

Séminaire  
Les systèmes agricoles diversifiés : état des lieux et perspectives de recherche  
22-23 mai 2023

Claire Lavigne (AES) & Aude Vialatte (ACT)

Intégrer et gérer la diversité  
agricole et des éléments semi-  
naturels pour réguler les  
bioagresseurs et préserver la  
biodiversité





# Plan de la présentation :

- Introduction : de quelle diversité végétale parlons nous?
- Résultats de l'ESCO REGULNAT: Protéger les cultures en augmentant la diversité végétale des espaces agricoles
- Rôles des éléments semi-naturels et de la mosaïque des cultures pour la régulation des bioagresseurs
- Exemple issu du réseau INRAE SEBIOPAG
- Conclusions





# Introduction: de quelle diversité végétale parlons-nous?

# "Diversité végétale des espaces agricoles" ?

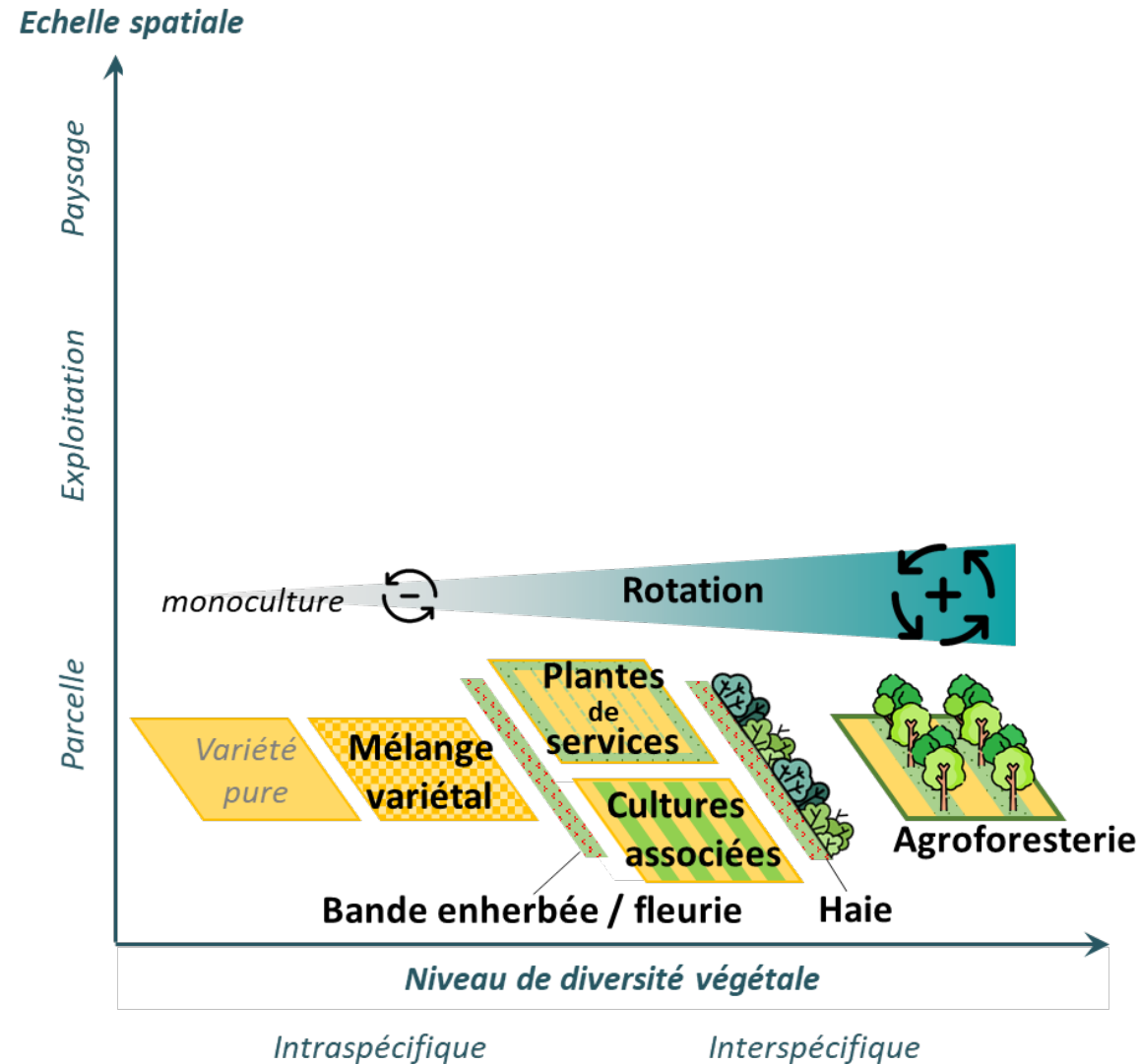


- **"Diversification végétale"** = augmenter le niveau de diversité de la végétation cultivée (à des fins de production de biomasse ou de services) **et/ou semi-naturelle** (spontanée, dans ou hors des parcelles)
  - **Composition** et **configuration** de la végétation
  - Aux échelles **parcellaire** et supra-parcellaire (**paysage**)
  - Durant la **saison culturale** ou **pluriannuelle**

# "Diversité végétale des espaces agricoles" ?



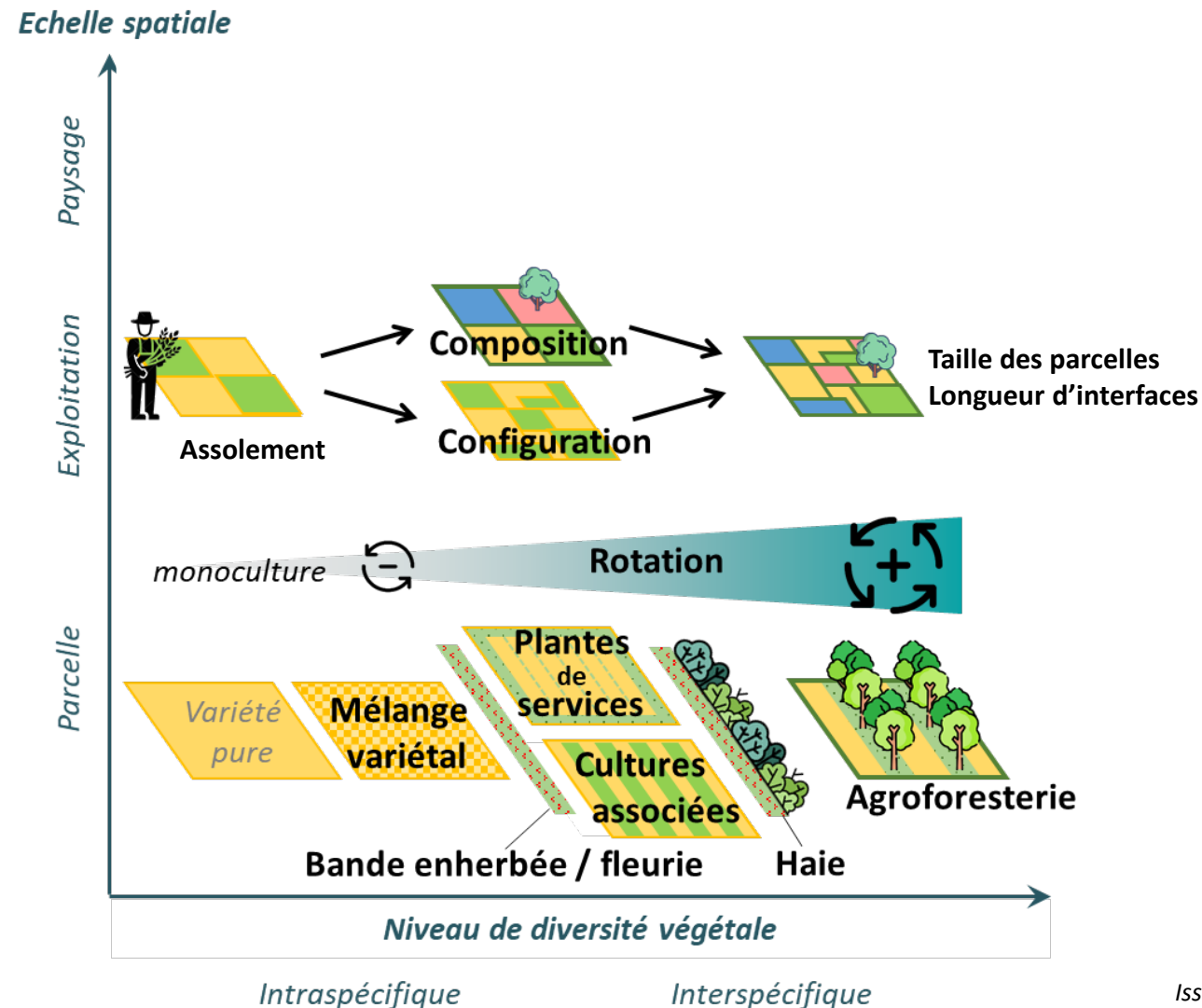
→ Large gamme de pratiques de diversification :



# "Diversité végétale des espaces agricoles" ?



→ Large gamme de pratiques de diversification :

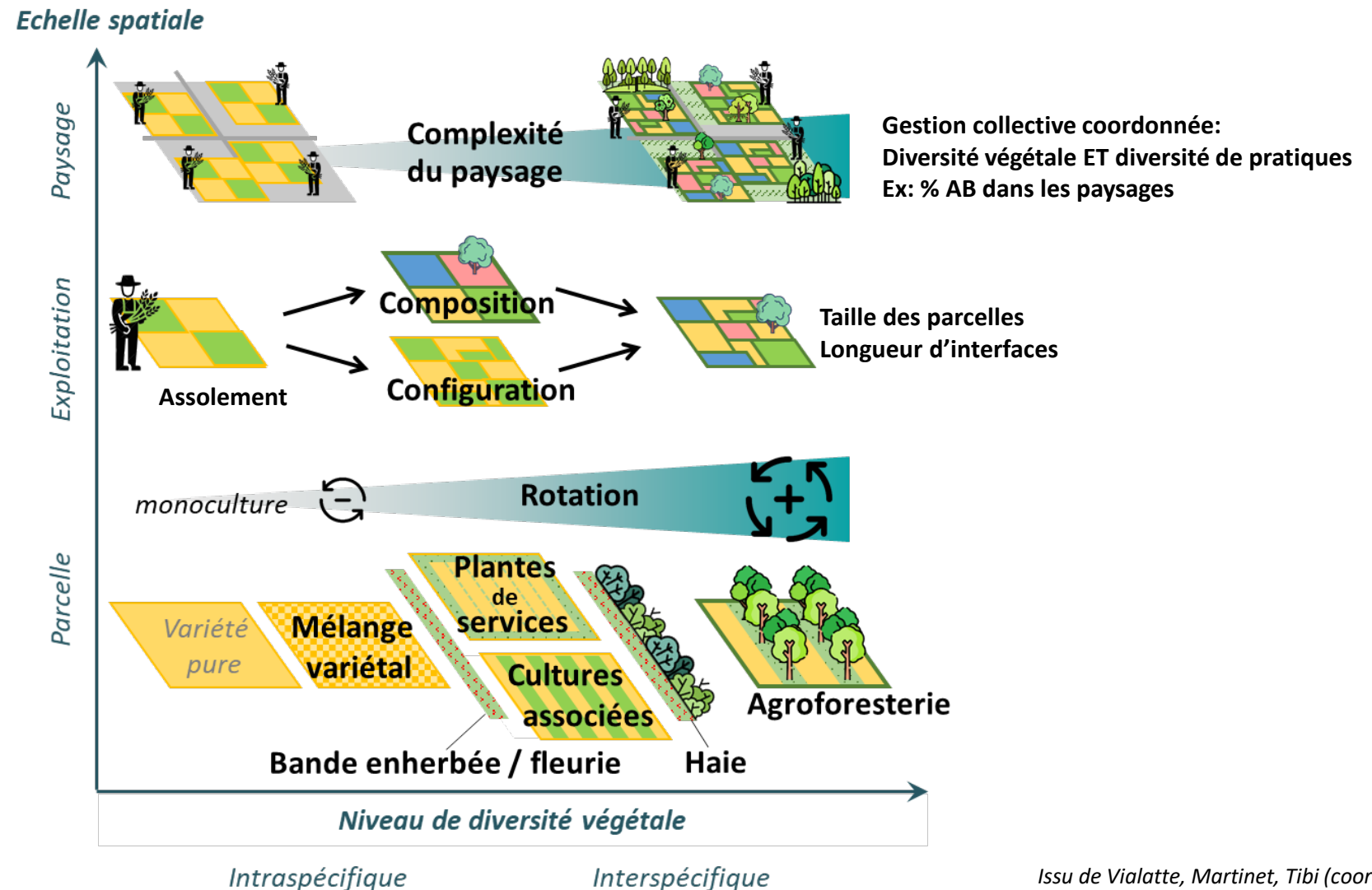




# "Diversité végétale des espaces agricoles" ?



→ Large gamme de pratiques de diversification :





# Résultats de l'ESCo REGULNAT: Protéger les cultures en augmentant la diversité végétale des espaces agricoles



# L'ESCo : principes et démarche

- Une **synthèse des connaissances scientifiques internationales pour éclairer l'action et le débat publics...**

- Acquis, incertitudes, controverses, lacunes de connaissances ⇒ *besoins de recherche*
- Pas d'avis ni de recommandation



MINISTÈRE  
DE L'AGRICULTURE  
ET DE LA SOUVERAINETÉ  
ALIMENTAIRE  
*Liberté  
Égalité  
Fraternité*



MINISTÈRE  
DE LA TRANSITION  
ÉCOLOGIQUE  
ET DE LA COHÉSION  
DES TERRITOIRES  
*Liberté  
Égalité  
Fraternité*



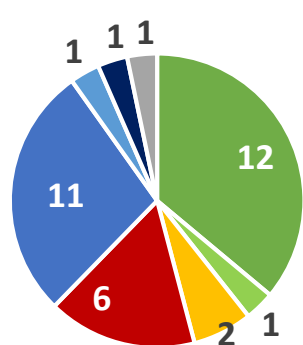
MINISTÈRE  
DE L'ENSEIGNEMENT  
SUPÉRIEUR  
ET DE LA RECHERCHE  
*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

- ... réalisée par un **comité pluridisciplinaire de 32 experts et 2 chargés de mission**

- Pluralité, impartialité, transparence, traçabilité
- ≈ 2 000 références citées dont 10 % reviews

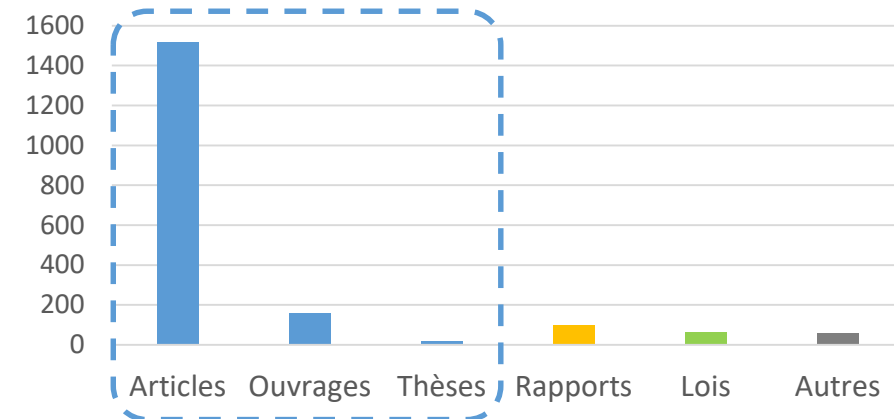


Références citées ≈ 90 % litt. scientifique



Expertises scientifiques

- Ecologie
- Biologie
- Génétique
- Agronomie
- Economie
- Gestion
- Droit
- Sociologie



# Diversifier la végétation des parcelles et des paysages est un levier pour protéger les cultures

Synthèse qualitative des effets de la diversité végétale sur les bioagresseurs (≈ 880 références dont 145 synthèses)

⇒ effets majoritaires de chaque modalité de diversification sur chaque catégorie de bioagresseur

plant diversification modalities	weeds	aerial insects	soil insects	vector-borne diseases	aerial pathogens	soil pathogens	nematods	other pests
variety mixtures	+		?				?	?
intercropping				?			?	?
agroforestry			?	?		?		
rotations				?				?
% of a crop in landscape	?		?	+	+	?	?	
diversified crop mosaic in landscape			?	+	+	?	?	
reduced field size			?	+/-	+/-	+/-	+/-	?
distance between same crops	+/-		+	+	+	+	+	?
semi-natural elements	+		?				?	+

# Diversifier la végétation des parcelles et des paysages est un levier pour protéger les cultures

Synthèse qualitative des effets de la diversité végétale sur les bioagresseurs (≈ 880 références dont 145 synthèses)  
 ⇒ effets majoritaires de chaque modalité de diversification sur chaque **catégorie de bioagresseur**

- Des effets positifs de la diversité végétale (régulation) décrits pour chaque catégorie de bioagresseurs (*effet positif ≠ effet fort*)
- 1 seul cas de consensus en faveur d'une aggravation de la pullulation par la diversité végétale
- Des effets ambigus surtout associés à la végétation semi-naturelle (mécanismes taxon-dépendants)
- Hypothèses théoriques au sujet des modalités de diversification paysagère (attendus plutôt +)

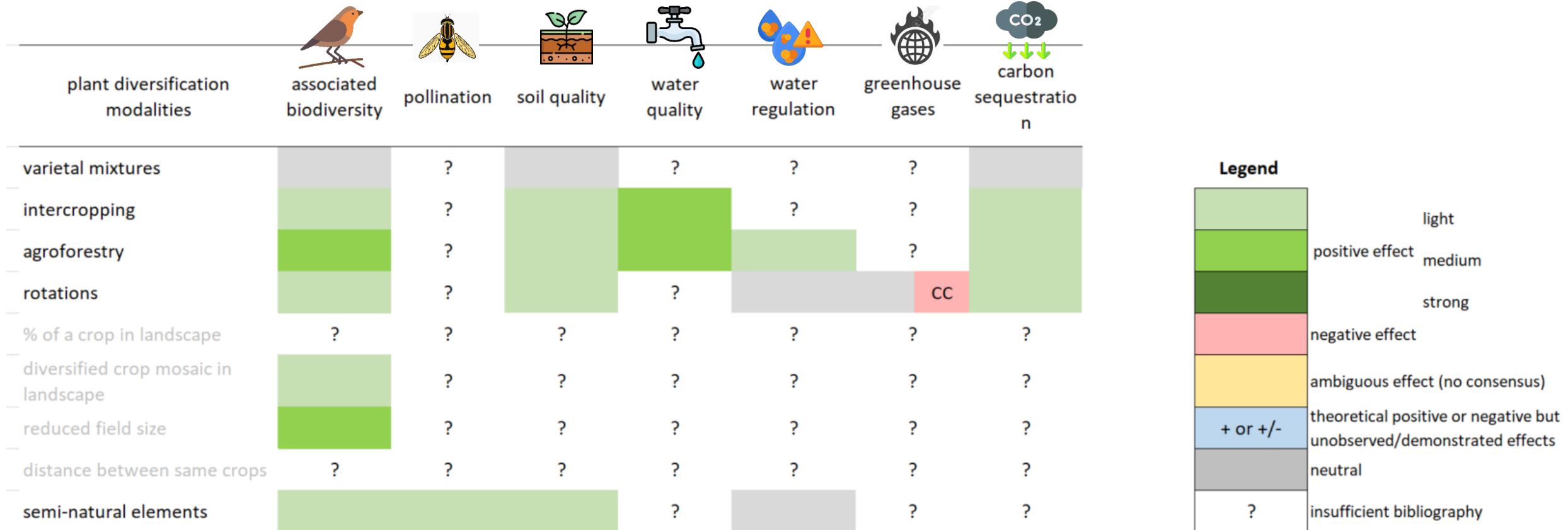
**Dépendance au contexte forte:  
Pas de préconisation générique possible**

Une analyse de chaque situation doit être menée pour déployer avec succès les modalités de diversification végétale.

plant diversification modalities	weeds	aerial insects	soil insects	vector-borne diseases	aerial pathogens	soil pathogens	nematods	other pests
variety mixtures	+	+	?	+	+	+	?	?
intercropping	+	+	+	?	+	+	?	?
agroforestry	+	+	?	?	-	?	+	-
rotations	+	+	+	?	+	+	+	?
% of a crop in landscape	?	-	?	+	+	?	?	+
diversified crop mosaic in landscape	?	+	?	+	+	?	?	+
reduced field size	-	+	?	+/-	+/-	+/-	+/-	?
distance between same crops	+/-	+	+	+	+	+	+	?
semi-natural elements	+	-	?	-	-	-	?	+

# La diversification végétale est favorable à la biodiversité associée et rend d'autres services écosystémiques à la société

D'après méta-analyses de Beillouin *et al.* 2021 et Tamburini *et al.* 2020, et Sirami *et al.* 2019



CC: cases of covercrop



# Un lien positif et souvent fort entre diversification végétale et rendement

**Beillouin *et al.* 2021, Tamburini *et al.* 2020 → corrélation entre diversité végétale et rendement**

*Rendement = variable composite multifactorielle ne dépendant pas que des dégâts causés par les bioagresseurs*

*Le rendement obtenu en système diversifié est comparé avec des systèmes moins diversifiés, les évaluations pouvant être réalisées avec ou sans usage de pesticides.*

- mélanges de variétés = faibles gains de rendement (env. +3%) mais **stabilisation interannuelle** des rendements
  - associations de cultures
  - rotations diversifiées
  - agroforesterie
- gains de rendement notables à forts (+10-40%)**
- éléments semi-naturels = ne modifient pas les rendements (liens neutres)

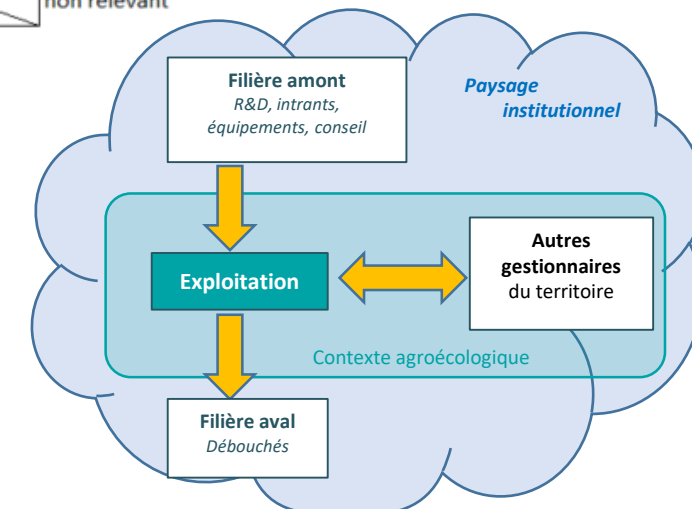
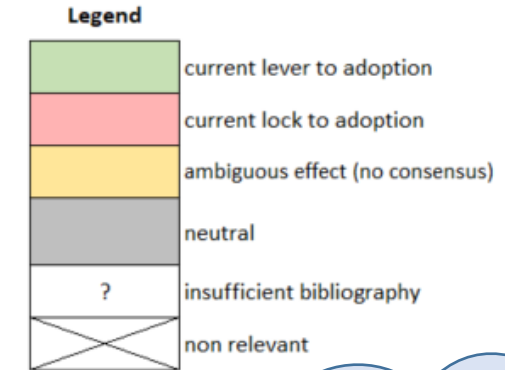
# Des freins à l'adoption systémiques qui requièrent des politiques ambitieuses

## Analyse de la littérature des leviers et verrous au déploiement des modalités de diversification dans les pays du Nord

plant diversification modalities	technical (equipment)	advise, technical references	organization of work	upstream agricultural sector : seed	downstream agricultural sector	economic (farm, short term)	economic (farm, long term)	spatial coordination of actors	Legal	Political
varietal mixtures							?			
intercropping							?			
agroforestry						?	?			
rotations							?			
% of a crop in landscape										
diversified crop mosaic in landscape										
reduced field size										
distance between same crops										
semi-natural elements							?			

<i>observed current ways to bypass locks in North</i>	equipment sharing, self-build, service delivery	on-farm experimentation, peer network, decision support tools	investment in the selection effort, participative approaches of ideotyping, seed exchange	labeling, short circuit, on-farm processing, territorial industrial project	subsidy, high input costs, payment for services, consumer willingness to pay	transdisciplinarity, eco-certification, payments for services, collective organizations, state planning, territorial commercial outlets (e.g. collective restaurant)	direct support (subsidies to farmers, financing of diversification channels) and indirect support (bans on the use of pesticides, environmental taxation)
---	---	---	---	---	--	--	---



D'après Vialatte, Martinet, Tibi (coord.) et al. 2023

# Un gradient d'effets attendus, un gradient de modification des systèmes

Agronomic and ecological benefits

**Pest control**

**Crop yield**

**Biodiversity & ecosystem services**

**Semi-natural elements**

Variety mixture  
Agroforestry  
Rotations

Semi-natural elements  
Variety mixture

Intercropping  
Rotations

Variety mixture

Intercropping  
Rotations

Semi-natural elements  
Crop mosaic in landscape

Intercropping

Agroforestry

Agroforestry

*Crop mosaic in landscape?*

Transformation of farming systems



Variety mixture

Intercropping  
Rotations

Agroforestry

Semi-natural elements  
Crop mosaic in landscape

Legend

**ambiguous effects**

Neutral relationship

No transformation

Positive and strong relationship

Systemic redesign

# Un gradient d'effets attendus, un gradient de modification des systèmes

Agronomic and ecological benefits

**Pest control**

**Crop yield**

**Biodiversity  
&  
ecosystem  
services**

Semi-natural elements

Semi-natural elements  
Variety mixture

Variety mixture

Variety mixture  
Agroforestry  
Rotations

Intercropping  
Rotations

Intercropping  
Rotations

Semi-natural elements  
Crop mosaic in landscape

Intercropping

Agroforestry

Agroforestry

Crop mosaic in landscape?

Transformation of  
farming systems



Variety mixture

Intercropping  
Rotations

Semi-natural elements  
Crop mosaic in landscape

Agroforestry

*Facilité de mise en œuvre  
dans les systèmes conventionnels*

*Défis techniques: semis, récolte, tri*

*Conduite de nouvelles cultures:  
équipement, sélection variétale, conseil,  
débouchés*

*Enjeux spécifiques à l'échelle du  
paysage:*

*Coordination entre acteurs, cohérence des  
politiques publiques*

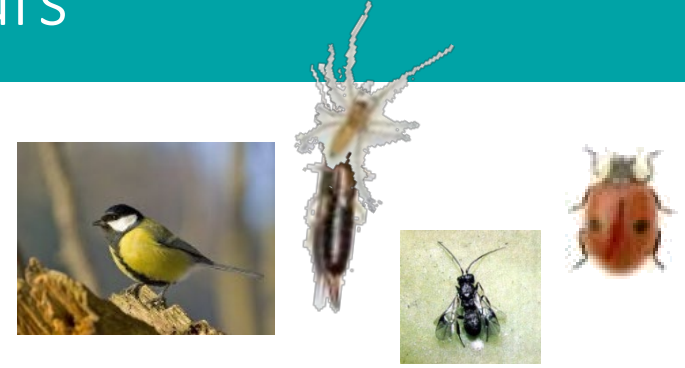
*Re-conception plus fondamentale du  
système: équipement, débouchés  
sylvicoles, complexité du statut juridique*



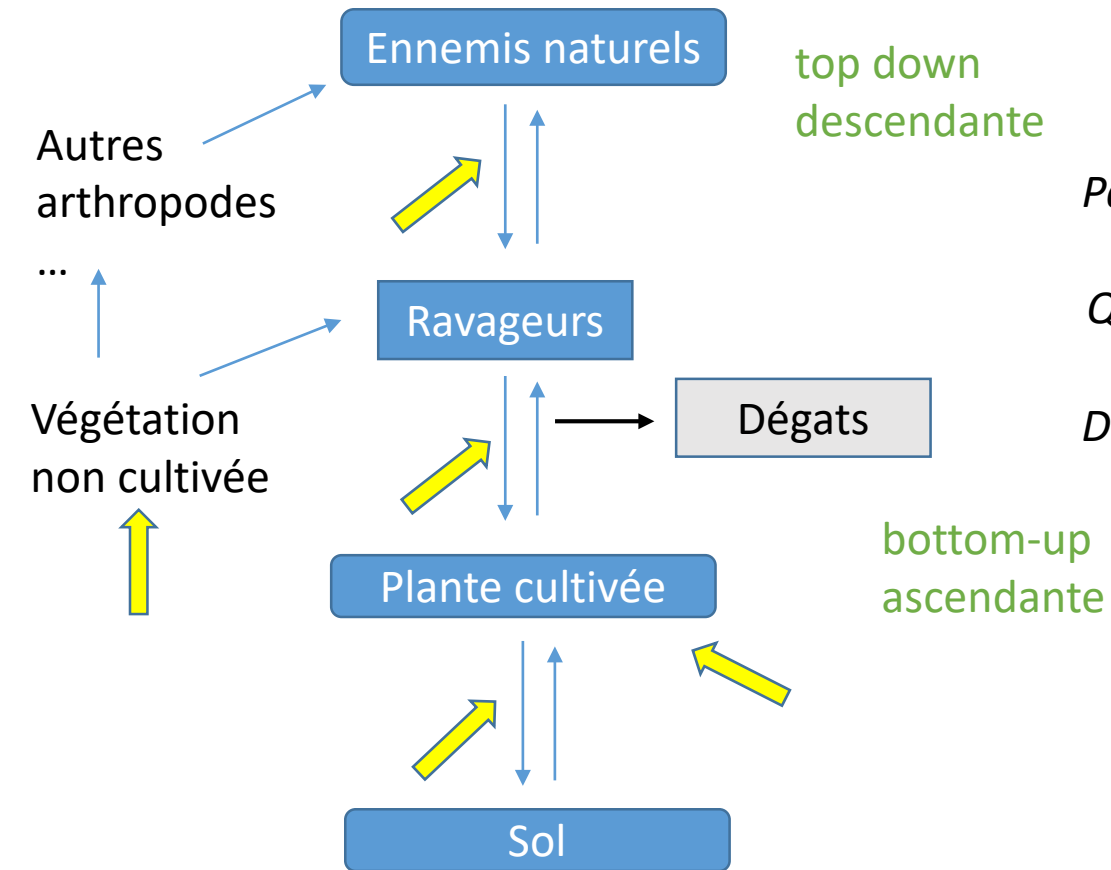


# Rôles des éléments semi-naturels et de la mosaïque des cultures pour la régulation des bioagresseurs

# Un focus sur la régulation des bioagresseurs



*Abondance/diversité*



*Parasitisme, Taux de prédation*

*Quantité de ravageurs*

*Dégats, rendement, IFT*

Proies sentinelles

Suivis dynamiques ravageurs

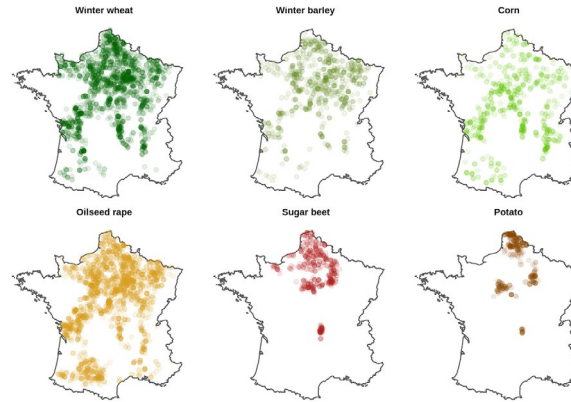
Contenus stomacaux

Cages exclusion

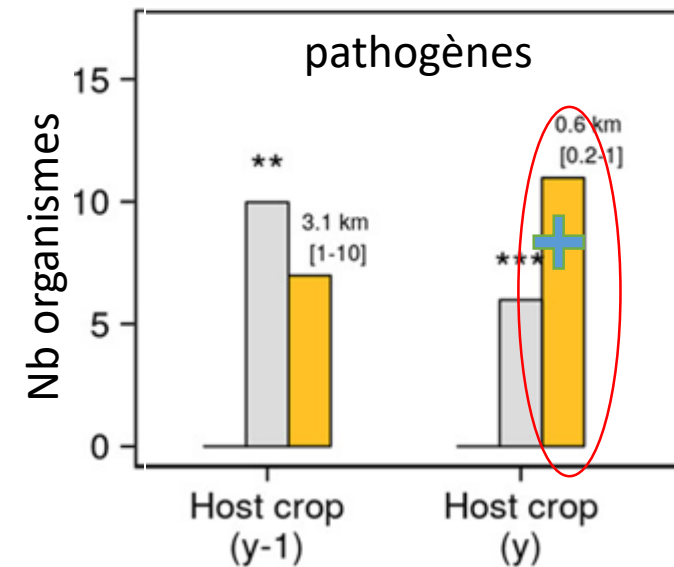
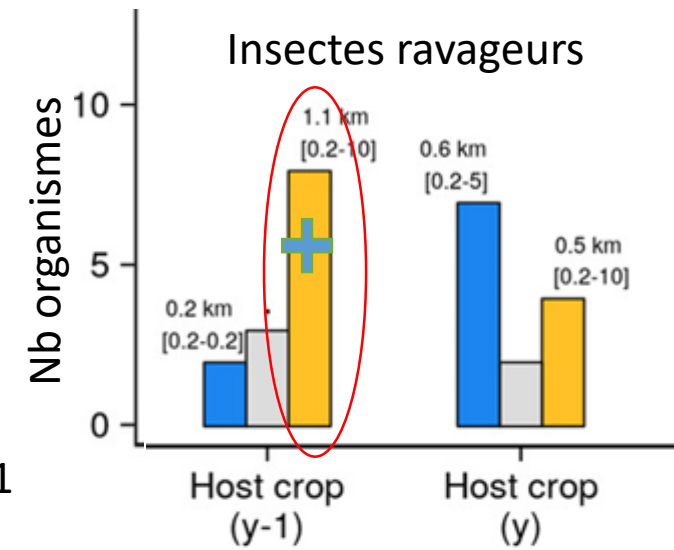
# Un focus sur la régulation des bioagresseurs : régulation bottom-up (paysage)

## Quantité de plante hôte

- quantité de ressources
- processus de concentration / dilution



Delaune et al. 2021



# Un focus sur la régulation des bioagresseurs : régulation bottom-up (paysage)

## Quantité de plante hôte

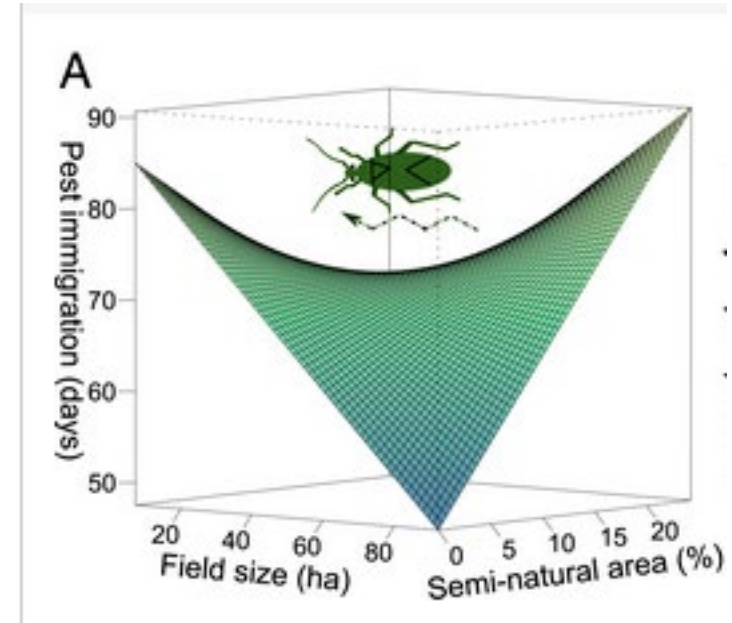
- quantité de ressources
- processus de concentration / dilution

## Distribution spatiale de la plante hôte

- proximité avec des « réservoirs »
- regroupement/ dispersion des parcelles (selon dispersion bioagresseur !)

Traitements phytosanitaires/ pratiques agricoles dans paysage environnant

373 champs coton, 5 ans



Gagic et al. 2021



# Un focus sur la régulation des bioagresseurs : régulation top-down, contrôle biologique par conservation (paysage)

## Conservation à l'échelle du paysage

### Diversité de ressources (composition)

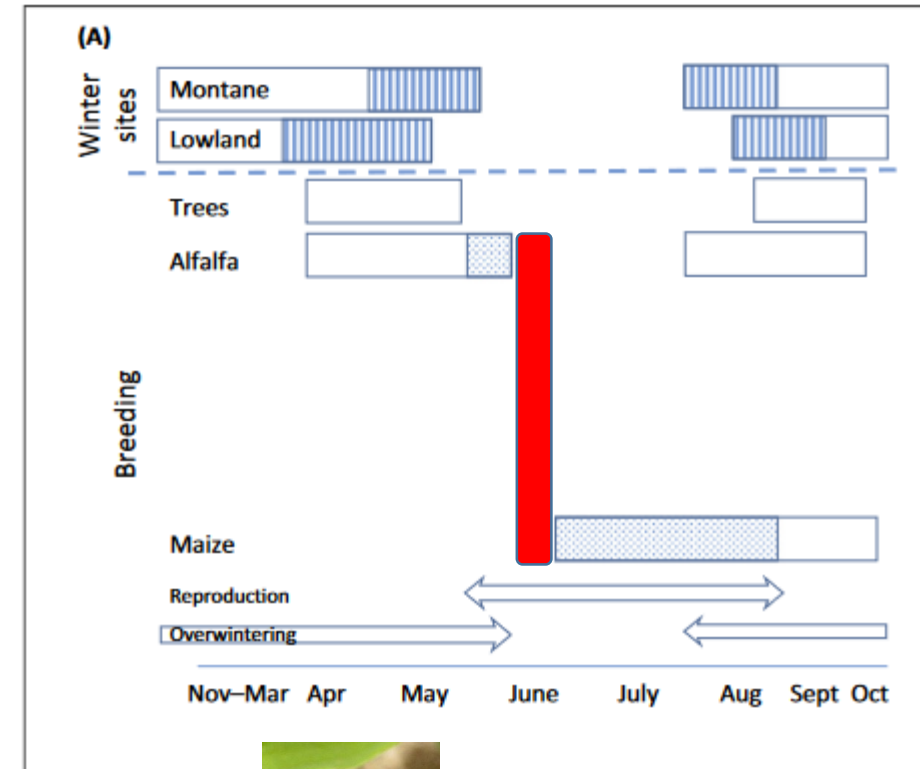
-**complémentarité**= diversité de ressources (alimentaires, sites hivernation...)

-**supplémentation** = quantité suffisante de chaque type de ressource

### Continuité temporelle des ressources sur paysage (time will tell)

=> Diversité de cultures dans des paysages avec un minimum d'HSN

## Régulation



Schellhorn et al. 2015

Begg et al. 2017

# Un focus sur la régulation des bioagresseurs : régulation top-down, contrôle biologique par conservation (paysage)

Conservation à l'échelle du paysage

Diversité de ressources (composition)

-**complémentation**= diversité de ressources (alimentaires, sites hivernation...)

-**supplémentation** = quantité suffisante de chaque type de ressource

Continuité temporelle des ressources sur paysage (time will tell)

=> Diversité de cultures dans des paysages avec *un minimum* d'HSN

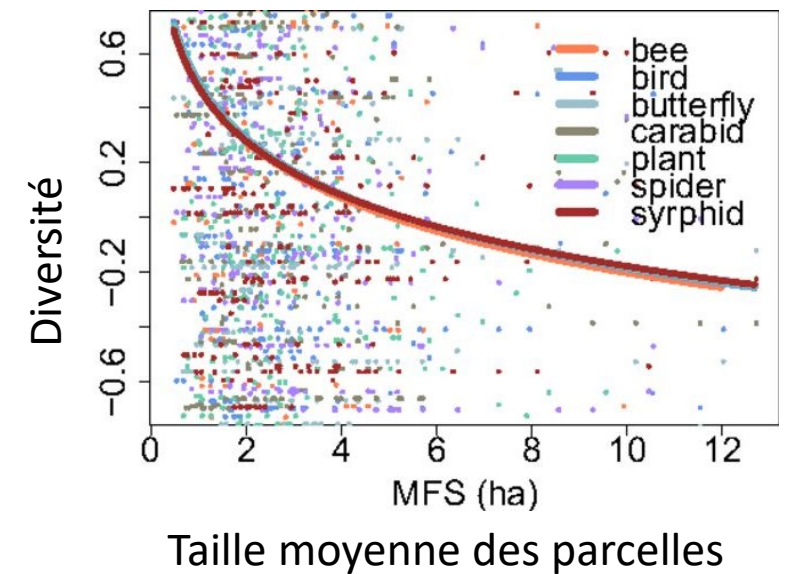
Régulation

-> importance d'une arrivée (précoce) des auxiliaires (configuration)

-> disposition spatiale / HSN à proximité

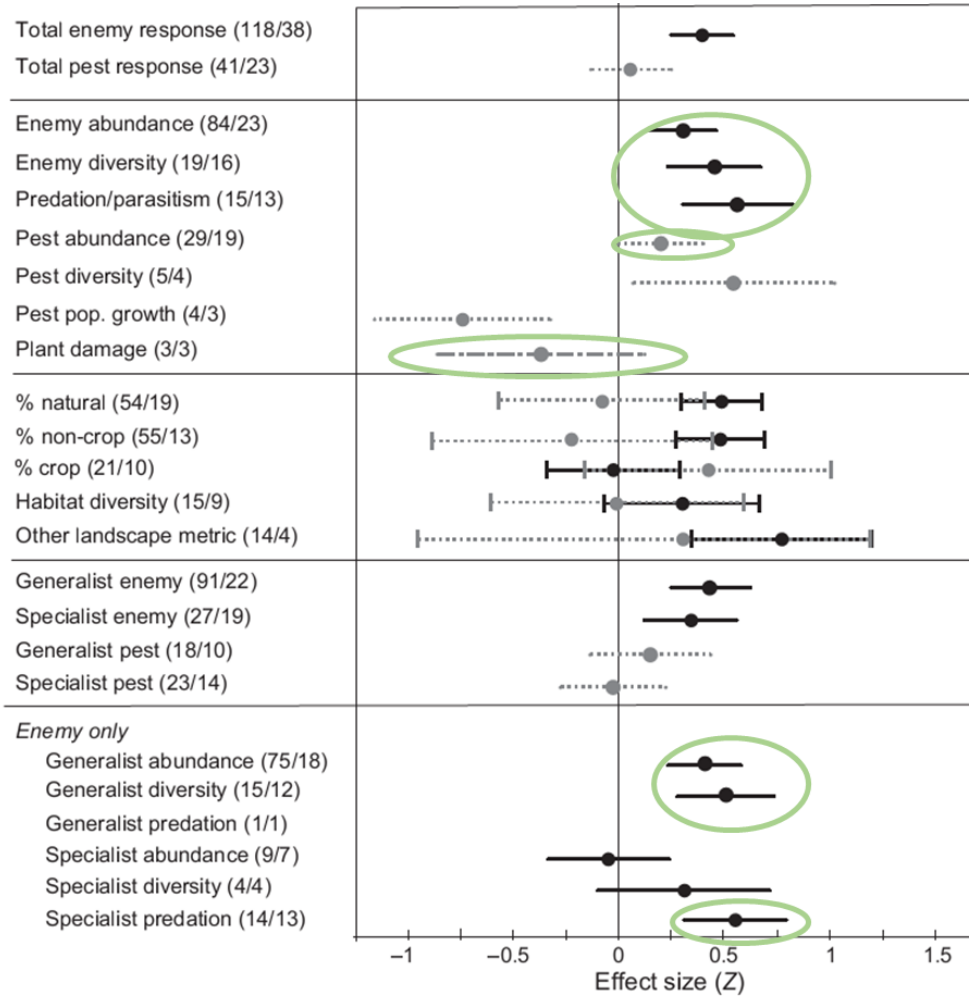
-> taille/ forme des parcelles

-> gestion diversité intraparcellaire

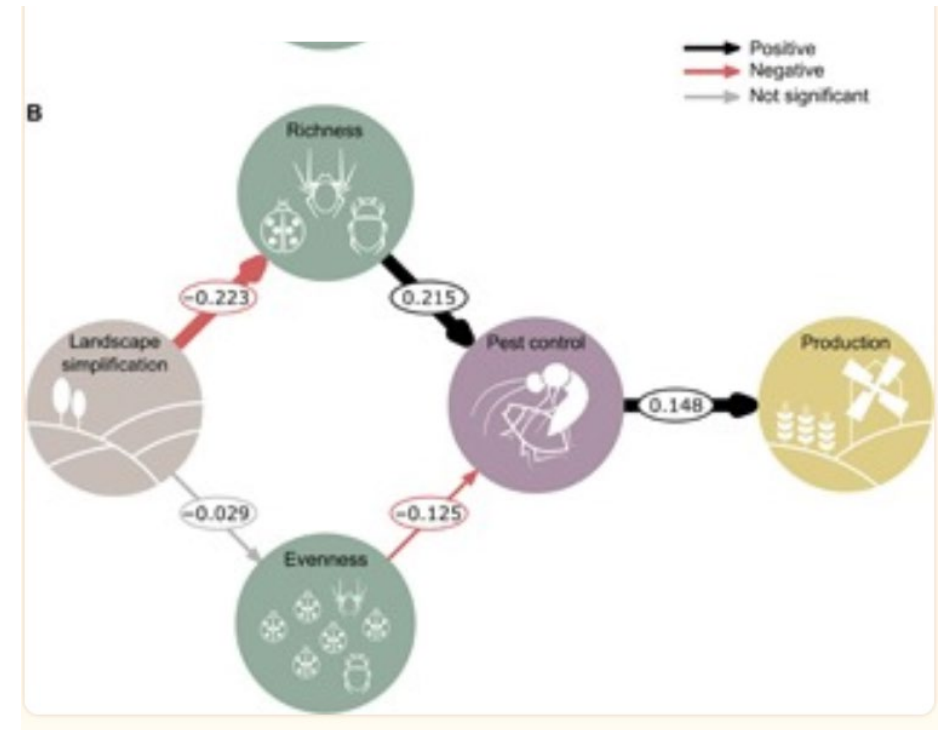


# Quelques résultats de méta-analyses : complexité du paysage

Chaplin-Kramer et al. 2011



Un effet positif sur les rendements :



n = 654 parcelles de 37 études, Dainese et al. 2019

Un pattern général : Veres et al. 2013, Karp et al. 2018, Martin et al. 2019



# Exemple issu du réseau INRAE SEBIOPAG



# Le réseau SEBIOPAG

- 5 régions
- 120 parcelles commerciales
- Cultures annuelles et pérennes
- Suivi annuel d'un potentiel de prédation, de biodiv., de pratiques et de paysage (< 2014)



20 champs cultures annuelles

Armorique



20 champs cultures annuelles

Plaine de Dijon



SAVE

40 vignes

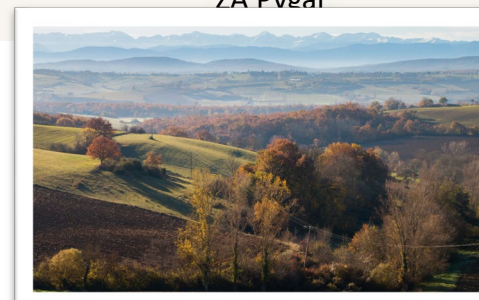
Site BACCHUS

Vergers basse Durance



20 vergers pommier

ZA Pvgar



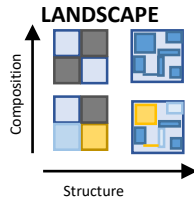
20 champs cultures annuelles



# SEBIOPAG: effet de la diversité du paysage sur la prédation de proies sentinelles



$$P(\text{prédation}) = \text{Variables locales} + \text{Variables du paysage} + \text{Interaction local * paysage} + \text{Type de culture} + \underbrace{PC1 + PC2 + PC3} +$$



ACP sur  
covariables  
météo

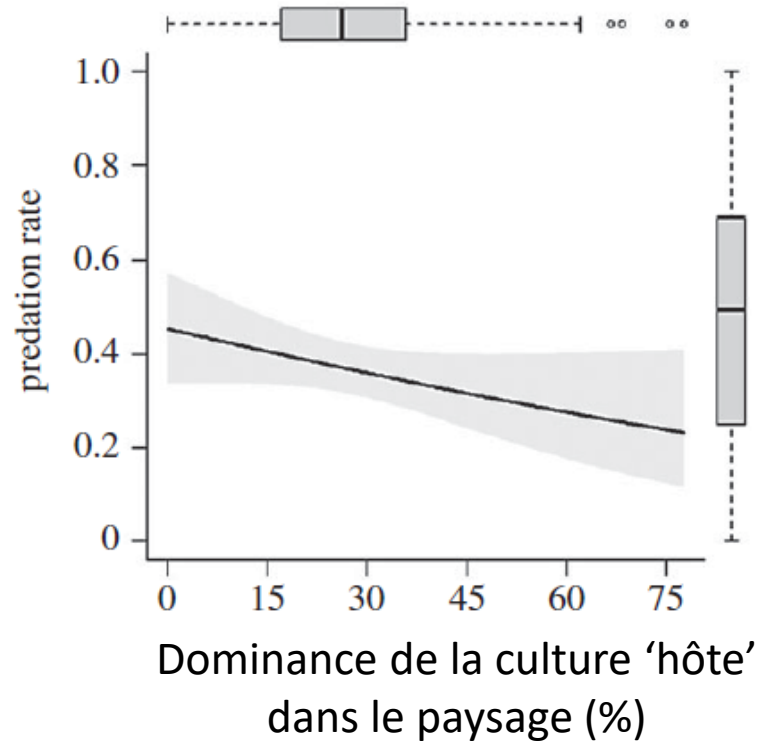
*Décrit les conditions  
/ session, site, année*

## > Modèle moyen

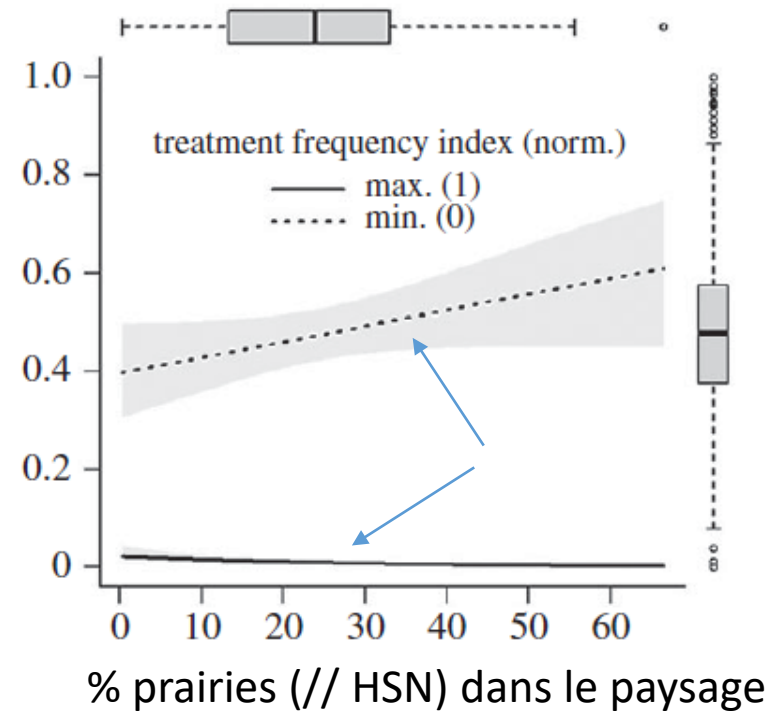
- Classement des modèles (AICc) selon variables paysagères
- Modèle moyen pondéré selon AICc

# SEBIOPAG: effet de la diversité du paysage sur la prédation de proies sentinelles

Taux de prédation des graines adventives



Taux de prédation des pucerons dans la culture



Des effets plutôt positifs de la diversité du paysage sur la prédation  
Des effets de la diversité paysagère difficiles à mesurer tant que des pesticides sont utilisés

Stabilité des régulations ?



# Conclusions

# La diversité agricole et les éléments semi-naturels sont des leviers pour réguler les bioagresseurs et préserver la biodiversité

**1- L'échelle paysagère: un front de recherche, une approche systémique**

**2- Influence du contexte actuel sur les effets observés (mesures dans des systèmes conventionnels) qui ne dit pas tout sur le fonctionnement auquel s'attendre dans un système cohérent agroécologique**

**→ Considérer explicitement le paysage des pratiques, les phénomènes adaptatifs associés et les synergies écologiques potentielles**

**3- Systèmes diversifiés:**

**-stabilité temporelle des régulations**

**-résilience de la biodiversité et des communautés d'ennemis naturels dans le contexte d'aléas climatiques (Duflot et al. 2022)**

**4- Des effets agronomiques et écologiques positifs et importants; des freins majeurs au niveau des filières**

**→ L'enjeu principal du déploiement de la transition agroécologique est sans doute politique**