
- Rattrapage sur stress précoces
- Plus de variétés sur la parcelle et l'exploitation

- Simplification semis, récolte, stockage
- Plus de temps pour traiter

Enquête diffusée aux « mélangeurs » (58 réponses) + Analyse de 3 forums (ACE, Agricoool et Agriavis)

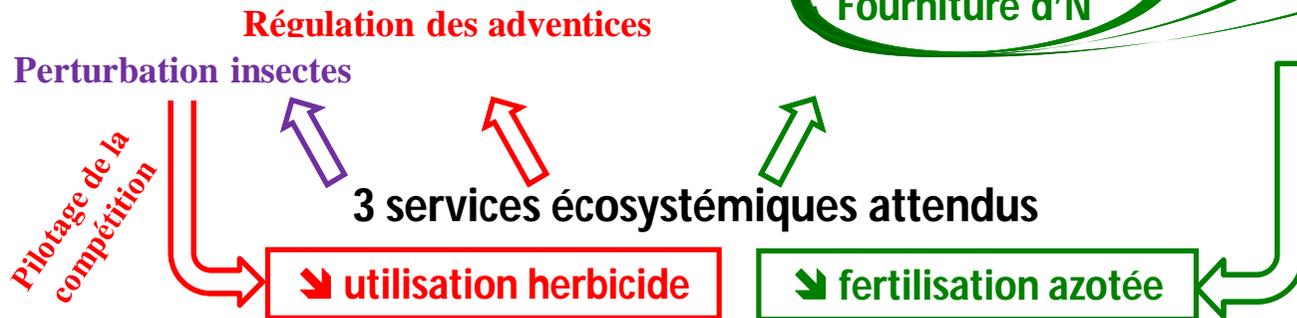
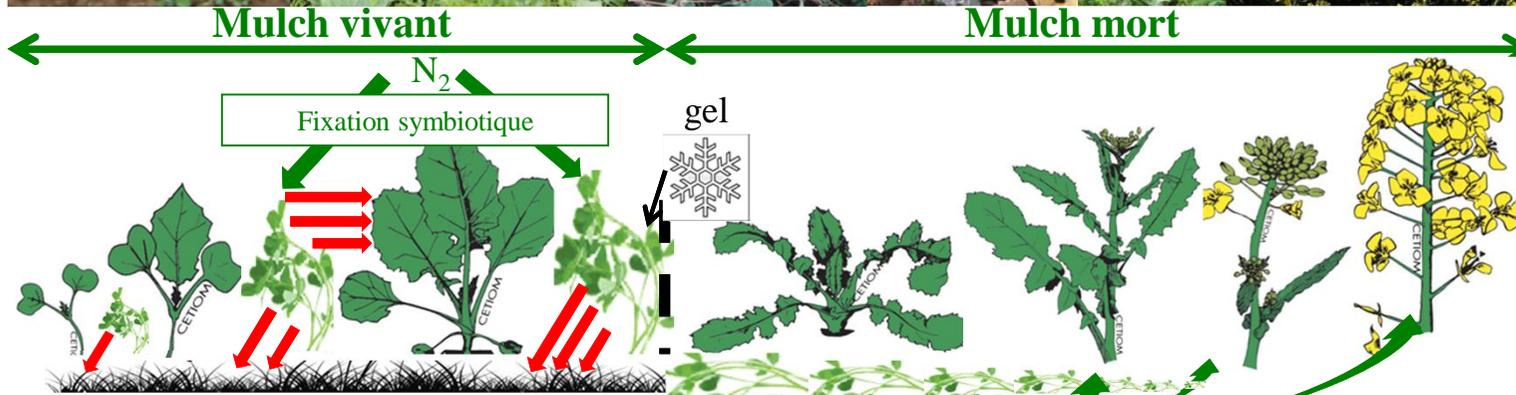
30 enquêtes détaillées : Stage M1 Bintou DIOP

- Progression imprévisible il y a 4 ans qui a conduit à une autorisation de commercialisation de plusieurs mélanges
- Choix délibéré POUR répondre à un besoin de répartir un risque climatique imprévisible

# Un autre exemple : le Colza Associé à une plante de service

Introduire des légumineuses gélives dans du colza

(Valantin-Morison *et al.* 2011; Cadoux *et al.* 2015)



## Plante de service

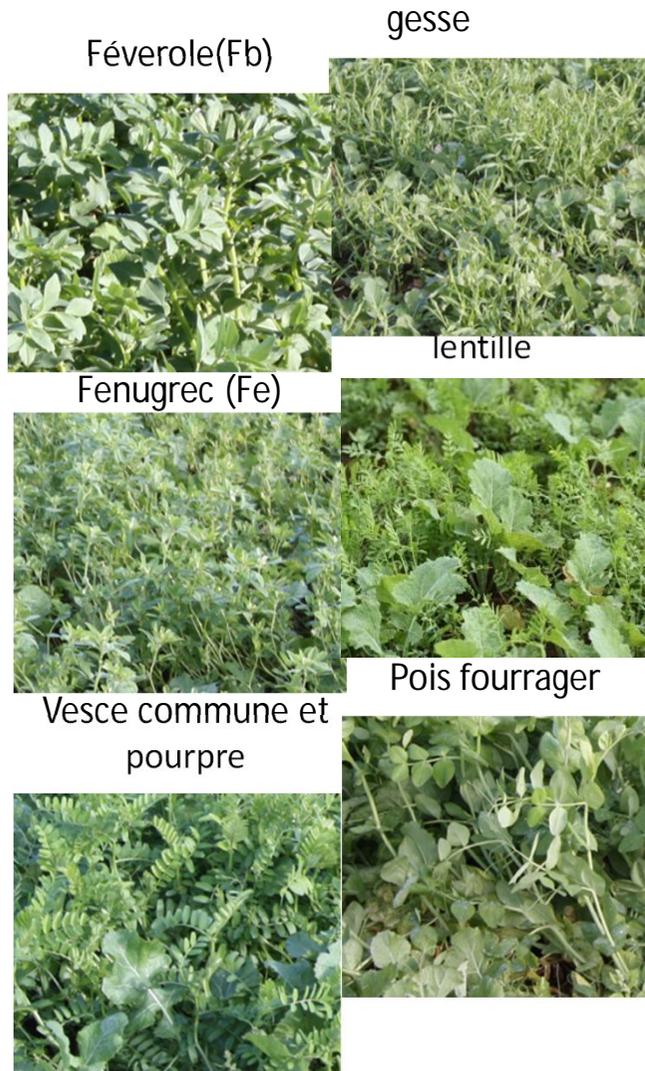
(Hartwig et Amon 1992; Teasdale 1996; Carof 2006)

Espèce implantée avant, pendant ou après la culture de vente, non récoltée, qui partage avec elle une période significative de son cycle et destinée à fournir un ou plusieurs services écosystémiques



Mélange colza-sarasij, lentille, fénugrec etc

# Colza associé à ... Des Légumineuses



Trèfles alexandrie,  
blanc, incarnat



**Des essais multi-locaux en parcelles agricoles  
(INRA CA-2009-2011)**  
**Des essais analytiques INRA (2012-2014) et  
CETIOM (2008-2012)**



## Non légumineuses

Cameline



sarrasin



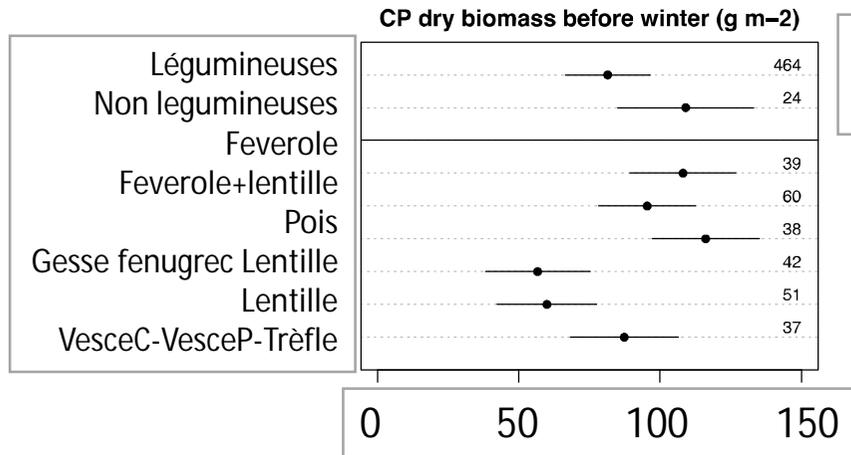
INRA 2012-2014

2009-2010

INRA-CA 2010-2011

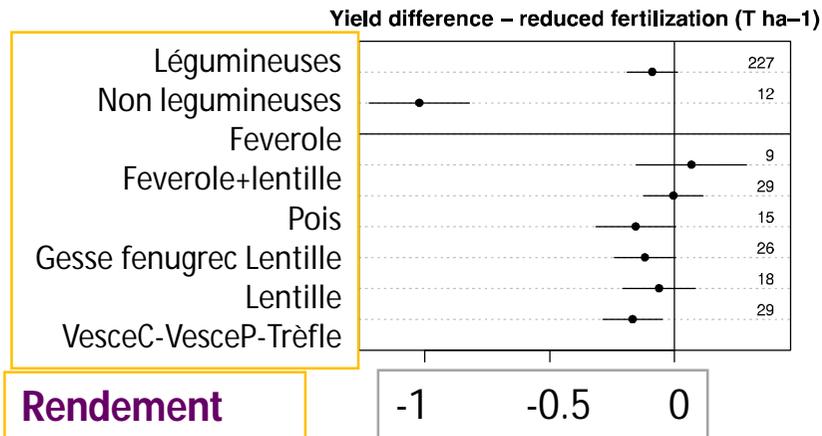
CETIOM 2008-2014

# Analyse multi-locale des effets de l'association avec colza



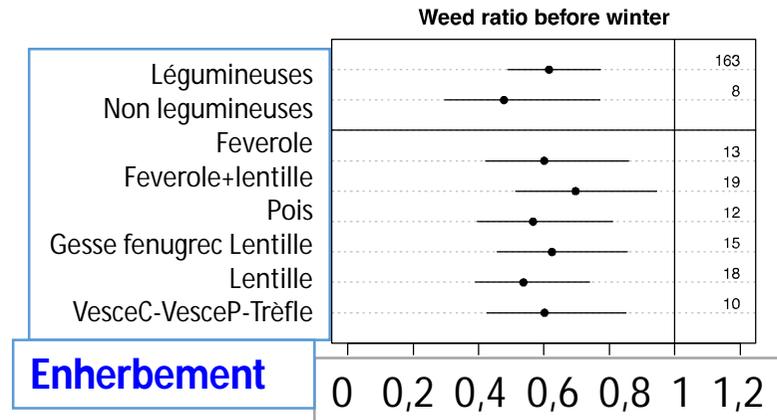
## Production biomasse de la légumineuse

- Entre 10 et 90 kgN/ha absorbé par PS



- -0.9 qx/ha en moyenne (NS) avec les lég.

**REDUCTION DE DOSE -30/40 U**



- -38% de biomasse d'adventices, sans différence stat pour les espèces

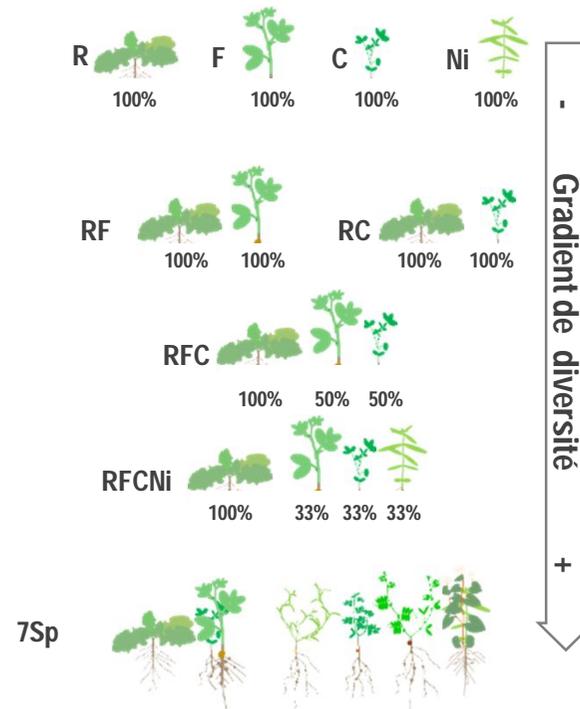
*Verret et al., 2017*

# En Suisse, des mélanges d'espèces très complexes sont associés au colza d'hiver

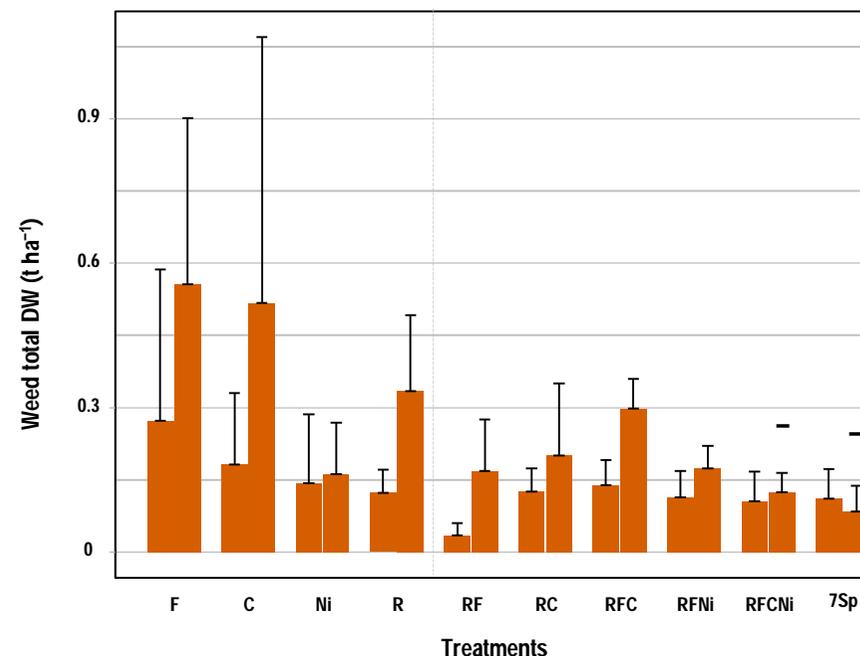
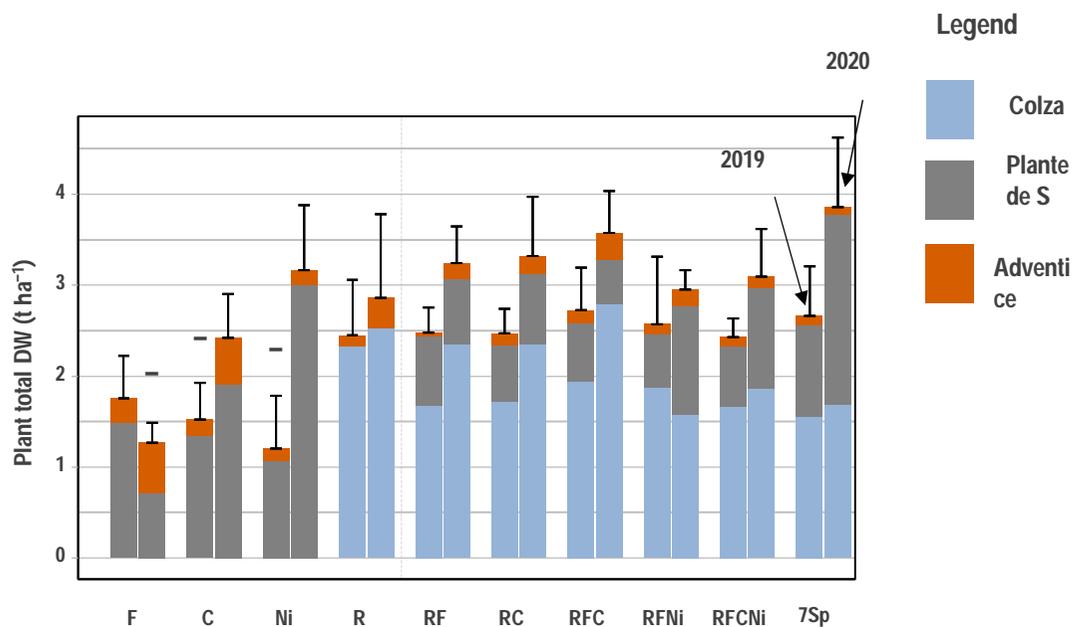
- Plantes compagnes de services en mélanges :
- Prangins en 2019-2020 ; 2020-2021
- 6 Traitements de 1 à 7 SP espèces
- 3 replicats
- **sans herbicides**



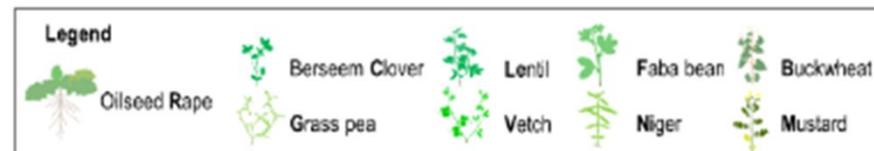
Photo Xavier Boussein



# Que dire de la croissance du colza et des mauvaises herbes dans des mélanges aussi complexes ?



- Il existe des plantes dominantes comme le sarrasin et la moutarde qui impacte la croissance du colza à l'automne mais sans impacter le rendement.

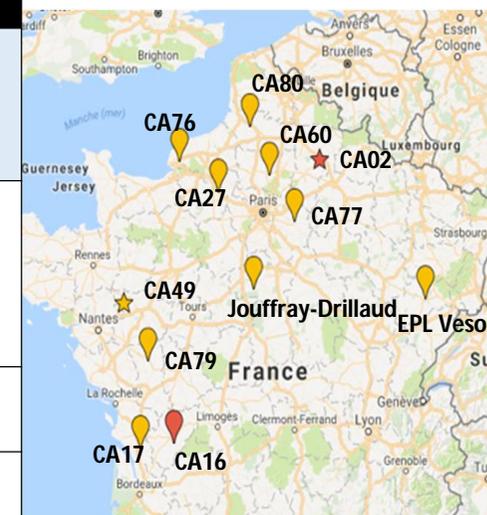


# En France, comparaison d'itinéraires techniques



Les recommandations sont régionales, issues des conseils Chambre d'Agriculture et Terres Inovia.

	Colza seul - Référence	Bas Niveau d'Intrants (BNI)	Productif
Objectifs	Conduite classique	Miser sur les services pour limiter les intrants <b>Conserver la marge</b>	Produire « plus » Sans augmenter les intrants
Espèces associées		<b>2 modalités communes :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>FVTA : Féverole de printemps Espresso (15 grains/m<sup>2</sup>) + Vesce Pourpre Bingo (14 kg/ha) + Tèfle d'Alexandrie TABOR (4kg/ha)</li> <li>TA : Trèfle d'Alexandrie TABOR (6 kg/ha)</li> </ul> + modalités au choix des expérimentateurs	
Désherbage anticots	Stratégie post-semis/pré-levée Colzor trio	<b>Aucun</b>	Stratégie post-levée précoce Demi-dose de Novall ou Alabama
Désherbage antigaminées	Si repousse de céréales ou graminées résistantes ( <i>Kerb flo</i> )	Si repousse de céréales ou graminées résistantes ( <i>Kerb flo</i> )	Si repousse de céréales ou graminées résistantes ( <i>Kerb flo</i> )
Destruction du couvert	-	<b>Gel</b> ou LONTREL en mars	Callisto, Ielo/Yago en décembre <i>(destruction précoce pour favoriser la minéralisation des résidus des plantes de services)</i>
Insecticides automne	Selon recommandations	<b>Max 1 seul à l'automne</b> <b>Selon recommandation au printemps</b>	Selon recommandations
Fongicides	Selon recommandations	1 seul au printemps	Selon recommandations
Azote	Réglette Azote	Réglette azote sur colza associé <b>- 30 à 40 unités d'azote / ha</b>	Réglette azote sur colza associé



12 essais : - Etoile = BNI seulement.  
- En rouge, essai non récolté

# Evaluation multi-critères des itk associés % colza seul



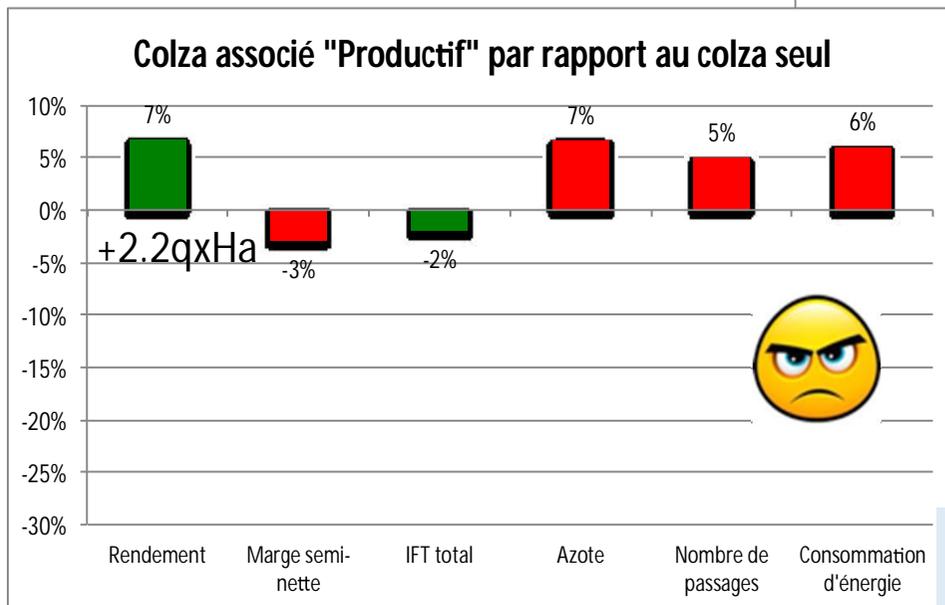
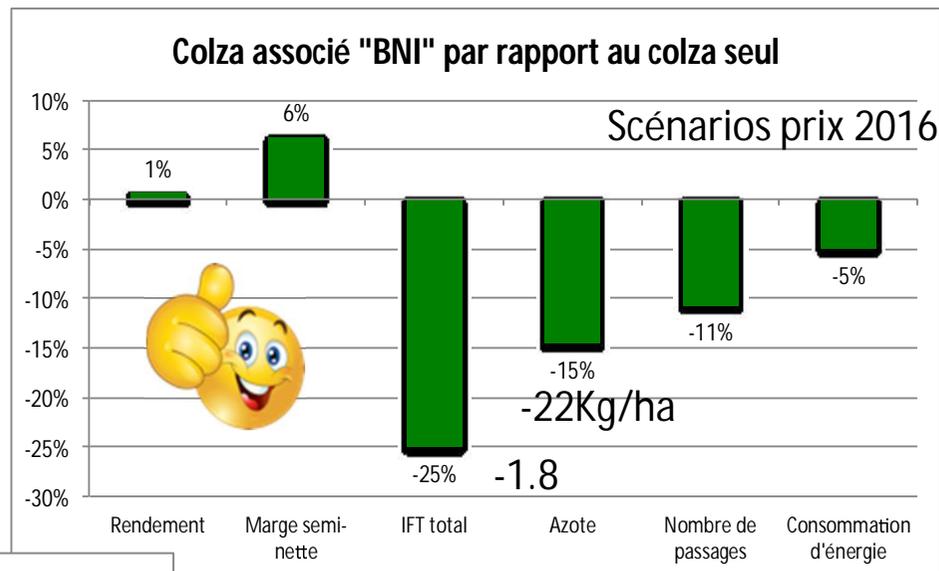
## Conduite « BNI » = marge augmentée

- car :
- rendement n'est pas impacté
  - intrants réduits
  - amélioration des indicateurs de durabilité !

## Conduite « productive »

- Rendement augmenté « dé plafonné »

- Mais :
- surcoûts liés aux plantes de services
  - intrants pas réduits, voire +
  - marges finales réduites



Prix des intrants	Bas niveau d'intrants (BNI)			Productif		
	Faible	Médian (~2016)	Fort	Faible	Médian (~2016)	Fort
Azote = 0.50€/U		Azote = 1.00€/U	Azote = 1.50€/U	Azote = 0.50€/U	Azote = 1.00€/U	Azote = 1.50€/U
Gazole = 0.50€/L		Gazole = 0.65€/L	Gazole = 0.80€/L	Gazole = 0.50€/L	Gazole = 0.65€/L	Gazole = 0.80€/L
Prix de vente colza						
Faible Colza = 250 €/T	+23€	+36€	+49€	-16€	-20€	-25€
Médian (~2016) Colza = 350 €/T	+19€	+32€	+44€	-11€	-15€	-19€
Fort Colza = 450 €/T	+15€	+28€	+40€	-5€	-9€	-14€

- 👉 BNI systématiquement positif en moyenne, Productif toujours négatif
- 👉 Les gains ou pertes de MSN ne sont pas très sensibles aux scénarios de prix



# Comment choisir les mélanges ? Une approche systémique, fonctionnelle et participative pour mélanger les espèces et assurer des SE

- De nombreuses combinaisons entre espèces sont possibles (Verret et al., 2020) et les connaissances partielles détenues par plusieurs acteurs
- Concevoir un outil pour une telle complexité bénéficie de l'implication des utilisateurs dès le processus de conception (Béguin, 2003; Cerf et al., 2012)

- Connaissances empiriques en atelier

*Deuxième choix :  
Agrégation et hybridation des connaissances*

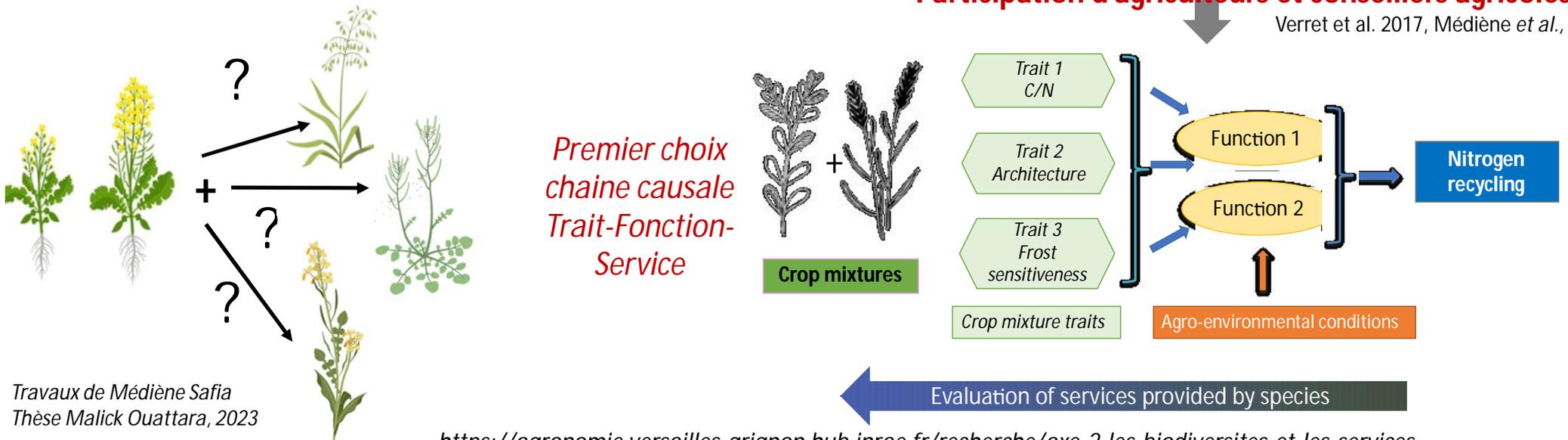


- Connaissance scientifique



## Participation d'agriculteurs et conseillers agricoles

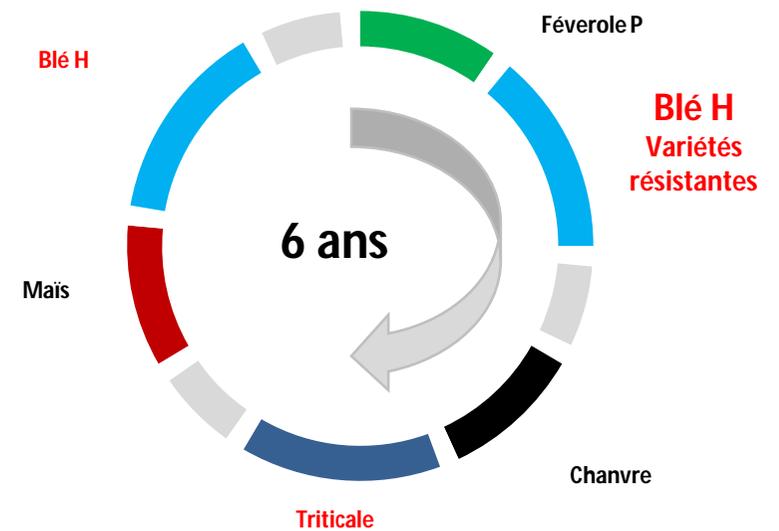
Verret et al. 2017, Médiène et al., 2016



Travaux de Médiène Safia  
Thèse Malick Ouattara, 2023

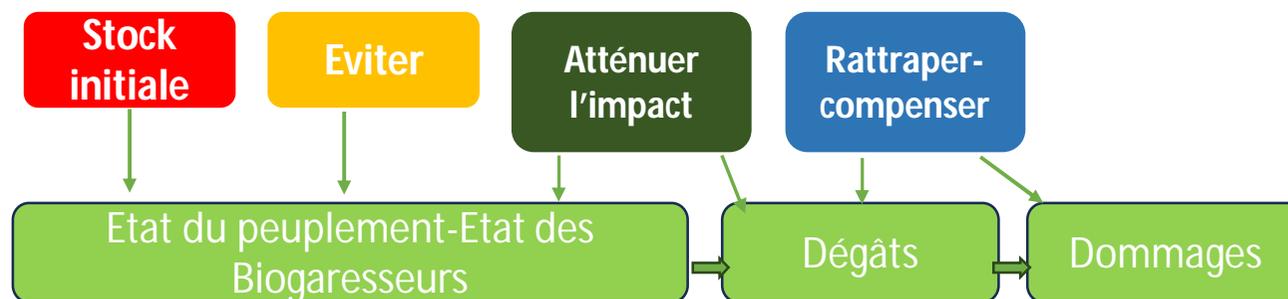
<https://agronomie.versailles-grignon.hub.inrae.fr/recherche/axe-2-les-biodiversites-et-les-services-ecosystemiques-rendus/projets-de-recherche/projet-casdar-alliance>

# *Diversifier dans le temps de la rotation pour atteindre plusieurs objectifs*



# Le système de culture : levier majeur pour renforcer les régulations biologiques et limiter les intrants

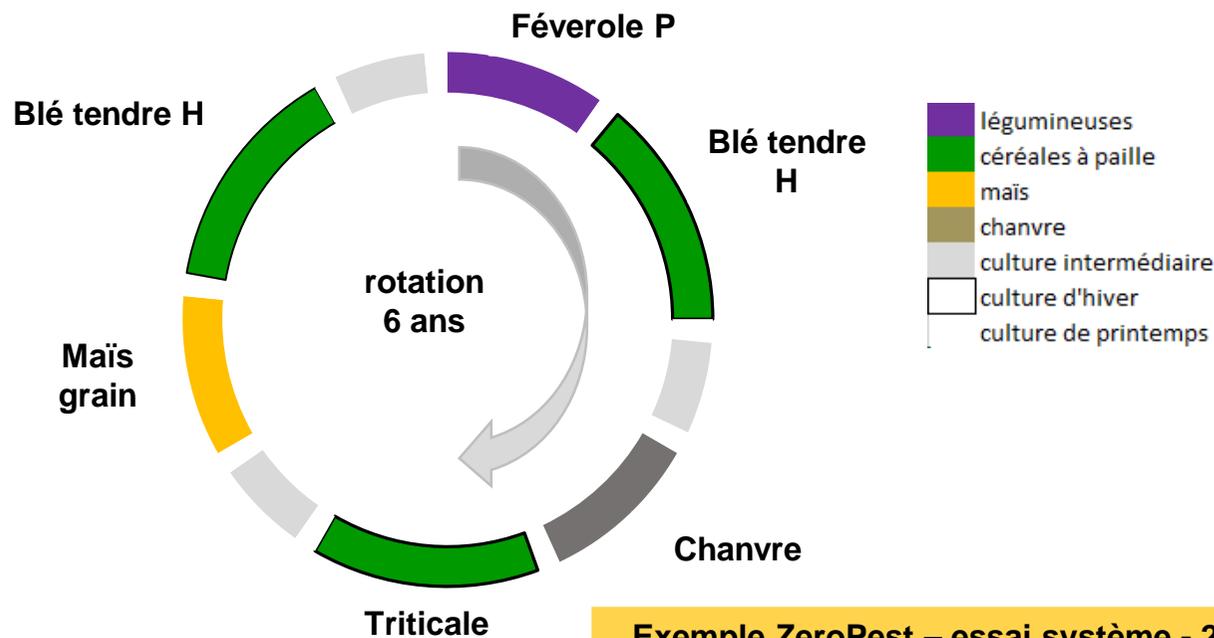
**Un des Principes de l'agroécologie : Renforcer la santé des agroécosystèmes, en promouvant des actes techniques qui renforcent le contrôle naturel des bio-agresseurs. (Altieri et al 2002)**



Daprès le guide Stephy - Gurr, Wratten et al., 20023 – Deguine et al, 2005 et 2013

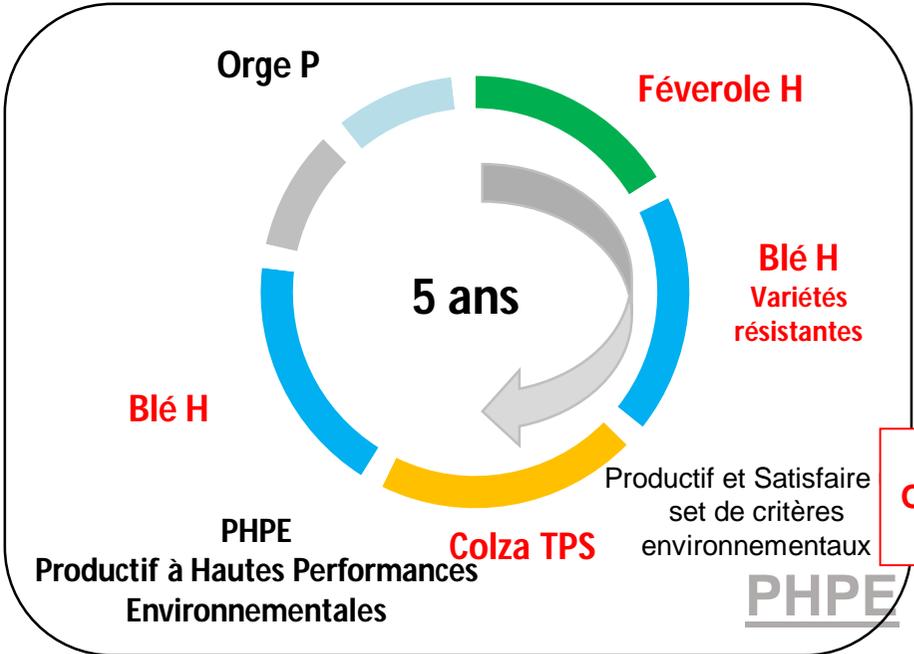
**Penser stratégique pour "prévenir",  
tactique pour "guérir"**

combiner à la fois à l'échelle de la succession culturale et de chaque culture



**Exemple ZeroPest – essai système - 2009-2020**

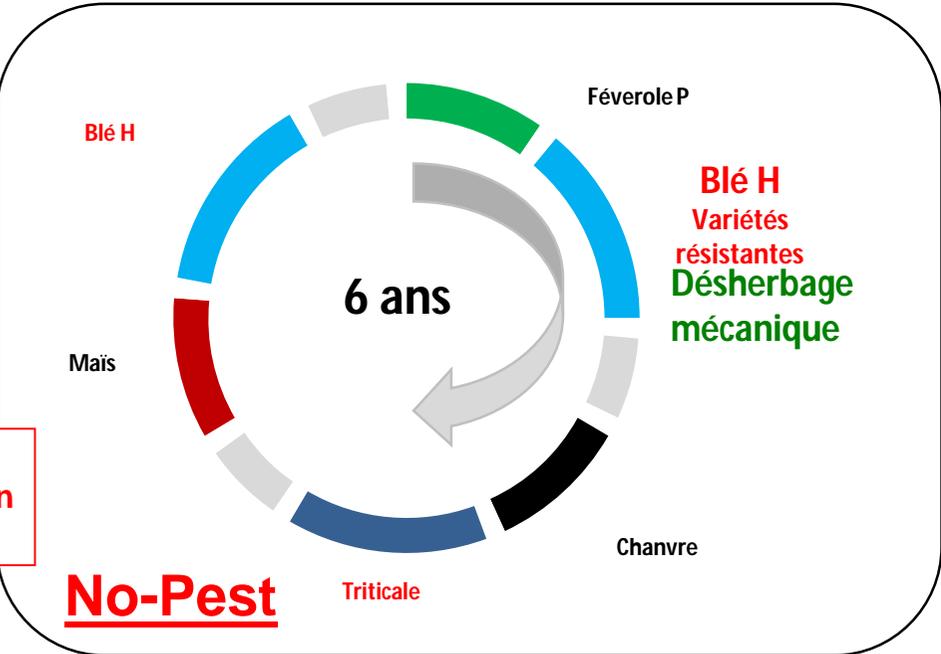
Colnenne et al. 2022



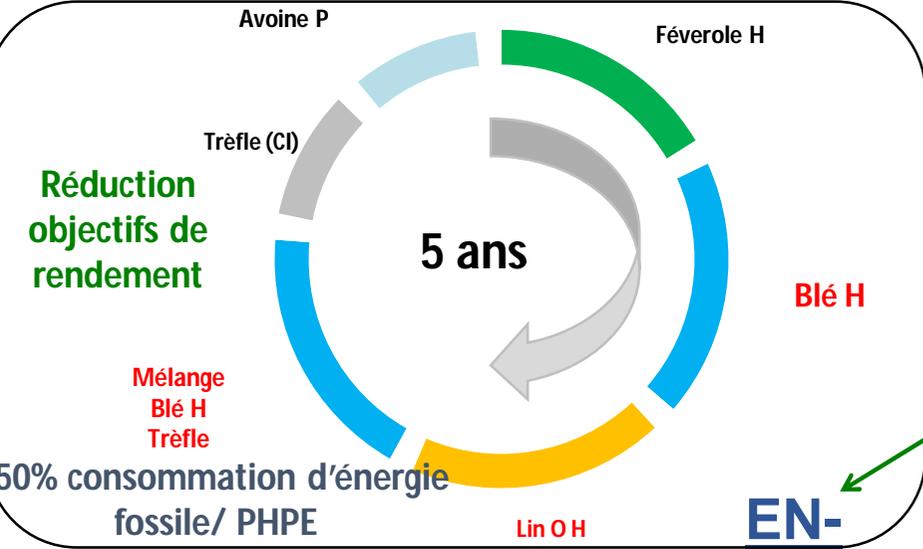
Espèces hiver  
Espèces printemps

- Cultures intermédiaires
- Légumineuses
- Céréales
- Maïs
- Oléagineuses
- Chanvre

Moins pesticides  
Objectifs de production  
plus faibles / IDF

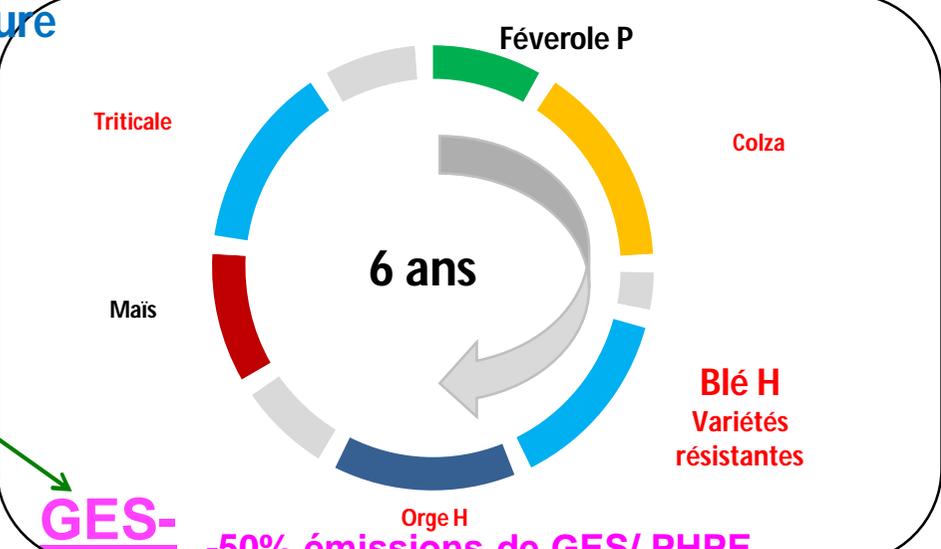


SIC un essai système en rupture  
Sur 12 ans



Non labour

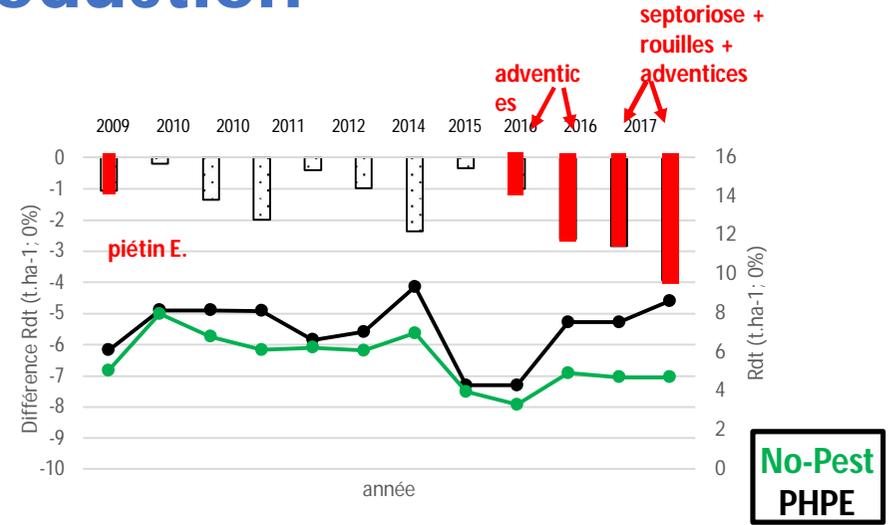
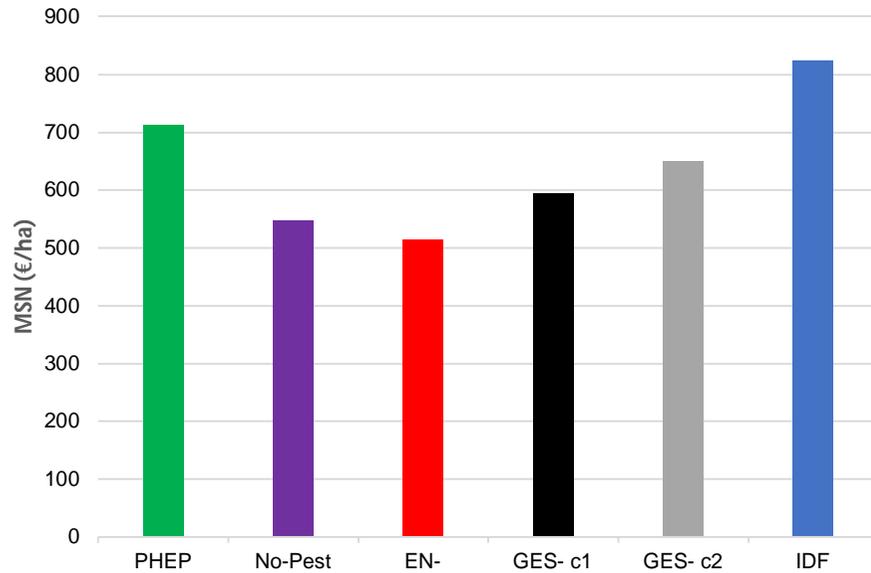
Colnenne et al. 2022



# Résultats économiques et production

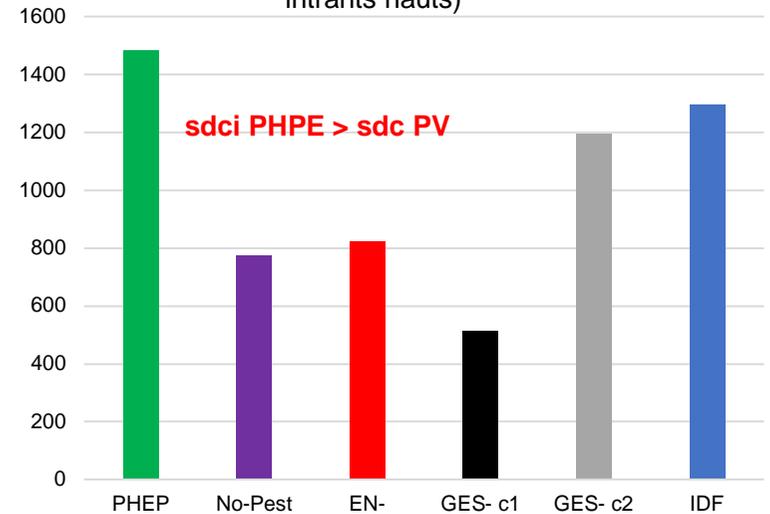
Colnenne et al. 2022

Prix représentatifs période 2012-2016



Bioagresseurs à l'origine des écarts de production

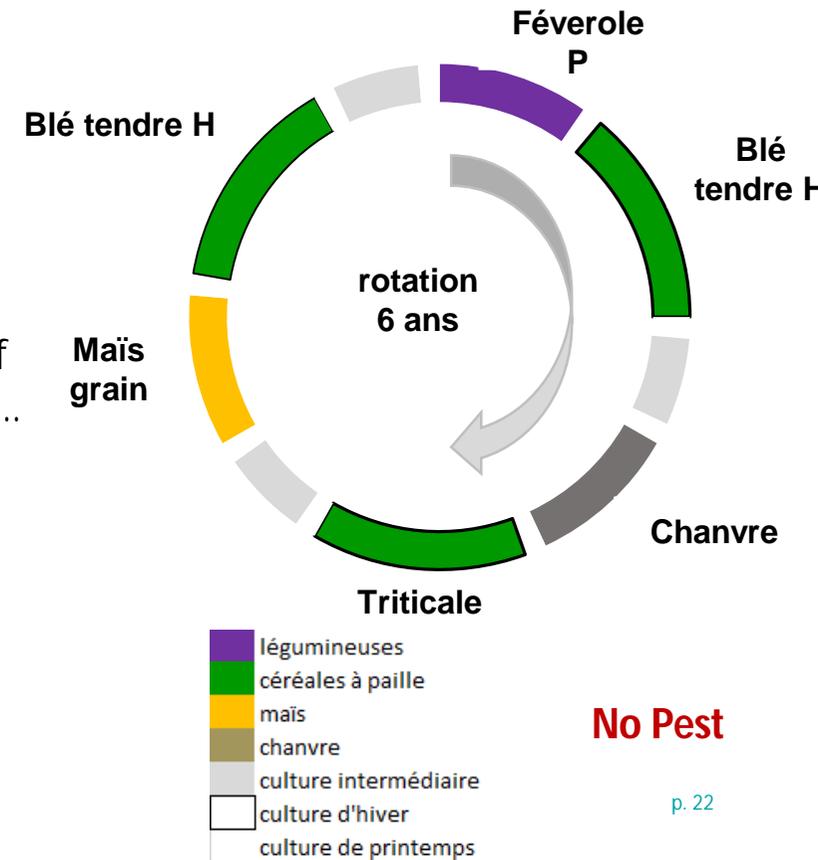
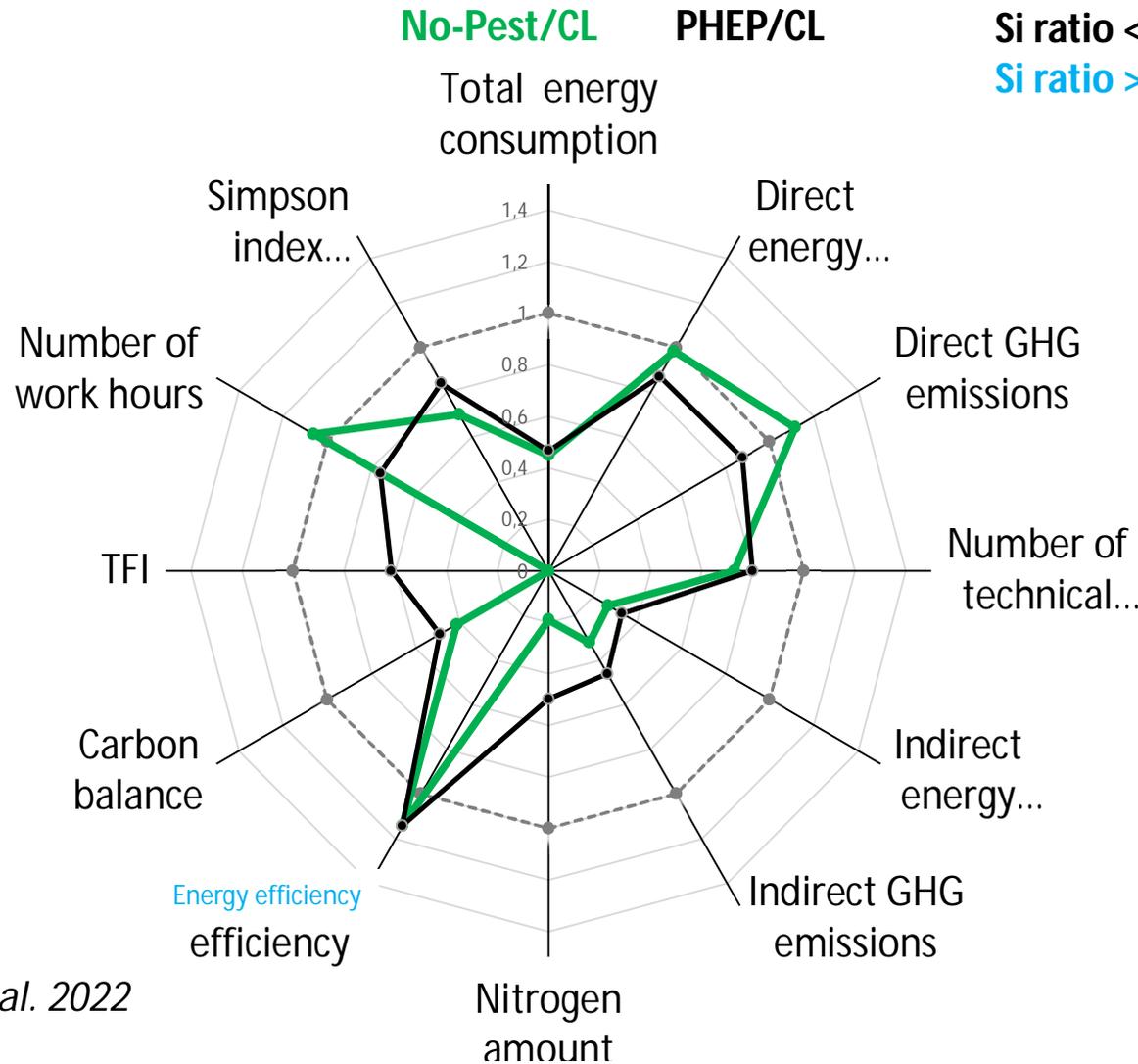
Prix représentatifs de 2022 (prix de vente et intrants hauts)



Colnenne et al. 2022

	PHPE	No-Pest	GES-	EN-	PlaineVer sailles
Temps de travail (h/ha/an)	2.5 +/- 0.2	3.5 +/- 0.2 6.3 +/- 3.1	P1: 1.9 P2: 2.4	1.9 +/- 0.1	3.3
Nombre de passages d'engins agricoles	8.8 +/- 0.2	8.0 +/- 0.1	7.0 +/- 0.6	6.6 +/- 9.1	11

# Performances environnementales et agronomiques des systems zéro pesticides et PHPE comparés aux systèmes locaux conventionnels



**INRAE**

**Une nécessité : sortir de la parcelle et aller vers l'échelle  
territoire**



# Pourquoi sortir de la parcelle ? Le paysage, dont les parcelles agricoles font partie, est porteur des processus agroécologiques

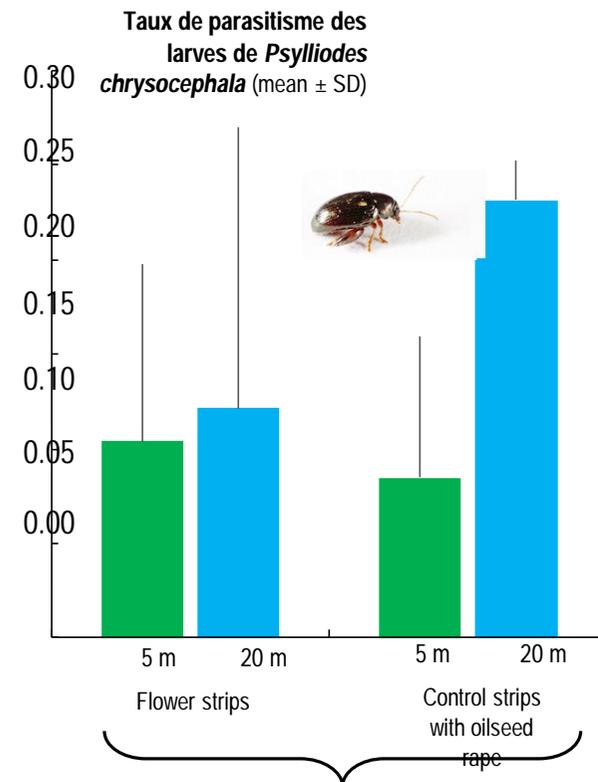
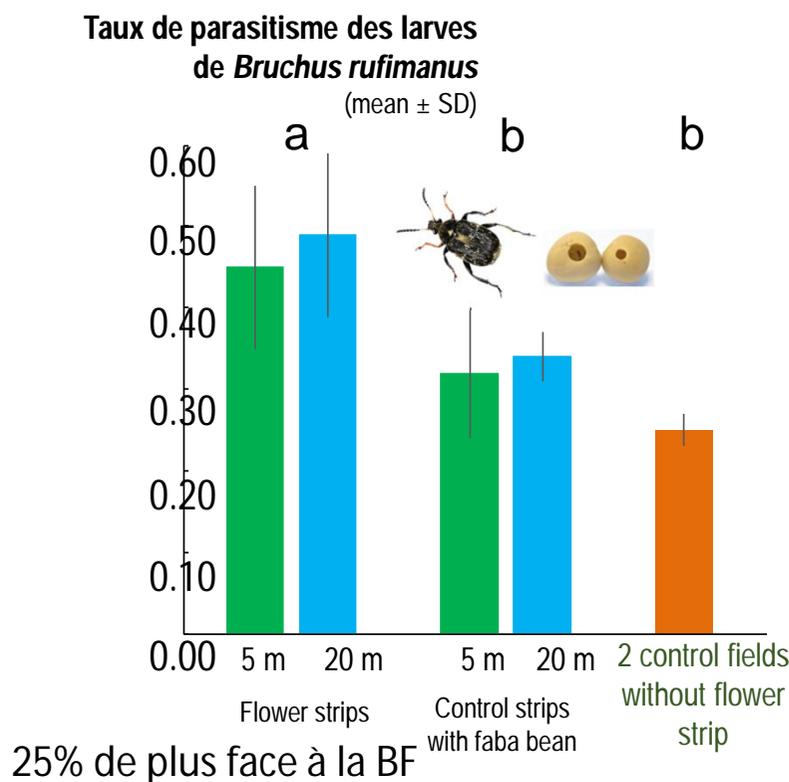
- Le paysage agricole assure le gîte et le couvert de plusieurs organismes assurant des SE
- La présence de certains habitats cultivés et HSN assurent plusieurs complémentarités

❖ Parcelle expérimentale INRAE-AgroParisTech (13 ha) avec 6×45 m bandes fleuries sans insecticides / travail du sol superficiel et rotation de 5 ans

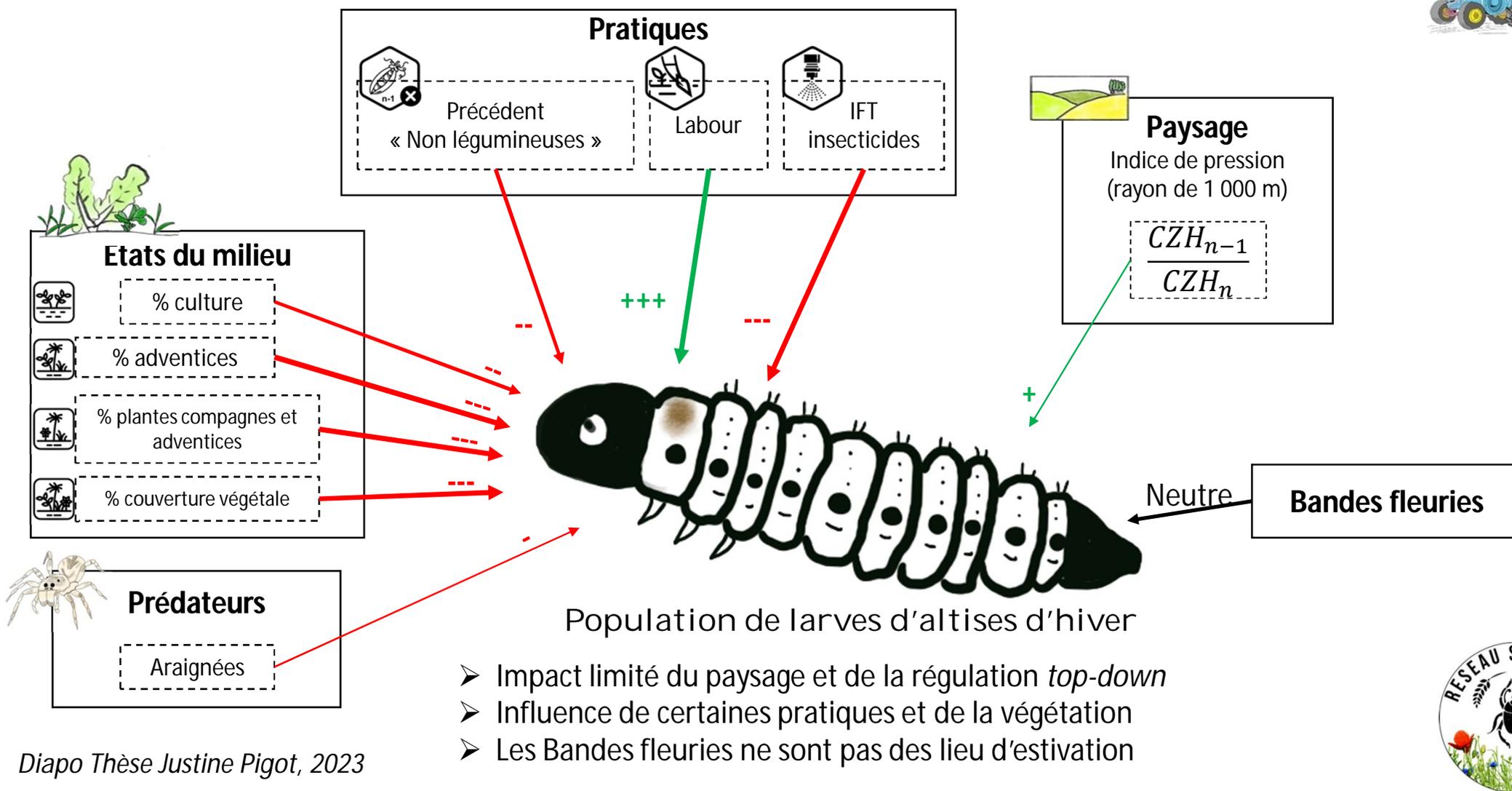


Photo Antoine Gardarin

Gardarin et al. 2022



# Les effets conjoints des bandes fleuries et des systèmes de culture agroécologiques sur altises d'hiver

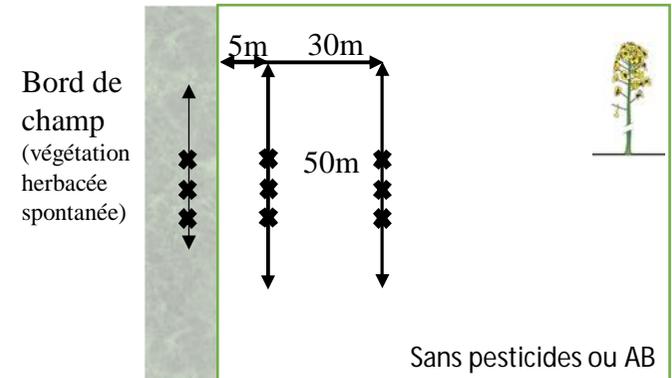
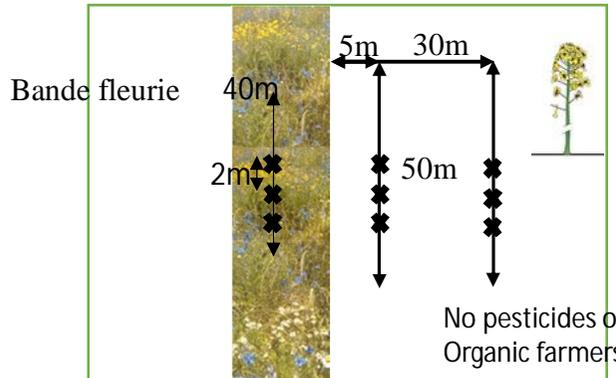
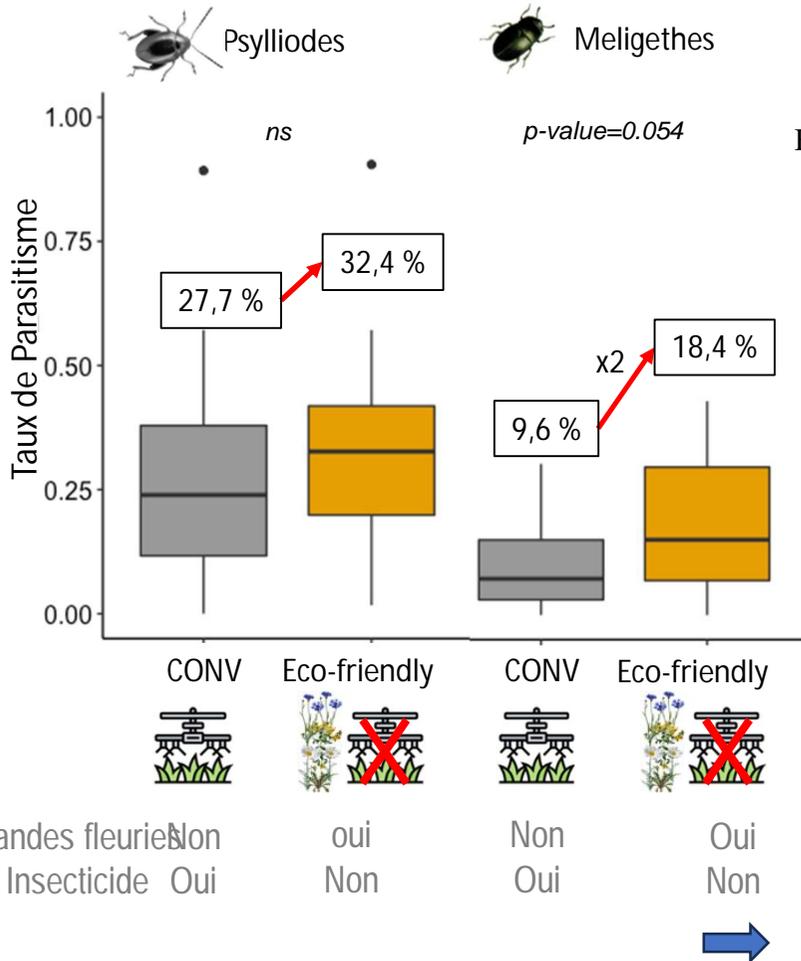


Diapo Thèse Justine Pigot, 2023

- Impact limité du paysage et de la régulation *top-down*
- Influence de certaines pratiques et de la végétation
- Les Bandes fleuries ne sont pas des lieux d'estivation



# Effet synergie entre bandes fleurie et système de culture observé mais difficile à mettre en évidence



- 25 parcelles agricoles en 2019-2020; 10 avec Bandes fleuries
- Larves d'insectes collectées, parasitisme mesuré, intensité florale évaluée

- Comparé au SdC conventionnelle, les taux de parasitisme augmentent en combinant eco friendly system et bandes fleuries.
- Les Mauvaises herbes et les ressources florales sont reliées à ce parasitisme.
- Mais les effets sont très délicats et fragiles : météo, durée de la bande fleurie, surface de la parcelle

Serée et al., 2023



# Pourquoi le territoire ? Les raisons socio-économiques

- on a besoin du système socio-technique et de l'ensemble des acteurs sur le paysage

## PARCE QUE

- Les acteurs qui conçoivent, développent, diffusent des innovations ne sont pas isolés: ils opèrent dans des systèmes sociotechniques, définis par un ensemble d'acteurs en réseau, leurs pratiques, leurs savoirs, les technologies qu'ils mobilisent, leurs représentations collectives, les normes et règles qu'ils se donnent...



- Les territoires sont porteurs d'une grande diversité de milieux et d'acteurs
- Diversité devant laquelle on ne peut répondre par une seule solution / innovation ou un système de production idéal et passe partout



**PROJET BE CREATIVE**  
*Concevoir les systèmes agricoles avec les acteurs  
comme des habitats diversifiés capables de rendre de  
multiples services dont ceux des régulations  
biologiques dans un territoire.*

# Merci de votre attention

