

Présentation des conclusions de l'Expertise scientifique collective

19 octobre 2023

Protéger les cultures en augmentant la diversité végétale des espaces agricoles

Aude VIALATTE
(INRAE UMR DYNAFOR)

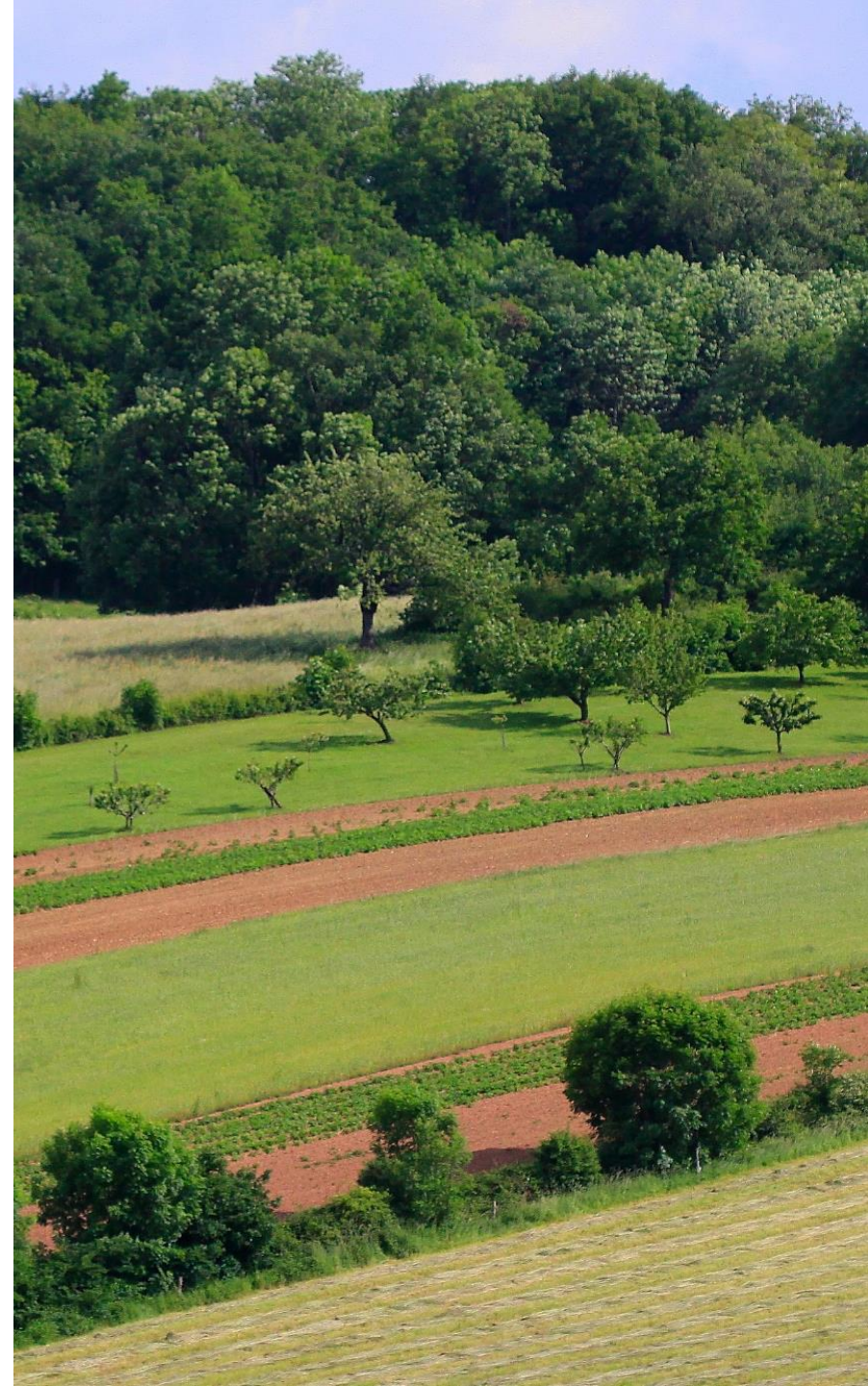
Copilotage de l'ESCO: Vincent Martinet (PSAE) et Anaïs Tibi (DEPE)



INRAE

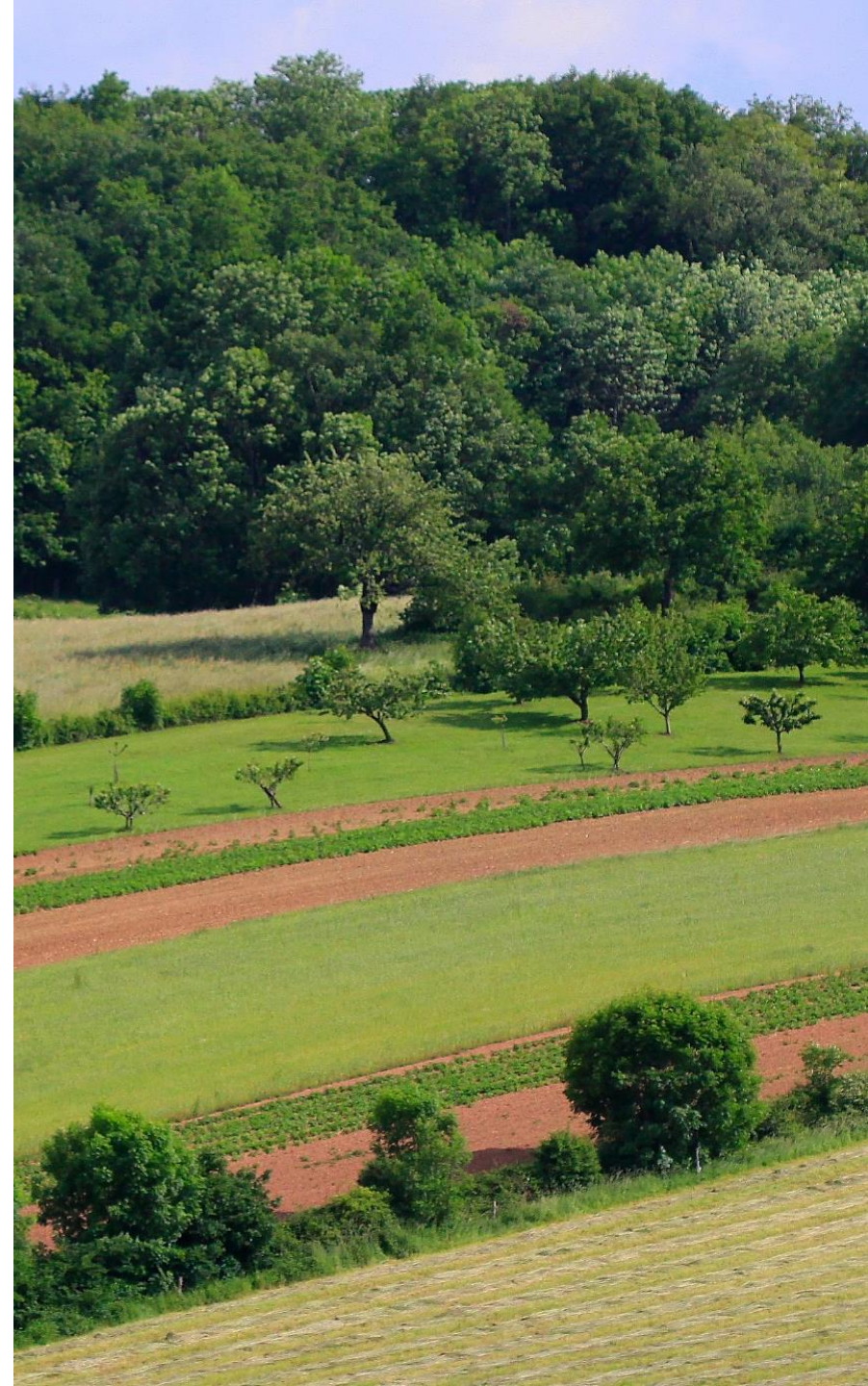


Direction de l'Expertise,
de la Prospective
et des Études



Plan de la présentation :

- **Contexte et cadrage de l'Expertise scientifique collective**
- **Les 6 enseignements de l'ESCo**
- **Jusqu'à quel point diversifier ? Quelques préconisations issues des études scientifiques**
- **Perspectives : La diversification face aux grands défis environnementaux**
- **Conclusions**





Contexte et cadrage de l'Expertise scientifique collective (ESCo)

Contexte de la demande

La recherche de **stratégies de protection des cultures alternatives** à l'usage des **pesticides de synthèse**

- **Systèmes agricoles dominants = hauts niveaux de production mais simplifiés**

Spécialisation des exploitations ⇒ perte de diversité végétale

⇒ impacts environnementaux et sanitaires



Contexte de la demande

La recherche de **stratégies de protection des cultures alternatives** à l'usage des **pesticides de synthèse**

- **Systèmes agricoles dominants = hauts niveaux de production** mais **simplifiés**

Spécialisation des exploitations ⇒ perte de diversité végétale

⇒ impacts environnementaux et sanitaires



©INRAE

- Une **demande sociétale** forte pour une agriculture plus respectueuse de l'environnement et de la santé



... mais une **transition des systèmes agricoles insuffisante** pour atteindre les cibles européennes et nationales



Objectifs de l'ESCo

La **diversification végétale** des parcelles et des paysages agricoles, « pilier de la transition agroécologique » promu par la FAO, le GIEC, l'IPBES, mais...

... une adoption toujours extrêmement limitée



Objectifs de l'ESCo

La **diversification végétale** des parcelles et des paysages agricoles, « pilier de la transition agroécologique » promu par la FAO, le GIEC, l'IPBES, mais...

... une adoption toujours extrêmement limitée

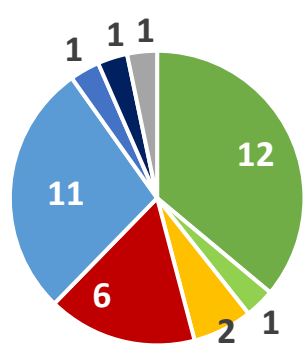
⇒ Un état des lieux des connaissances scientifiques publiées pour éclairer :

- Quels **bénéfices de la diversité végétale** des espaces agricoles **vis-à-vis de la protection des cultures** ?
- Quels **freins et leviers du développement** de stratégies de protection des cultures fondées sur la diversification végétale ?
- Quels **autres services écosystémiques rendus** par la diversité végétale à la **société** ?

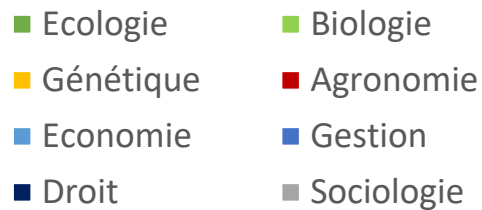


L'ESCo : principes et démarche

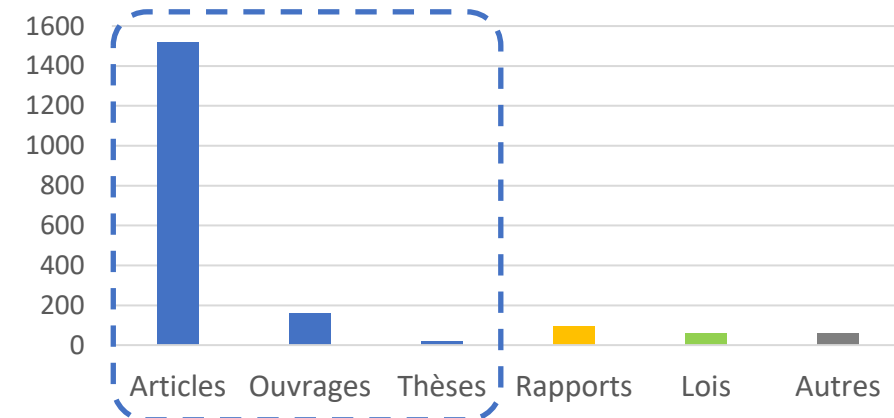
- Une **synthèse des connaissances scientifiques internationales pour éclairer l'action et le débat publics...**
 - Acquis, incertitudes, controverses, lacunes de connaissances \Rightarrow *besoins de recherche*
 - Pas d'avis ni de recommandation
- ... réalisée par un **comité pluridisciplinaire de 32 experts et 2 chargés de mission**
 - Pluralité, impartialité, transparence, traçabilité
 - \approx 2 000 références citées dont 10 % reviews



Expertises scientifiques



Références citées \approx 90 % litt. scientifique



- **Équipe projet** = coordination méthodologique et scientifique, appui documentaire, gestion logistique et financière

"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**



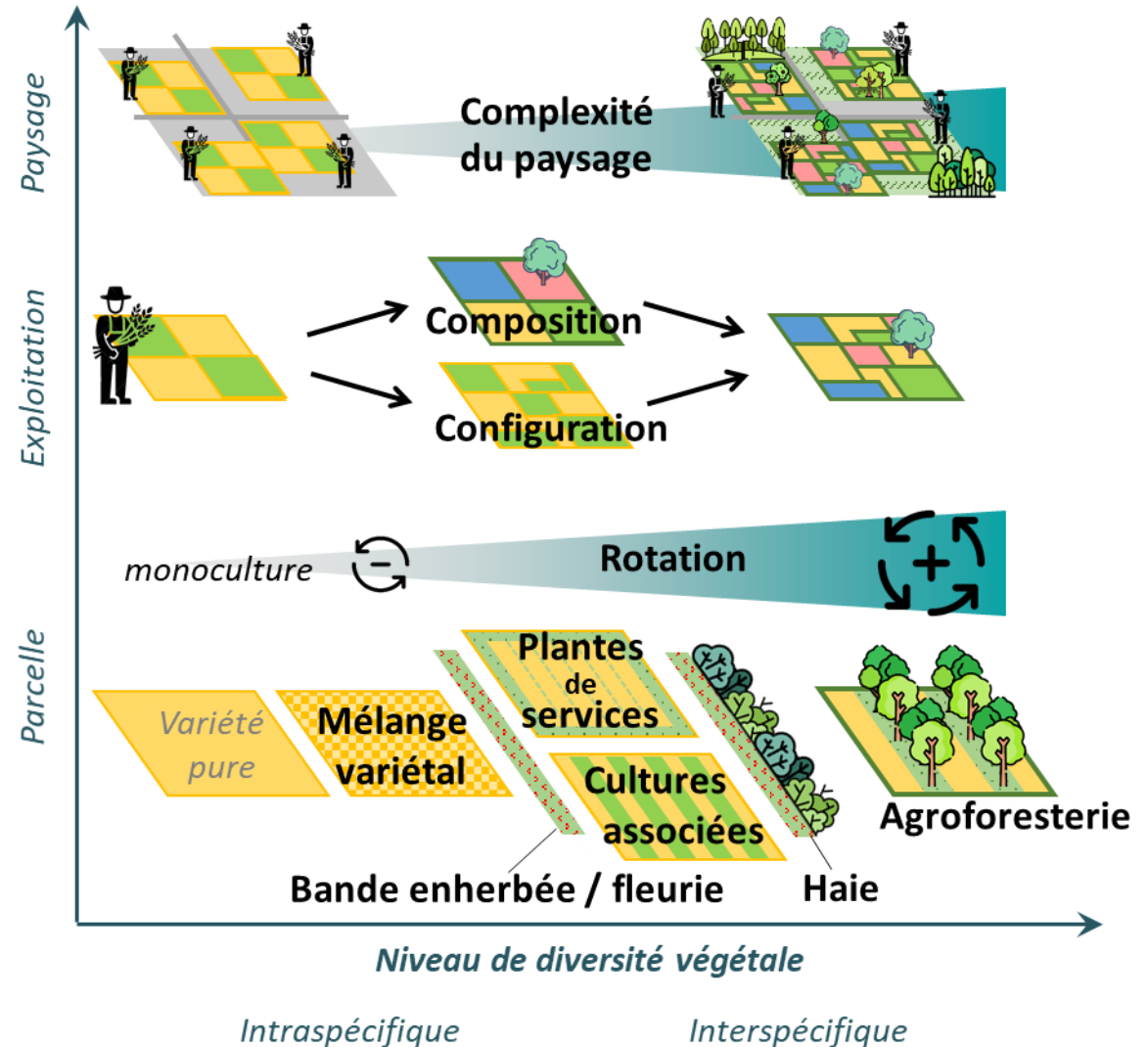
"Diversité végétale des espaces agricoles" ?



→ Large gamme de pratiques de diversification :

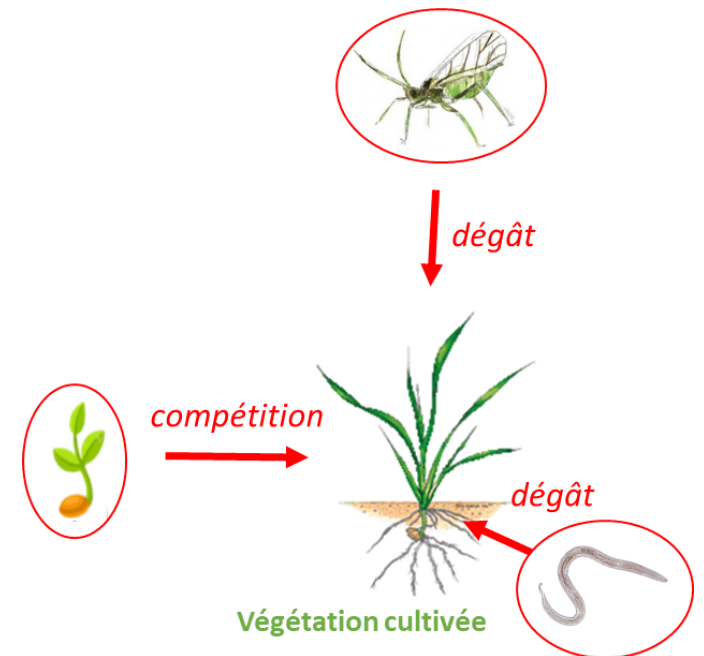
- mélanges variétaux, variétés hétérogènes (paysannes, traditionnelles)
- mélanges d'espèces : cultures de rente, intégration de cultures pérennes (agroforesterie), plantes de services
- éléments semi-naturels dans/en pourtour de parcelle (haies, bandes enherbées...), dans le paysage environnant (prairies permanentes, forêts...)
- Diversification des rotations ⇔ diversification de l'assolement de l'exploitation
- Réduire la taille des parcelles ⇔ augmenter la longueur d'interfaces
- Gestion collective coordonnée du paysage

Echelle spatiale



Objectif : favoriser la régulation naturelle des bioagresseurs

- **Bioagresseur = Microorganismes pathogènes** (champignons, virus, bactéries), **invertébrés de la micro-mésomacrofaune** (arthropodes, nématodes, mollusques), **plantes adventices et parasites** (NB = contribuent aussi à la diversité végétale) → **Dégâts (symptômes) sur les plantes cultivées**

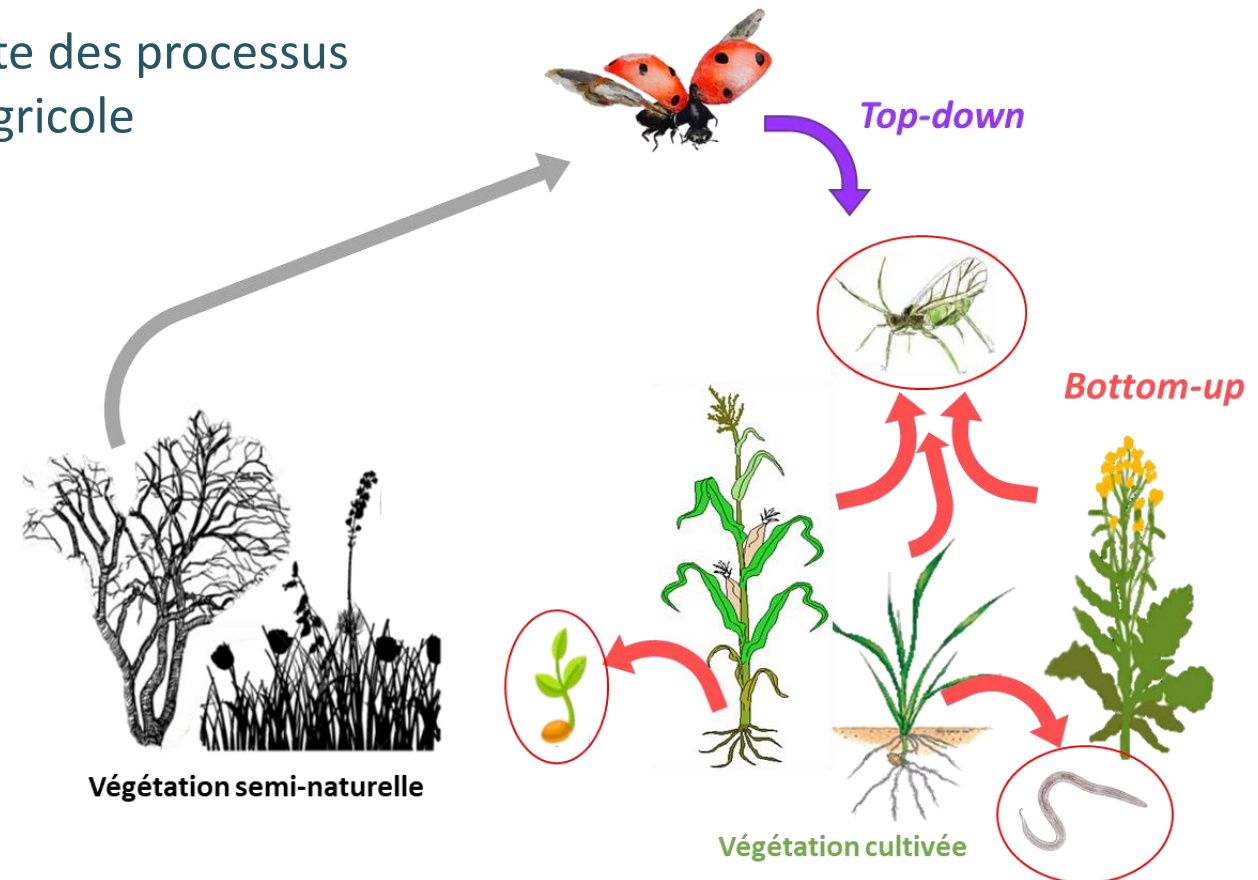


Objectif : favoriser la régulation naturelle des bioagresseurs

- **Bioagresseur** = **Microorganismes pathogènes** (champignons, virus, bactéries), **invertébrés de la micro-méso-macrofaune** (arthropodes, nématodes, mollusques), **plantes adventices et parasites** (NB = contribuent aussi à la diversité végétale) → **Dégâts (symptômes) sur les plantes cultivées**
- **Régulation naturelle des bioagresseurs** = résultante des processus naturellement à l'œuvre au sein de l'écosystème agricole

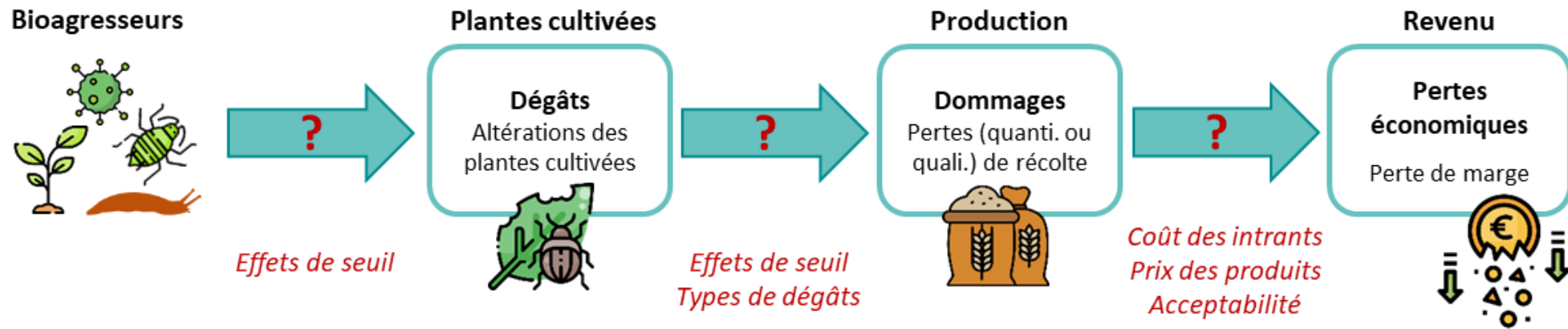
En principe, augmenter la diversité végétale :

- ⇒ **Dilue la plante-hôte** du bioagresseur dans un couvert ou un paysage de plantes non hôtes (« cache-cache »), crée un **environnement plus concurrentiel** (adventices)
- ⇒ Fournit davantage de **ressources et habitats pour les ennemis naturels des bioagresseurs**



Objectif : favoriser la régulation naturelle des bioagresseurs

- **Bioagresseur = Microorganismes pathogènes** (champignons, virus, bactéries), **invertébrés de la micro-méso-macrofaune** (arthropodes, nématodes, mollusques), **plantes adventices et parasites** (NB = contribuent aussi à la diversité végétale) → **Dégâts (symptômes) sur les plantes cultivées**
- **Régulation naturelle des bioagresseurs** = résultante des processus naturellement à l'œuvre au sein de l'écosystème agricole
- **En pratique, difficile de reconstituer la chaîne de causalité « bioagresseurs → pertes économiques »**



INRAE

Les 6 enseignements de l'ESCo

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

Synthèse des effets de la diversité végétale sur les bioagresseurs

- Effet de chaque modalité de diversification sur les populations de chaque catégorie de bioagresseurs









	Adventices	Insectes aériens	Insectes du sol	Maladies vectées	Pathogènes aériens	Pathogènes du sol	Nématodes	Autres bioagresseurs
PARCELLE	Mélanges variétaux							
	Cultures associées							
	Agroforesterie							
	↗ diversité rotations							
PAYSAGE	↘ part d'une culture / paysage							
	↗ diversité de l'assolement							
	↘ taille des parcelles							
	↗ distance entre cultures							
	↗ éléments semi-naturels							



Synthèse des effets de la diversité végétale sur les bioagresseurs

- Effet de chaque modalité de diversification sur les populations de chaque catégorie de bioagresseurs

		Adventices	Insectes aériens	Insectes du sol	Maladies vectées	Pathogènes aériens	Pathogènes du sol	Nématodes	Autres bioagresseurs
PARCELLE	Mélanges variétaux								
	Cultures associées								
	Agroforesterie								
	↗ diversité rotations								
PAYSAGE	↘ part d'une culture / paysage								
	↗ diversité de l'assolement								
	↘ taille des parcelles								
	↗ distance entre cultures								
	↗ éléments semi-naturels								

			
Noctuelle	Rouille et pucerons	Tavelure	Orobanche
			
Liseron	Altise	Jaunisse	Mildiou












Synthèse des effets de la diversité végétale sur les bioagresseurs

- Effet de chaque **modalité de diversification** sur les populations de chaque **catégorie de bioagresseurs**

- Env. 900 articles synthétisés








Case = type et niveau de **consensus** de la littérature

-  Régulation (↓ bioag.)
-  Aggravation (↑ bioag.)
-  Pas de consensus (↓↑)
-  Effets théoriques mais non observés/démontrés
-  Lacunes de connaissance

	Adventices	Insectes aériens	Insectes du sol	Maladies vectées	Pathogènes aériens	Pathogènes du sol	Nématodes	Autres bioagresseurs
PARCELLE	Mélanges variétaux	+	?	?	?	?	?	?
	Cultures associées	?	?	?	?	?	?	?
	Agroforesterie	?	?	?	?	?	?	
	↗ diversité rotations	?	?	?	?	?	?	?
PAYSAGE	↘ part d'une culture / paysage	?	?	+	?	?	?	
	↗ diversité de l'assolement	?	?	+	?	?	?	
	↘ taille des parcelles	?	?	+	+	+	+	?
	↗ distance entre cultures	+	+	+	+	+	+	?
	↗ éléments semi-naturels	+	?	?	?	?	?	 +

Grandes tendances issues des études scientifiques








- Des effets positifs de la diversité végétale (régulation) décrits pour chaque catégorie de bioagresseurs (*effet positif ≠ effet fort*)

	Adventices	Insectes aériens	Insectes du sol	Maladies vectées	Pathogènes aériens	Pathogènes du sol	Nématodes	Autres bioagresseurs		
Mélanges variétaux	+		?				?	?		
Cultures associées				?			?	?		
Agroforesterie			?	?		?				
↗ diversité rotations				?				?		
↘ part d'une culture / paysage	?		?	+		?	?			
↗ diversité de l'assolement			?	+		?	?			
↘ taille des parcelles			?	+/-			+/-	?		
↗ distance entre cultures	+/-		+	+			+	?		
↗ éléments semi-naturels	+		?				?		+	



Grandes tendances issues des études scientifiques








- 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

	Adventices	Insectes aériens	Insectes du sol	Maladies vectées	Pathogènes aériens	Pathogènes du sol	Nématodes	Autres bioagresseurs		
Mélanges variétaux	+		?				?	?		
Cultures associées				?			?	?		
Agroforesterie			?	?		?				
↗ diversité rotations				?				?		
↘ part d'une culture / paysage	?		?	+		?	?			
↗ diversité de l'assolement			?	+		?	?			
↘ taille des parcelles			?	+/-			+/-	?		
↗ distance entre cultures	+/-		+	+			+	?		
↗ éléments semi-naturels	+		?				?		+	



Grandes tendances issues des études scientifiques








- **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)

	Adventices	Insectes aériens	Insectes du sol	Maladies vectées	Pathogènes aériens	Pathogènes du sol	Nématodes	Autres bioagresseurs		
Mélanges variétaux	+		?				?	?		
Cultures associées				?			?	?		
Agroforesterie			?	?		?				
↗ diversité rotations				?				?		
↘ part d'une culture / paysage	?		?	+		?	?			
↗ diversité de l'assolement			?	+		?	?			
↘ taille des parcelles			?	+/-			+/-	?		
↗ distance entre cultures	+/-		+	+			+	?		
↗ éléments semi-naturels	+		?				?		+	



Grandes tendances issues des études scientifiques

- **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 +)

	Adventices	Insectes aériens	Insectes du sol	Maladies vectées	Pathogènes aériens	Pathogènes du sol	Nématodes	Autres bioagresseurs		
Mélanges variétaux	+		?				?	?		
Cultures associées				?			?	?		
Agroforesterie			?	?		?				
↗ diversité rotations				?				?		
↘ part d'une culture / paysage	?		?	+		?	?			
↗ diversité de l'assolement			?	+		?	?			
↘ taille des parcelles			?	+/-			+/-	?		
↗ distance entre cultures	+/-		+	+			+	?		
↗ éléments semi-naturels	+		?				?		+	



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

mais

**dépendance au contexte forte :
pas de préconisation générique possible contrairement aux pesticides**

Une analyse experte de chaque situation doit être menée pour adapter avec succès les options de diversification

= frein à l'adoption

→ *formations des agriculteurs et conseillers*



Lacunes de connaissances

1. Cibler les **parents pauvres des travaux de recherche** :

- certains **bioagresseurs** (organismes du sol, maladies vectées, acariens et plantes parasites)
- certaines **modalités de diversification** (paysagères)

X

certaines **cultures**
(maraîchères, espèces de niche)

	Adventices	Insectes aériens	Insectes du sol	Maladies vectorielles	Pathogènes aériens	Pathogènes du sol	Nématodes	Autres bioagresseurs*
Mélanges variétaux	positif		?				?	?
Cultures associées				?			?	?
Agroforesterie			?	?		?		
? diversité rotations				?				?
? part d'une culture / paysage	?		?	positif		?	?	
? diversité de l'assolement			?	positif		?	?	
? taille des parcelles			?		ambigu		ambigu	?
? distance entre cultures	ambigu		positif		positif		positif	?
? éléments semi-naturels	positif		?				?	positif



ephytia

Lacunes de connaissances

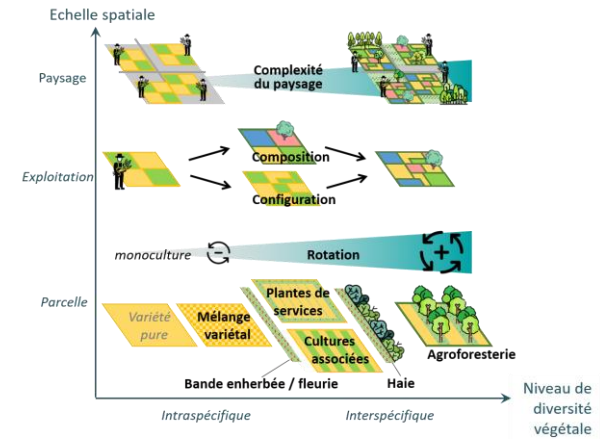
1. Cibler les **parents pauvres des travaux de recherche** :

- certains **bioagresseurs** (organismes du sol, maladies vectées, acariens et plantes parasites) X certaines **cultures** (maraîchères, espèces de niche)
- certains **modalités de diversification** (paysagères)

2. Evaluer les effets de **modalités de diversification en combinaison** pour réguler de **multiples bioagresseurs** :

Synthèse ne permet pas d'inférer des effets "multi-modalités" / "multi-pestes"

⇒ besoins d'analyser les mécanismes sous-jacents



Lacunes de connaissances

1. Cibler les **parents pauvres des travaux de recherche** :

- certains **bioagresseurs** (organismes du sol, maladies vectées, acariens et plantes parasites) X certaines **cultures** (maraîchères, espèces de niche)
- certains **modalités de diversification** (paysagères)

2. Evaluer les effets de **modalités de diversification en combinaison** pour réguler de **multiples bioagresseurs** :



Synthèse ne permet pas d'inférer des effets "multi-modalités" / "multi-pestes "

⇒ besoins d'analyser les mécanismes sous-jacents

3. Evaluer l'**influence des conditions d'étude** sur les effets observés

Majorité des évaluations réalisées dans des **systèmes de culture conventionnels** (variétés "conventionnelles", recours aux pesticides)



©INRAE



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

Deux méta-synthèses analysent les corrélations entre diversité végétale, biodiversité associée et services écosystémiques

Beillouin *et al.* 2021, Tamburini *et al.* 2020 = méta-analyses de méta-analyses

≈ 5000 études primaires chacune

Received: 15 March 2021 | Revised: 26 May 2021 | Accepted: 26 May 2021
DOI: 10.1111/gcb.15747

PRIMARY RESEARCH ARTICLE

Global Change Biology WILEY

Positive but variable effects of crop diversification on biodiversity and ecosystem services

Damien Beillouin^{1,2} | Tamara Ben-Ari^{3,4} | Eric Malézieux^{1,2} | Verena Seufert⁵ | David Makowski⁶

SCIENCE ADVANCES | RESEARCH ARTICLE

ECOLOGY

Agricultural diversification promotes multiple ecosystem services without compromising yield

Giovanni Tamburini^{1,2*}, Riccardo Bommarco¹, Thomas Cherico Wanger^{1,3†}, Claire Kremen^{4,5}, Marcel G. A. van der Heijden^{6,7}, Matt Liebman⁸, Sara Hallin⁹



Grandes tendances issues des études scientifiques



Liens significatifs +
liens significatifs –
Liens non significatifs

⇒ Lorsqu'étudiés, les liens entre modalités de diversification et biodiv/services sont largement **positifs**

Modalité de diversification	Biodiv. associée	Pollinisation	Qualité du sol	Qualité de l'eau	Régul. de l'eau	GES	Stockage de C
Mélange de variétés		?		?	?	?	
Agroforesterie (tous types)		?				?	
<i>Dont cultures en allées</i>		?		?	?	?	?
<i>Dont cultures pérennes sous ombrage</i>		?	?	?	?	?	?
<i>Dont haies</i>	?	?		?	?	?	?
<i>Dont prairies-parcs</i>		?		?	?	?	?
Culture de couverture		?	?				
Cultures associées et plantes de services		?			?	?	
Rotation		?		?			
Végétation non-cultivée				?		?	?



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



Des bénéfices variables selon les modalités de diversification

⇒ Des modalités de diversification plus ou moins intéressantes vis-à-vis de la biodiversité associée et de la fourniture de services écosystémiques (tailles d'effet)



Lien neutre

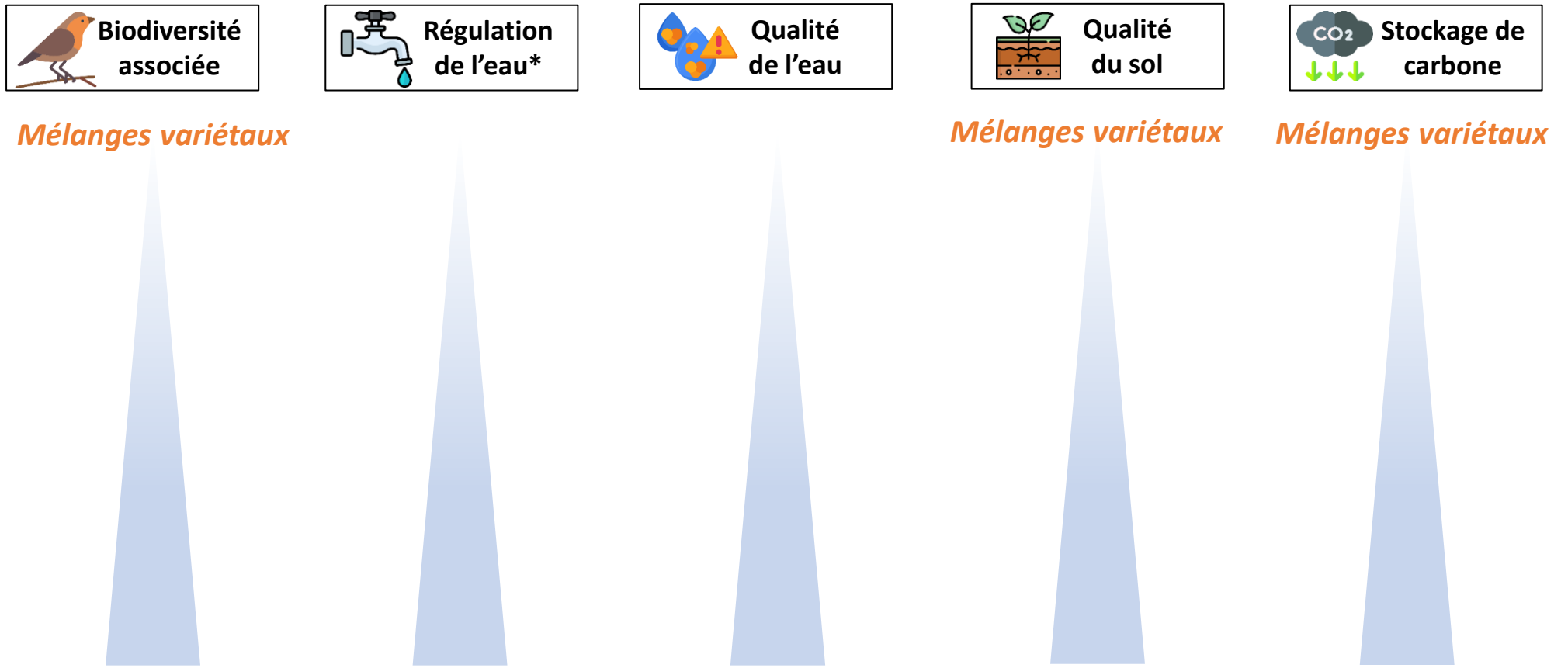
Lien positif faible

Lien positif maximal

Lien non quantifié

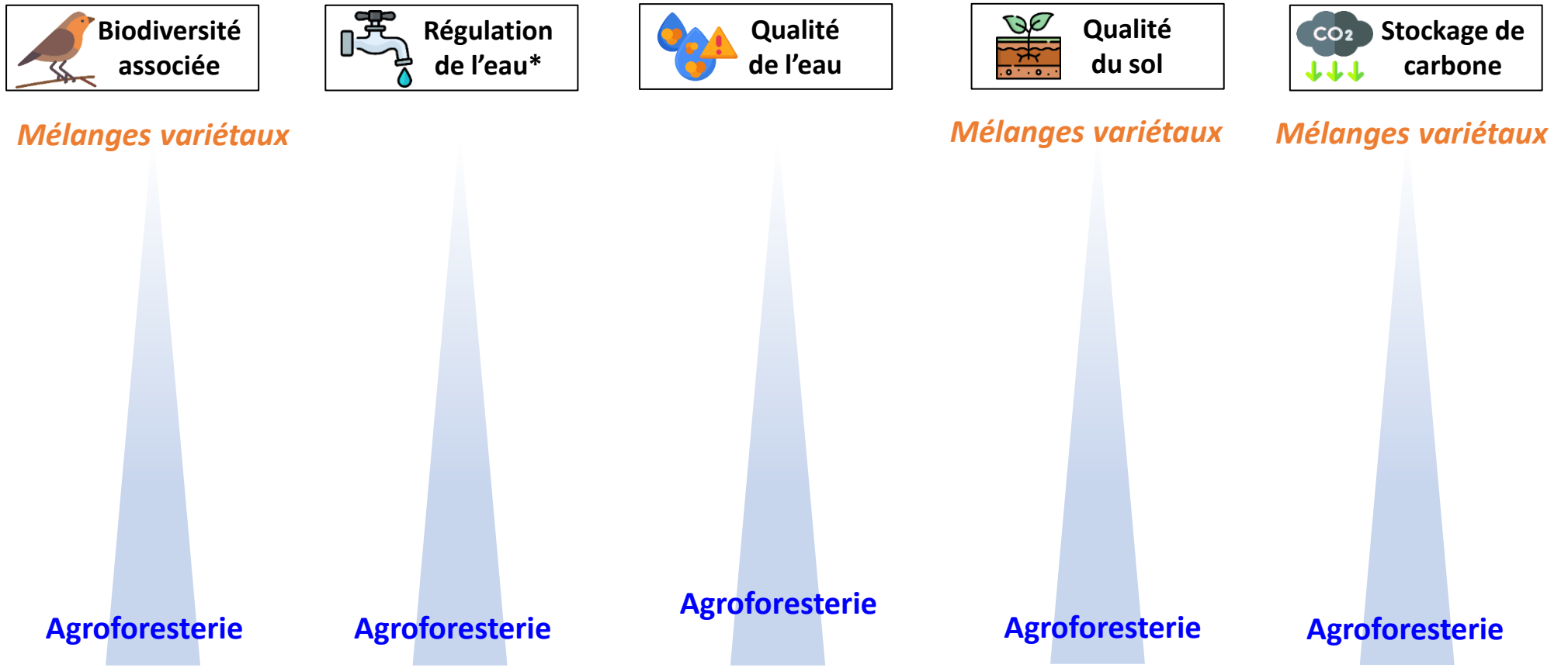
Des bénéfices variables selon les modalités de diversification

⇒ Des modalités de diversification plus ou moins intéressantes vis-à-vis de la biodiversité associée et de la fourniture de services écosystémiques (tailles d'effet)



Des bénéfices variables selon les modalités de diversification

⇒ Des modalités de diversification plus ou moins intéressantes vis-à-vis de la biodiversité associée et de la fourniture de services écosystémiques (tailles d'effet)



Lien neutre

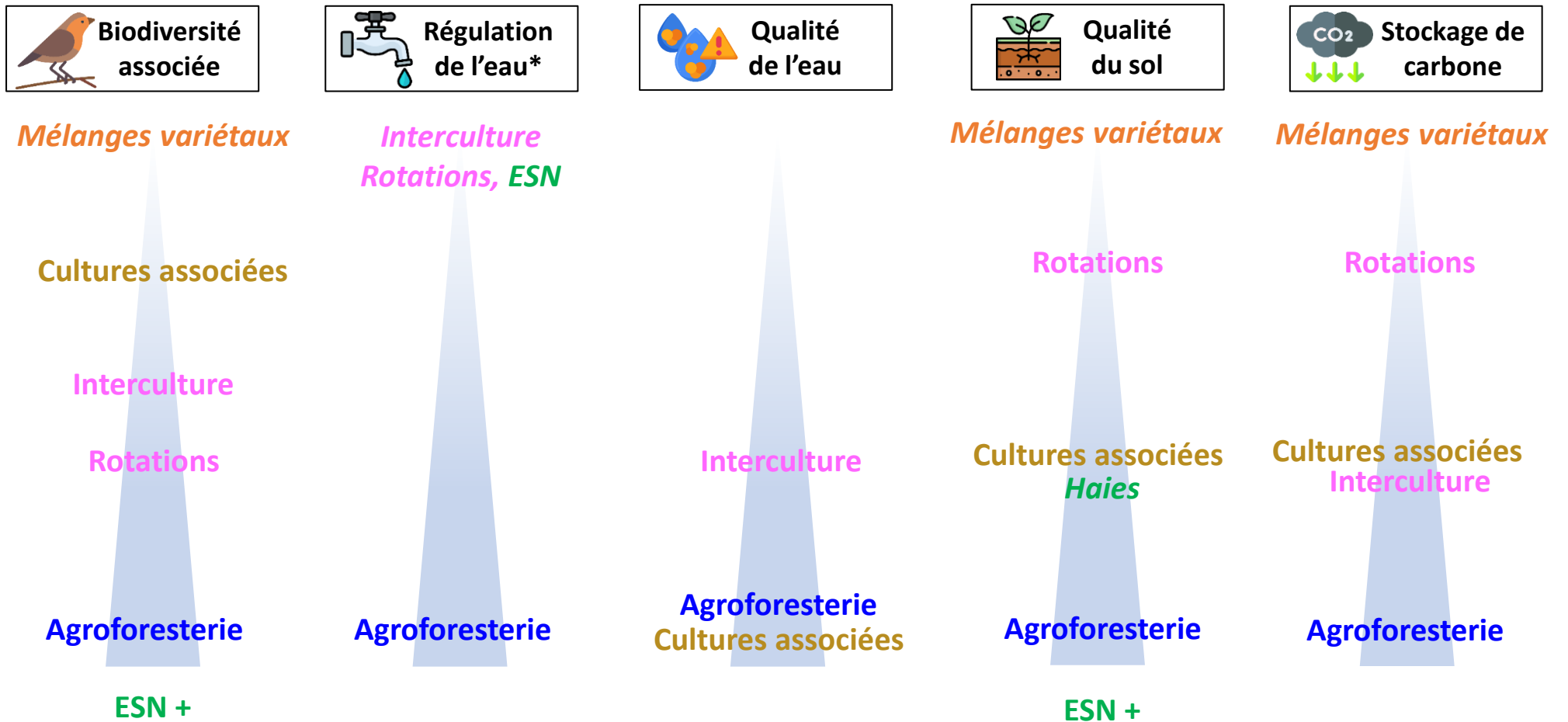
Lien positif faible

Lien positif maximal

Lien non quantifié

Des bénéfices variables selon les modalités de diversification

⇒ Des modalités de diversification plus ou moins intéressantes vis-à-vis de la biodiversité associée et de la fourniture de services écosystémiques (tailles d'effet)



Lien non quantifié

3. Les systèmes diversifiés présentent des rendements souvent supérieurs aux systèmes peu diversifiés

Lien positif entre diversification végétale et rendement

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

A noter : 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.



Lien positif entre diversification végétale et rendement

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

- 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)



Lien positif entre diversification végétale et rendement

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

- 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) mais les stabilisent

Des niveaux de rendement positifs et pourtant majoritairement obtenus dans des conditions sous-optimales (variétés non adaptées à la diversification, historique de la parcelle et du paysage avec emploi de pesticides...)

4. La diversification végétale a des effets contrastés sur la rentabilité économique de l'exploitation à court terme

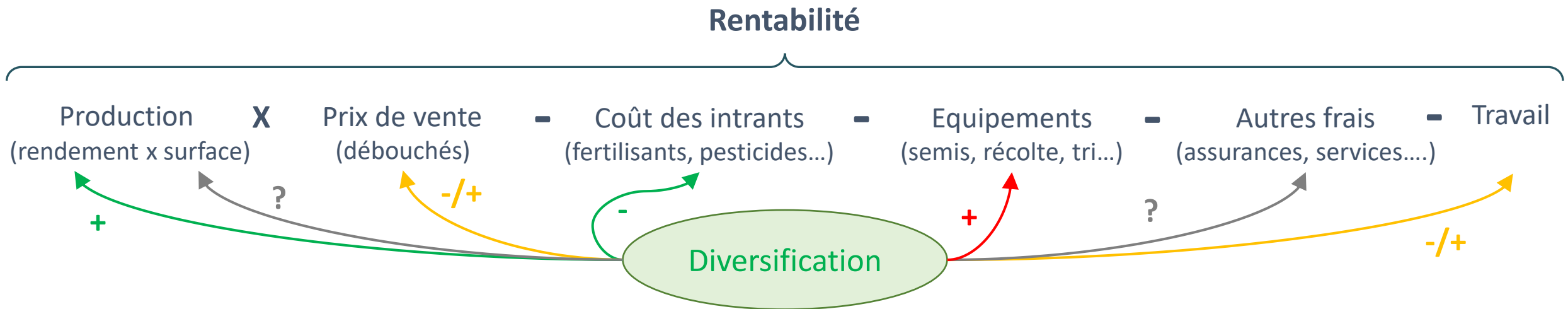
Les effets sur la rentabilité dépendent du contexte

Rentabilité

$$\text{Production (rendement x surface)} \times \text{Prix de vente (débouchés)} - \text{Coût des intrants (fertilisants, pesticides...)} - \text{Equipements (semis, récolte, tri...)} - \text{Autres frais (assurances, services....)} - \text{Travail}$$

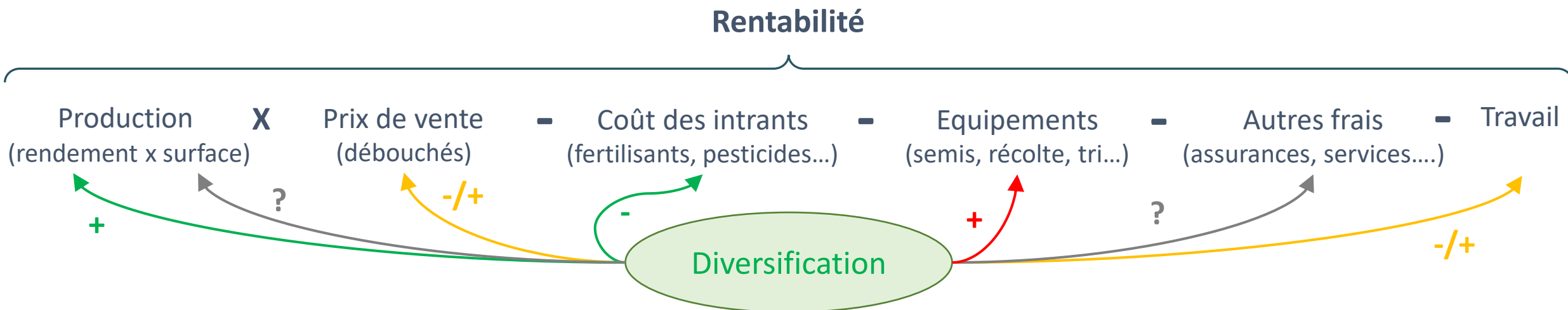


Les effets sur la rentabilité dépendent du contexte



- Difficulté à anticiper la rentabilité des systèmes diversifiés
 - **Effets complexes et multiples** de la diversification
 - **Estimations ponctuelles** de rentabilité dans des contextes particuliers \Rightarrow **Pas de généralisation**

Les effets sur la rentabilité dépendent du contexte



- Difficulté à anticiper la rentabilité des systèmes diversifiés
 - Effets complexes et multiples de la diversification
 - Estimations ponctuelles de rentabilité dans des contextes particuliers \Rightarrow Pas de généralisation
- Quelques tendances pour la diversification intra-parcellaire et les rotations, surtout en grande cultures
 - Associations de cultures de rente (+) ; Mélanges variétaux (\sim , stabilisateur) ; Semences paysannes (- en général, + sur niches) ; Plantes de services (-) ; Rotations diversifiées (? , stabilisateur)
- Rares études sur autres systèmes : Arboriculture (\sim /+) ; Maraichage (+ en circuit court)

Quelques facteurs favorisant la rentabilité



• La diversification est plus performante économiquement...

• En contexte de forte pression de bioagresseurs



- Ex: mélanges des variétés de blé, assolements de grandes cultures et jachères, enherbement inter-rang

• Dans les systèmes à bas niveaux d'intrants, notamment en **Agriculture Biologique**



- Ex: semences paysannes (blé), mélanges de cultures de rente (céréales et légumineuses ; maraichage), ...

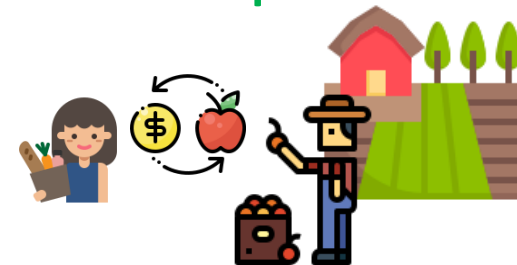
• Dans des contextes économiques de **prix de la production bas** ou de **coûts des intrants élevés**

- Ex: longueurs des rotations et insertion de légumineuses, mélanges de cultures de rente (blé dur et pois)



• Lorsqu'il est possible de valoriser la production et ses caractéristiques dans des **niches économiques**

- Ex: mélanges de variété ou semences paysannes (blé) ; mélange de cultures de rentes en maraichage



Mieux évaluer la rentabilité des systèmes diversifiés

- Manque de données en situations réelles et expérimentales
- Limites méthodologiques aux études de rentabilité



- Prise en compte des effets de la diversification à long terme :

Délai d'apparition des bénéfices de régulation (surtout pour les ESN) et **effets interannuels** (cultures suivantes dans les rotations ; stabilité des rendements)



- Prise en compte de la multiplicité des effets :

- **Au-delà de la régulation des bioagresseurs** : effets écologiques systémiques (fertilité des sols, pollinisation...) et sur l'organisation de l'exploitation et son insertion dans les filières
- **Au-delà de l'exploitation** : Bénéfices pas seulement privés (exploitation) mais aussi collectifs (autres agriculteurs) et sociaux



Mieux évaluer la rentabilité des systèmes diversifiés

- **Manque de données en situations réelles et expérimentales**

- **Limites méthodologiques aux études de rentabilité**



- Prise en compte des effets de la diversification à long terme :

Délai d'apparition des bénéfices de régulation (surtout pour les ESN) et **effets interannuels** (cultures suivantes dans les rotations ; stabilité des rendements)



- Prise en compte de la multiplicité des effets :

- **Au-delà de la régulation des bioagresseurs** : effets écologiques systémiques (fertilité des sols, pollinisation...) et sur l'organisation de l'exploitation (t de travail...) et son insertion dans les filières
- **Au-delà de l'exploitation** : Bénéfices pas seulement privés (exploitation) mais aussi collectifs (autres agriculteurs) et sociaux

⇒ **Besoin d'évaluations pluriannuelles** (vs rentabilité d'1 culture / 1 année), intégrant les **bénéfices collectifs** (autres agriculteurs) et les **services rendus à la société** (intégration de multiples échelles socioéconomiques : exploitation, paysage, société)

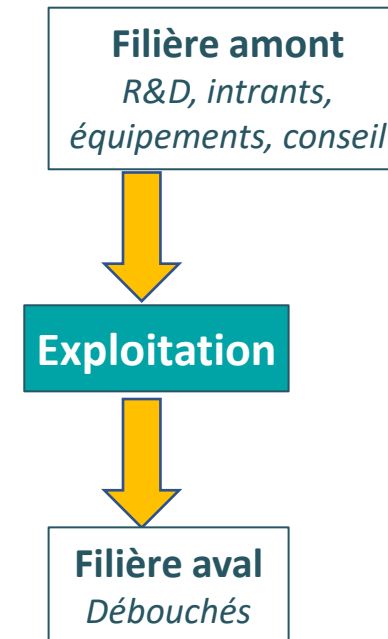


**5. Pour favoriser la diversification végétale,
des verrous sont à lever au sein des filières
agricoles et dans les territoires**

Des verrous hérités de l'historique de spécialisation des filières agricoles

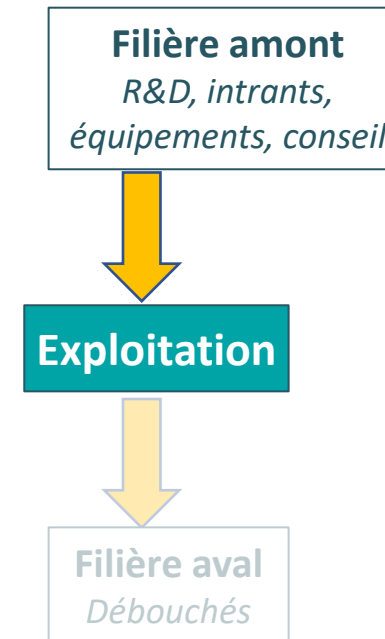
- Coévolution des différents niveaux d'organisation
 - Mécanismes d'auto-renforcement
 - Economies d'échelles
- ⇒ Verrouillage systémique

Certains verrous sont critiques pour la diversification



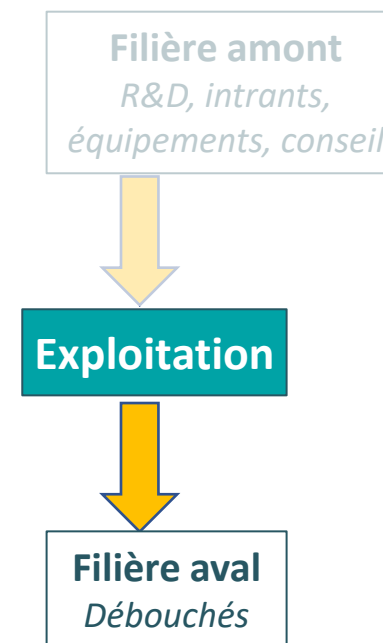
Des verrous hérités de l'historique de spécialisation des filières agricoles

- **En amont de l'exploitation agricole :** (cohérence avec l'étude INRA *Freins et leviers à la diversification des cultures*, 2013)
 - **Difficulté d'approvisionnement en semences et plants performants dans des systèmes diversifiés** (variétés sélectionnées sur des critères différents de ceux recherchés pour la diversification ; défaut de sélection sur les espèces mineures)
→ Effort de sélection ; Echange de semences entre agriculteurs
 - **Coût d'accès aux agroéquipements** nécessaires à certaines pratiques (conduite de mélanges d'espèces, cultures de niche...)
→ Auto-construction ; partage (CUMA) ; sous-traitance
 - **Déficit de connaissances** sur conduite et débouchés des cultures diversifiées
→ R&D sur les pratiques de diversification ; expérimentation à la ferme et partage d'expérience ; Outils d'Aide à la Décision



Des verrous hérités de l'historique de spécialisation des filières agricoles

- **En amont de l'exploitation agricole :** (cohérence avec l'étude INRA *Freins et leviers à la diversification des cultures*, 2013)
 - **Difficulté d'approvisionnement en semences et plants performants dans des systèmes diversifiés** (variétés sélectionnées sur des critères différents de ceux recherchés pour la diversification ; défaut de sélection sur les espèces mineures)
→ Effort de sélection ; Echange de semences entre agriculteurs
 - **Coût d'accès aux agroéquipements** nécessaires à certaines pratiques (conduite de mélanges d'espèces, cultures de niche...)
→ Auto-construction ; partage (CUMA) ; sous-traitance
 - **Déficit de connaissances** sur conduite et débouchés des cultures diversifiées
→ R&D sur les pratiques de diversification ; expérimentation à la ferme et partage d'expérience ; Outils d'Aide à la Décision
- **En aval de l'exploitation agricole :**
 - **manque de débouchés : demande insuffisante** (cultures de niche), **standards de production contraignants** (ex : blé et meunerie ; fruits et légumes et grande distribution)
→ Circuits de mise sur le marché alternatifs ; Certification / valorisation des qualités particulières



Des verrous hérités de l'historique de spécialisation des filières agricoles

- **En amont de l'exploitation agricole :** (cohérence avec l'étude INRA *Freins et leviers à la diversification des cultures*, 2013)
 - **Difficulté d'approvisionnement en semences et plants performants dans des systèmes diversifiés** (variétés sélectionnées sur des critères différents de ceux recherchés pour la diversification ; défaut de sélection sur les espèces mineures)
→ Effort de sélection ; Echange de semences entre agriculteurs
 - **Coût d'accès aux agroéquipements** nécessaires à certaines pratiques (conduite de mélanges d'espèces, cultures de niche...)
→ Auto-construction ; partage (CUMA) ; sous-traitance
 - **Déficit de connaissances** sur conduite et débouchés des cultures diversifiées
→ R&D sur les pratiques de diversification ; expérimentation à la ferme et partage d'expérience ; Outils d'Aide à la Décision
- **En aval de l'exploitation agricole :**
 - **manque de débouchés** : demande insuffisante (cultures de niche), standards de production contraignants (ex : blé et meunerie ; fruits et légumes et grande distribution)
→ Circuits de mise sur le marché alternatifs ; Certification / valorisation des qualités particulières

→ Littérature insuffisante pour hiérarchiser les verrous

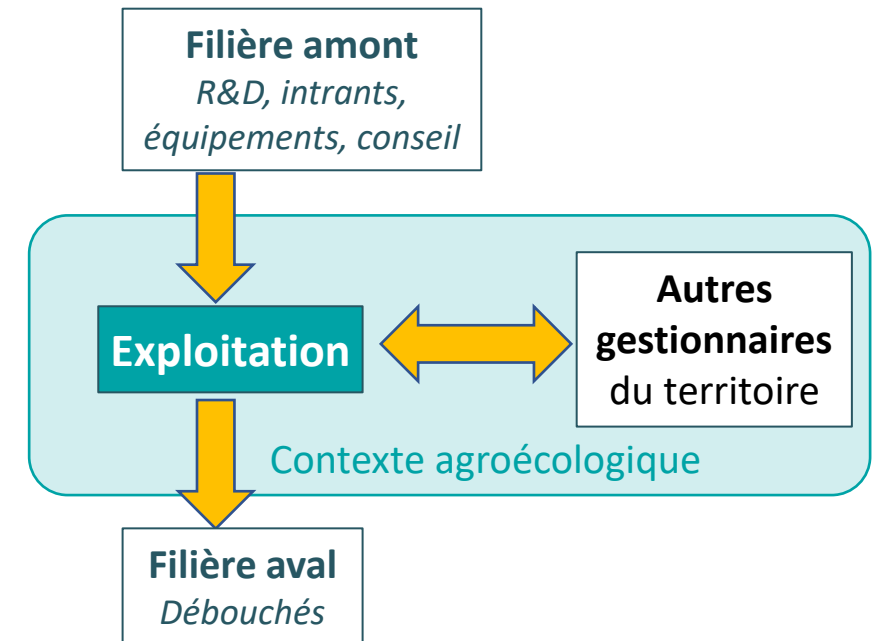
→ Etude du comportement des consommateurs et de la répartition de la valeur et du risque au sein des filières



Déployer la diversification paysagère nécessite une coordination territoriale

Certaines modalités de diversification ne peuvent être mises en œuvre sans coordination territoriale

- Insertion d'une trame d'éléments semi-naturels dans le paysage (implique une diversité d'acteurs)
- Conception d'assolements diversifiés (implique de coordonner les décisions d'assolement et de rotations)



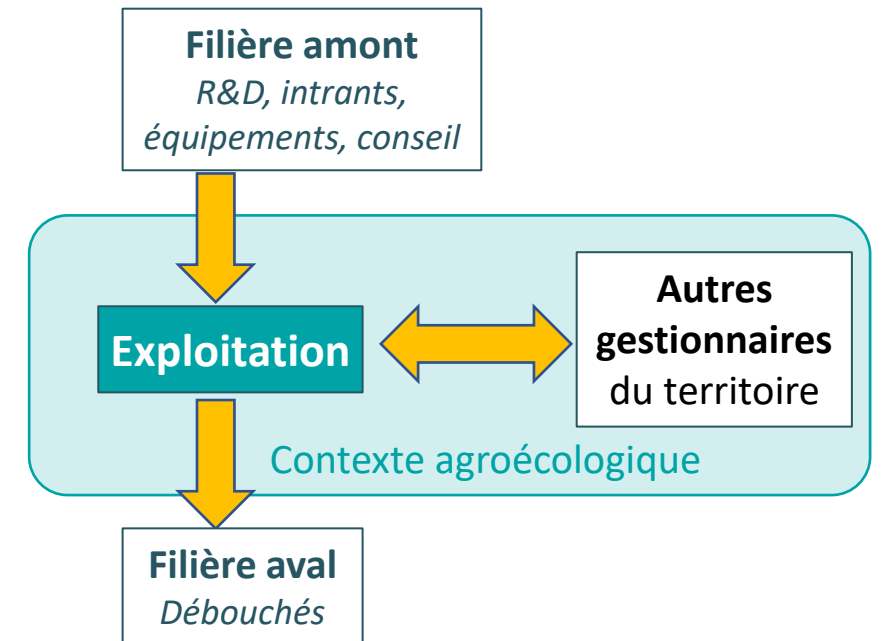
Déployer la diversification paysagère nécessite une coordination territoriale

Certaines modalités de diversification ne peuvent être mises en œuvre sans coordination territoriale

- Insertion d'une trame d'éléments semi-naturels dans le paysage (implique une diversité d'acteurs)
- Conception d'assolements diversifiés (implique de coordonner les décisions d'assolement et de rotations)

• Verrous organisationnels : Difficulté de coordination des acteurs

- Question du partage des coûts d'implémentation et des bénéfices collectifs
→ Ex. Certification territoriale des débouchés
- Besoin d'accompagnement pour définir des objectifs communs et les mettre en œuvre
→ Ex. Recherche-action et transdisciplinarité



Déployer la diversification paysagère nécessite une coordination territoriale

Certaines modalités de diversification ne peuvent être mises en œuvre sans coordination territoriale

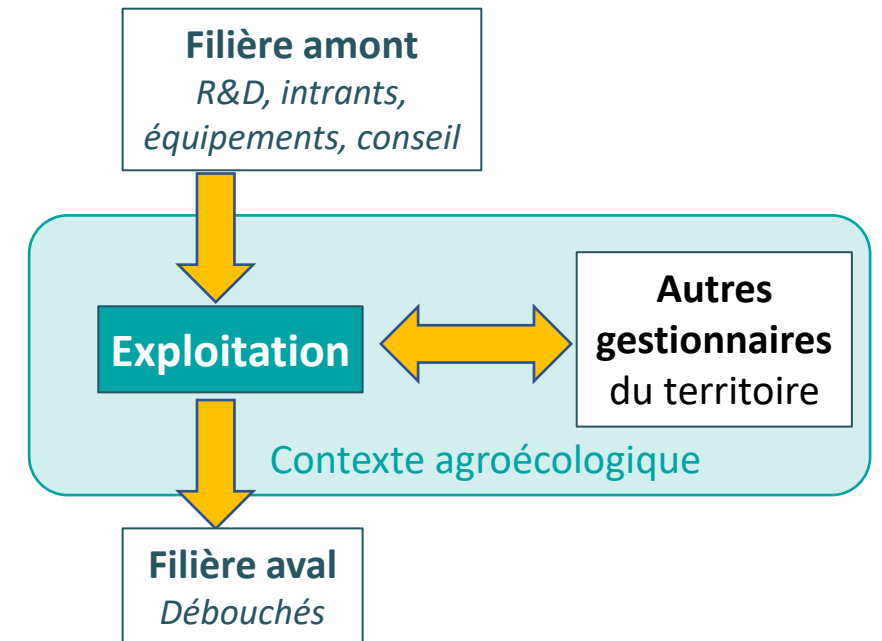
- Insertion d'une trame d'éléments semi-naturels dans le paysage (implique une diversité d'acteurs)
- Conception d'assolements diversifiés (implique de coordonner les décisions d'assolement et de rotations)

• Verrous organisationnels : Difficulté de coordination des acteurs

- Question du partage des coûts d'implémentation et des bénéfices collectifs
→ Ex. Certification territoriale des débouchés
- Besoin d'accompagnement pour définir des objectifs communs et les mettre en œuvre
→ Ex. Recherche-action et transdisciplinarité

• Verrous réglementaires

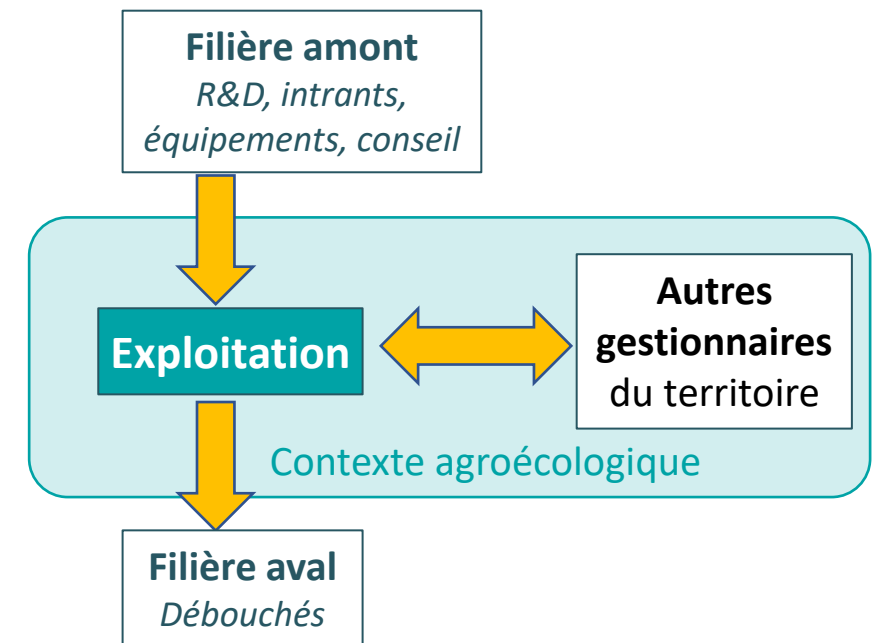
- Chaque type d'acteur fait face à des **contraintes juridiques** spécifiques (droit foncier rural, statut du fermage)



Déployer la diversification paysagère nécessite une coordination territoriale

Certaines modalités de diversification ne peuvent être mises en œuvre sans coordination territoriale

- Insertion d'une trame d'éléments semi-naturels dans le paysage (implique une diversité d'acteurs)
 - Conception d'assolements diversifiés (implique de coordonner les décisions d'assolement et de rotations)
- **Verrous organisationnels : Difficulté de coordination des acteurs**
 - Question du partage des coûts d'implémentation et des bénéfices collectifs
 - Ex. Certification territoriale des débouchés
 - Besoin d'accompagnement pour définir des objectifs communs et les mettre en œuvre
 - Ex. Recherche-action et transdisciplinarité
 - **Verrous réglementaires**
 - Chaque type d'acteur fait face à des **contraintes juridiques** spécifiques (droit foncier rural, statut du fermage)



→ Interactions entre acteurs et mécanismes de coordination

→ Leviers institutionnels et politiques publiques

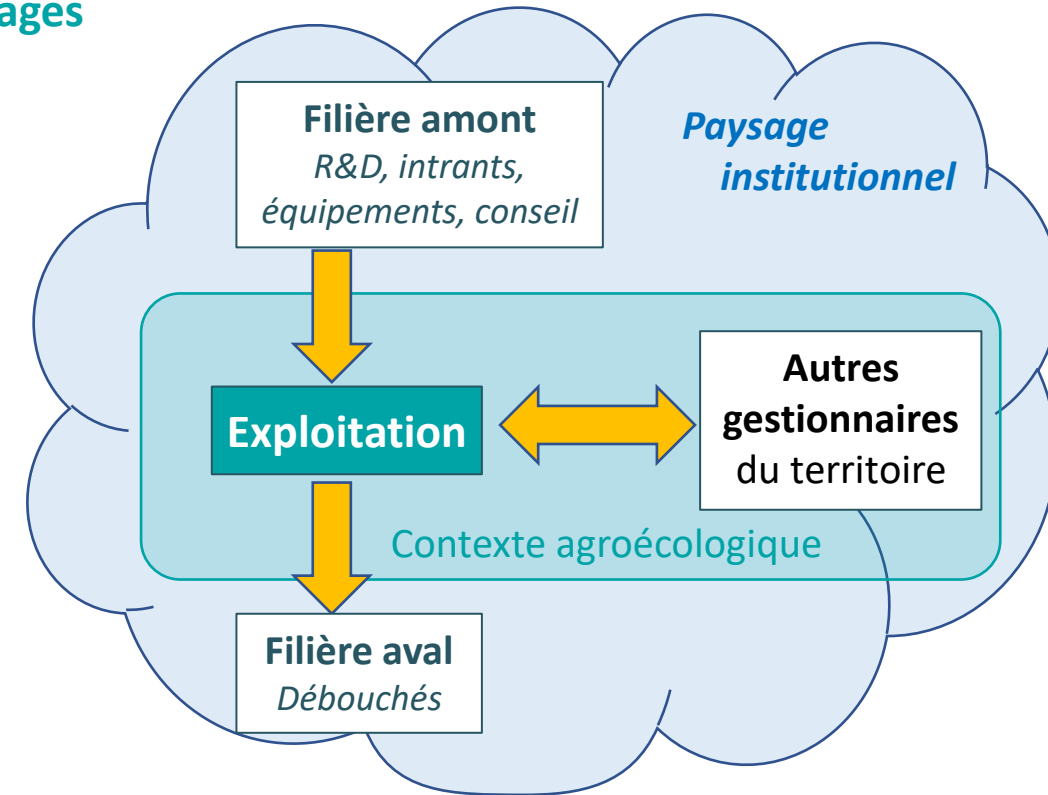
6. Les politiques publiques sont un déterminant clef du déploiement de la diversification végétale

Les politiques publiques sont un déterminant clef du déploiement

Déterminant majeur de la transition vers une agriculture productiviste

⇒ spécialisation des systèmes de production

→ Des politiques ambitieuses sont nécessaires pour sortir des verrouillages systémiques de l'agriculture conventionnelle






Les politiques publiques sont un déterminant clef du déploiement

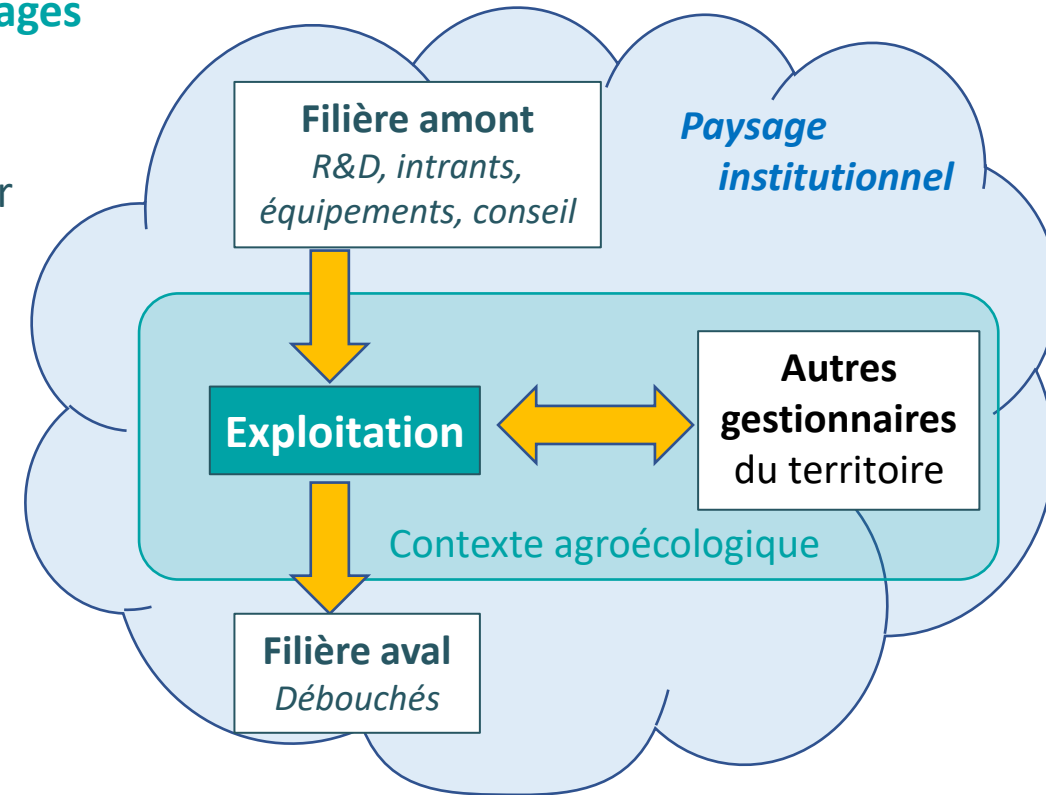
Déterminant majeur de la transition vers une agriculture productiviste

⇒ spécialisation des systèmes de production

→ Des politiques ambitieuses sont nécessaires pour sortir des verrouillages systémiques de l'agriculture conventionnelle

Éléments justifiant un accompagnement de la diversification végétale par des politiques publiques

-  • Effets négatifs de l'usage de pesticides (pollution, environnement, santé)
⇒ Outils réglementaires (interdiction) ou incitatifs (taxation)
-  • Bénéfices écologiques de la diversification pour la société
⇒ Incitations (subventions, Paiements pour services environnementaux, crédits compensation ou crédits carbone)
-  • Favoriser l'innovation dans les filières et la coordination territoriale



Les politiques publiques sont un déterminant clef du déploiement

Déterminant majeur de la transition vers une agriculture productiviste

⇒ spécialisation des systèmes de production

→ Des politiques ambitieuses sont nécessaires pour sortir des verrouillages systémiques de l'agriculture conventionnelle

Éléments justifiant un accompagnement de la diversification végétale par des politiques publiques



- Effets négatifs de l'usage de pesticides (pollution, environnement, santé)
⇒ Outils réglementaires (interdiction) ou incitatifs (taxation)

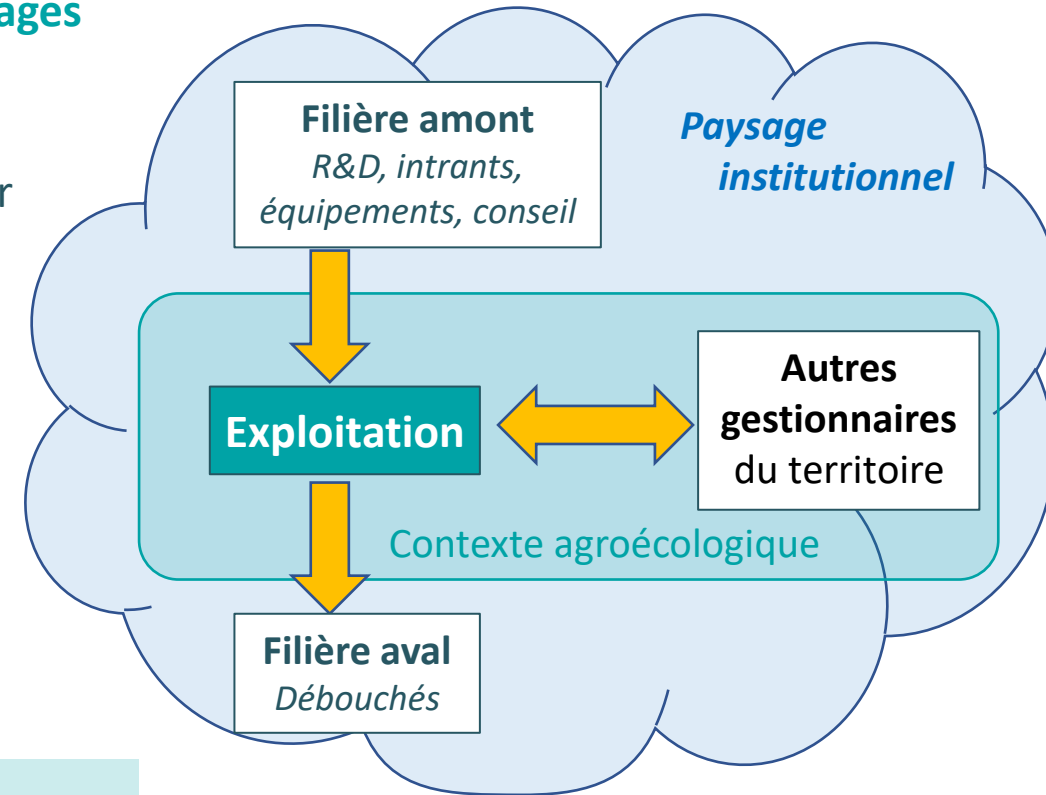


- Bénéfices écologiques de la diversification pour la société
⇒ Incitations (subventions, Paiements pour services environnementaux, crédits compensation ou crédits carbone)



- Favoriser l'innovation dans les filières et la coordination territoriale

→ Politiques publiques à concevoir et évaluer, en pensant la cohérence entre enjeux et échelles



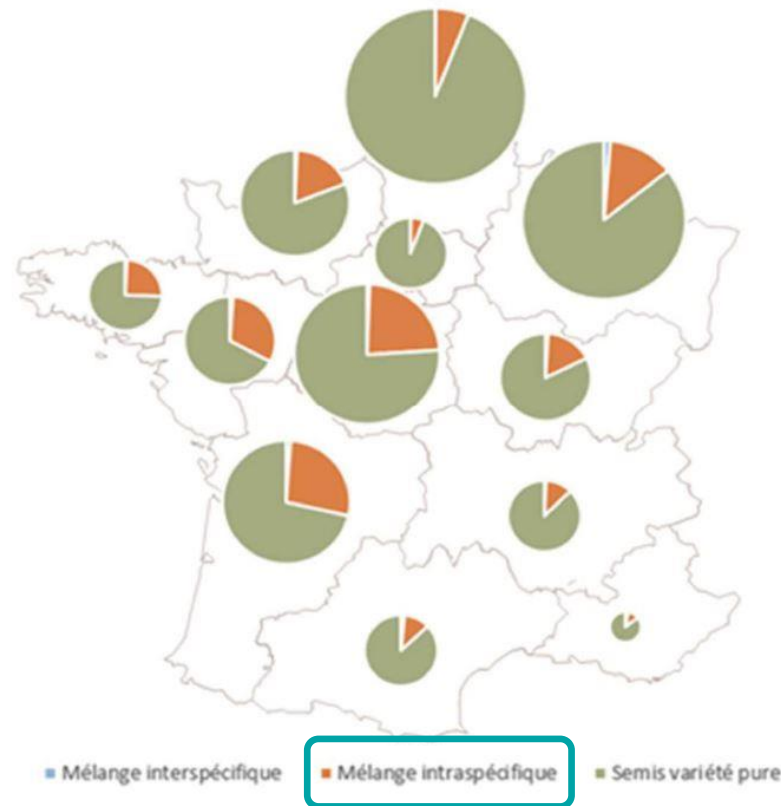
INRAE

Jusqu'à quel point diversifier ?

**Quelques préconisations issues des études
scientifiques**

Mélanges de variétés

- **Situation actuelle** : 17 % des surfaces de blé semées en mélange de **2 à 3 variétés**
- **Cible** : des mélanges de **4 à 5 variétés** pour assurer la régulation des maladies (Borg *et al.*, 2018)



Répartition des surfaces semées en variétés pures et en mélanges (en % des surfaces régionales cultivées en blé tendre).

(©Arvalis-Institut du végétal)

Associations d'espèces

- **Situation actuelle : 0.1 à 3% de la sole cultivée** selon les régions
 - grande diversité de mise en œuvre selon les objectifs associés au couvert (cultures de rente, intercultures, prairies temporaires *etc*)
 - principalement des associations céréales-protéagineux

- **Cible : des associations de 2 espèces non sensibles aux mêmes bioagresseurs** et complémentaires dans leur utilisation des ressources (Corre-Hellou *et al.* 2014)



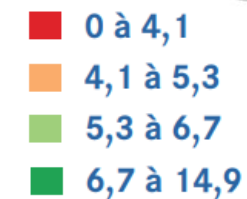
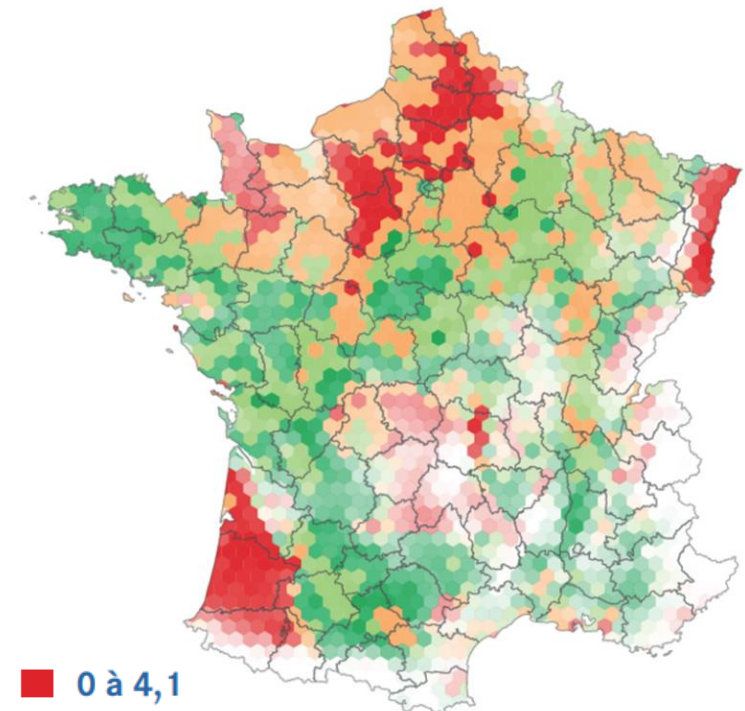
Agroforesterie

- **Situation actuelle (*manque de statistiques*) :**
 - **agroforesterie intraparcellaire < 1 % SAU en 2010**
 - **Dynamique de progression lente ~ + 1 000 à 5 000 ha/an vers 2015**
- **Pas de "cible" dans la littérature, mais ~3,9 Mha de cultures et 2 Mha de prairies seraient aptes à être complantées d'arbres** (Pellerin *et al.*, 2013)



Rotations (grandes cultures)

- **Situation actuelle** : Rotations majoritaires de **2 à 3 ans** (71 % SAU)
 - prédominance des triplets incluant colza, blé et orge
 - 12 % de la SAU en monoculture (maïs, blé, prairie temp.)
- **Cible** : **> 3 ans** (Bohan *et al.*, 2011 ; 2021)
 - en diversifiant les dates de semis (d'hiver et de printemps),
 - en insérant des **légumineuses**
 - en limitant la **fréquence du colza** pour réguler les adventices

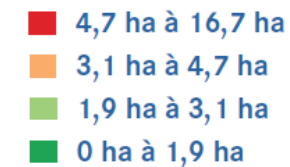
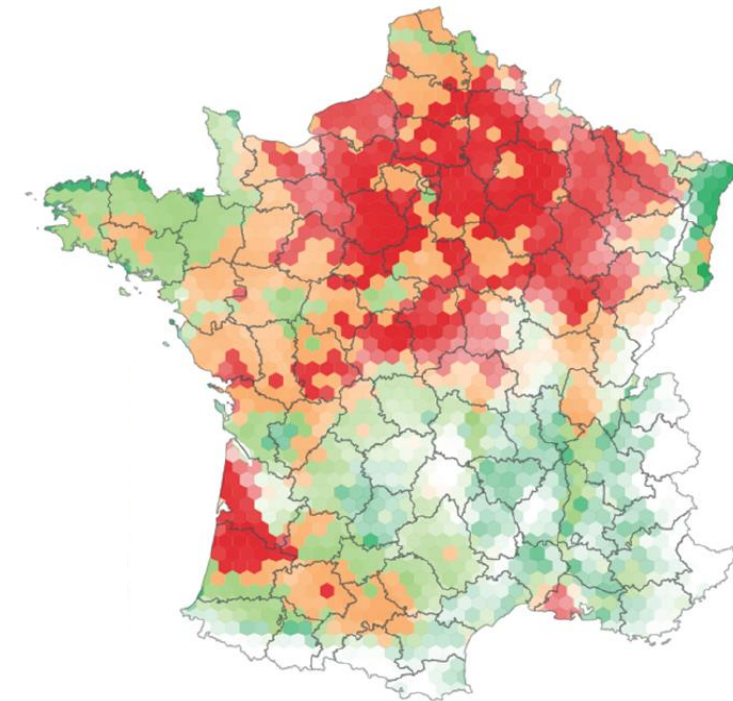


Moyenne du nombre de cultures par exploitation, pondérée par les surfaces

(CEP, 2021)

Taille des parcelles

- **Situation actuelle** : taille moyenne de **3,1 ha avec une grande hétérogénéité** selon les catégories d'assolements et les cultures (CEP, 2021)
 - 50 % de la SAU est occupée par des grandes parcelles (plus de 6,8 ha)
- **Cible** : ~ 3 ha pour favoriser la régulation et la biodiversité associée
(Sirami *et al.*, 2019)

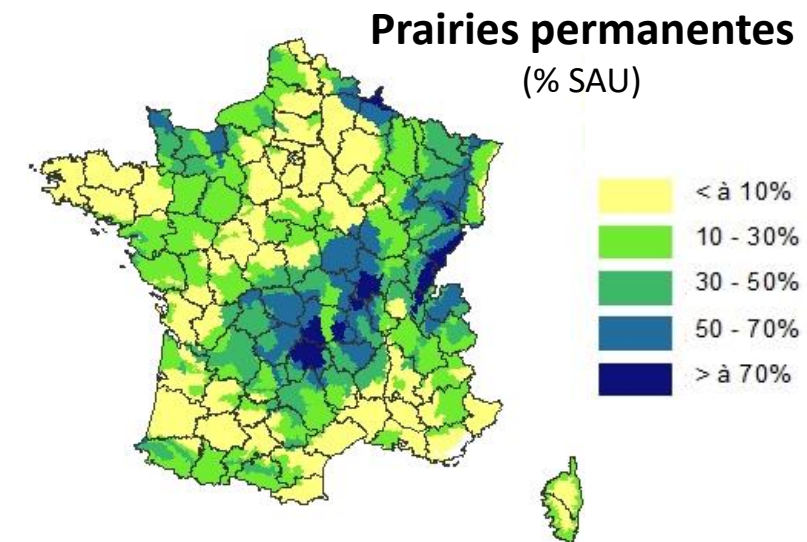
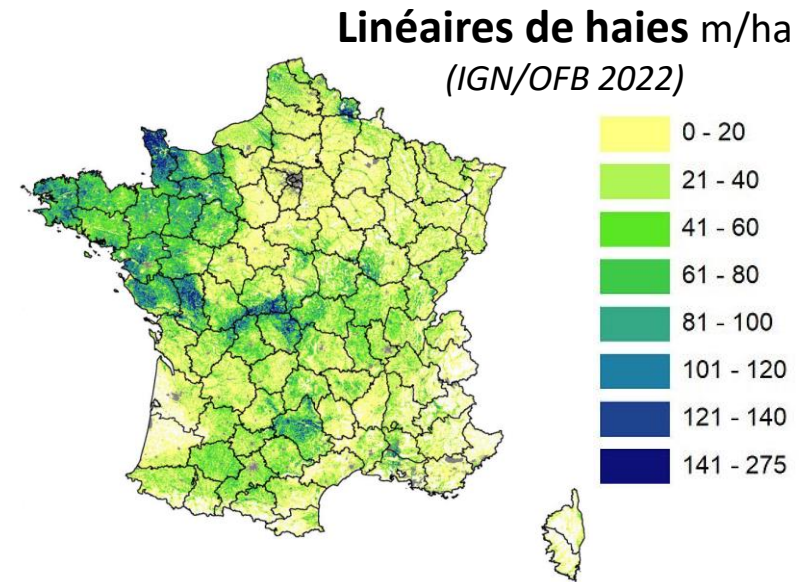


Taille moyenne des parcelles

Centre d'études et de prospective du MASA (2021)

Éléments semi-naturels

- **Situation actuelle** : *catégorie complexe, statistiques peu disponibles et grandes disparités régionales*
 - **Linéaires de haies** : - 7 000 km/an malgré les mesures de préservation
 - **Surfaces toujours en herbe** (prairies permanentes, landes...) : < 5% en plaines céréalières
- **Cibles** :
 - ~ **300 m de haies/ha** (Martin *et al.* 2019)
 - ~ **20 % d'ESN** dans les paysages (Tscharrntke *et al.* 2002, Thies *et al.* 2005, Garibaldi *et al.* 2021)

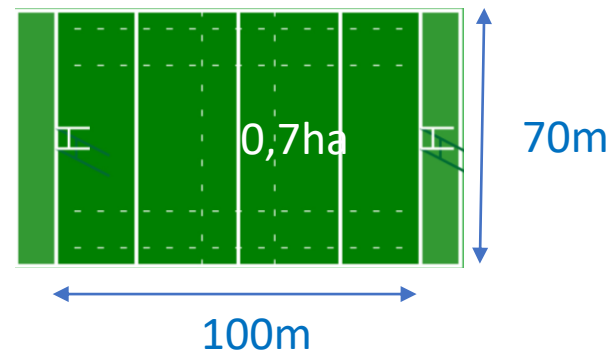


Etude EFESE-écosystèmes agricoles (2017)

Éléments semi-naturels

- Haies X taille des parcelles

Au moins 200m de haies/ha X taille 3 ha



Éléments semi-naturels

- Haies X taille des parcelles

Au moins 200m de haies/ha X taille 3 ha



Jusqu'à quel point diversifier ?

**Fossé à combler entre préconisations selon les études scientifiques
et situation actuelle en France**



Des changements majeurs devant être accompagnés



INRAE

Perspectives :

**La diversification face aux grands défis
environnementaux**

Quelle place pour la diversification dans la transition vers une agriculture sans pesticides ?



Quelle place pour la diversification dans la transition vers une agriculture sans pesticides ?

- La diversification s'accompagne d'une **réduction de l'usage de pesticides**, mais ne garantit pas leur abandon.
- Le levier le plus mis en avant actuellement pour sortir des pesticides de synthèse est le développement de l'Agriculture Biologique (*cf. Green deal*).
 - Mais **rendements plus faibles** que l'agriculture conventionnelle (fertilisation azotée, Gabriel *et al.* 2013)
 - Favorable à la **biodiversité** en comparaison avec l'agriculture conventionnelle, mais pas autant que les paysages agricoles diversifiés (Tscharntke *et al.* 2021)



Quelle place pour la diversification dans la transition vers une agriculture sans pesticides ?

- La diversification s'accompagne d'une **réduction de l'usage de pesticides**, mais ne garantit pas leur abandon.
 - Le levier le plus mis en avant actuellement pour sortir des pesticides de synthèse est le développement de l'Agriculture Biologique (*cf. Green deal*).
 - Mais **rendements plus faibles** que l'agriculture conventionnelle (fertilisation azotée, Gabriel *et al.* 2013)
 - Favorable à la **biodiversité** en comparaison avec l'agriculture conventionnelle, mais pas autant que les paysages agricoles diversifiés (Tscharntke *et al.* 2021)
- ⇒ La diversification permet de limiter les pertes de rendements en AB (Ponisio *et al.*, 2015) et en amplifie les bénéfices écologiques
- ⇒ La certification AB peut offrir des débouchés et une meilleure valorisation économique des produits issus de la diversification

Diversification végétale et AB sont complémentaires

⇒ Travaux de recherche nécessaires pour définir le cadre de cette complémentarité



La diversification face au changement climatique

- Synthèse scientifique (Rosa-Schleich *et al.* 2019) :
Les modalités de diversification présentent des effets positifs sur la **séquestration du C**
- Mélanges de variétés (Reiss & Drinkwater 2018), associations de cultures (Raseduzzaman & Jensen 2017) et ESN dans les paysages (Redhead *et al.* 2020) : **stabilisation des rendements vis-à-vis des variations des conditions climatiques annuelles**
- **Maintien de la biodiversité** dans les ESN en cas d'évènements climatiques ponctuels (Dufлот *et al.* 2022)



La diversification face au changement climatique

- **Synthèse scientifique** (Rosa-Schleich *et al.* 2019) :
Les modalités de diversification présentent des effets positifs sur la **séquestration du C**
- **Mélanges de variétés** (Reiss & Drinkwater 2018), **associations de cultures** (Raseduzzaman & Jensen 2017) et **ESN** dans les paysages (Redhead *et al.* 2020) : **stabilisation des rendements vis-à-vis des variations des conditions climatiques annuelles**
- **Maintien de la biodiversité** dans les ESN en cas d'évènements climatiques ponctuels (Dufлот *et al.* 2022)

⇒ **Synthèse des connaissances à engager pour évaluer la contribution des systèmes diversifiés à la résilience de l'agriculture vis-à-vis du changement climatique et à son atténuation**



INRAE

Conclusion

**La diversification végétale :
un gradient d'effets attendus,
un gradient de modification des systèmes**

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



Mélanges variétaux

Facilité de mise en œuvre dans les systèmes conventionnels



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



Mélanges variétaux

Facilité de mise en œuvre dans les systèmes conventionnels

*Éléments semi-naturels
Agroforesterie*

*Enjeux spécifiques à l'échelle du paysage:
Coordination entre acteurs, cohérence des politiques publiques*

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

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



Mélanges variétaux

Facilité de mise en œuvre dans les systèmes conventionnels

Rotations

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

Cultures associées

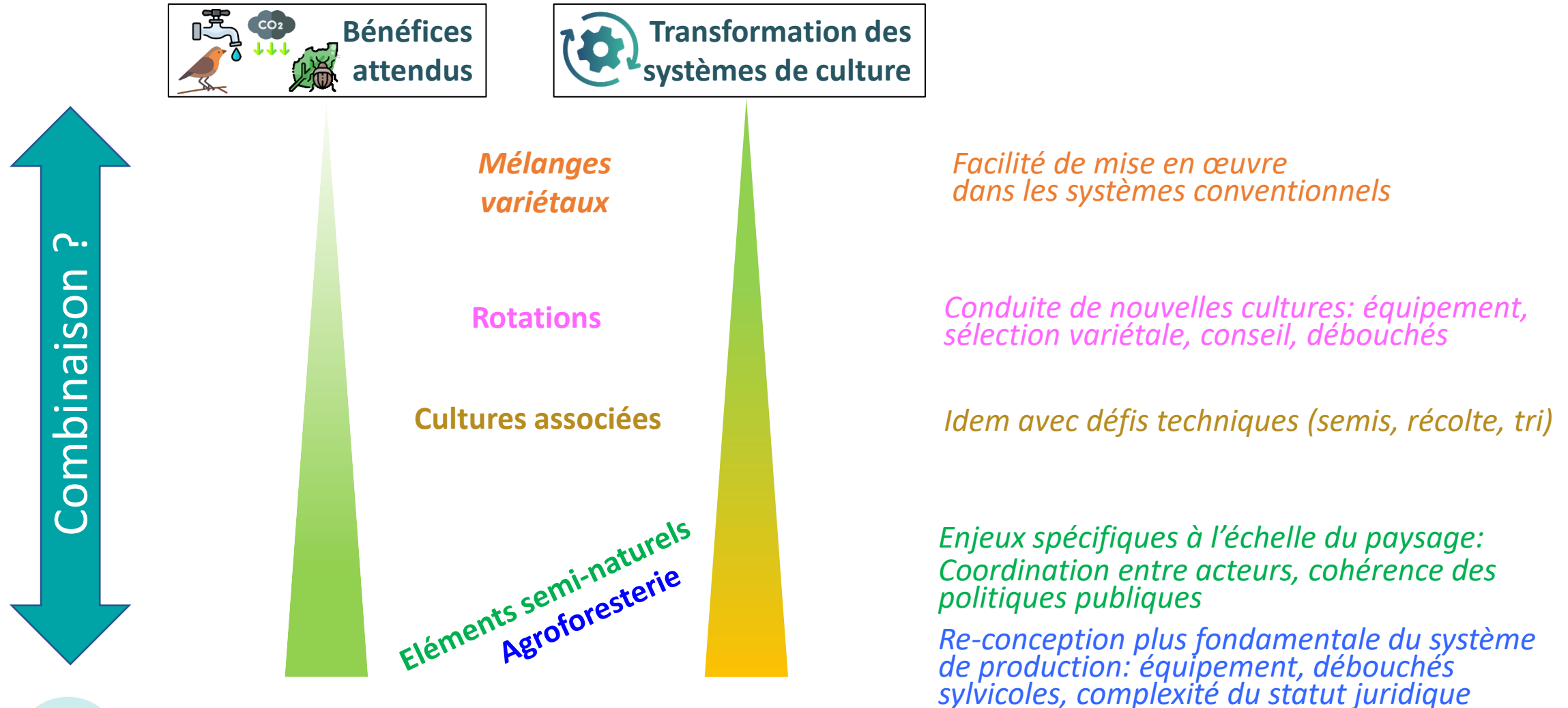
Idem avec défis techniques (semis, récolte, tri)

*Éléments semi-naturels
Agroforesterie*

*Enjeux spécifiques à l'échelle du paysage:
Coordination entre acteurs, cohérence des politiques publiques*

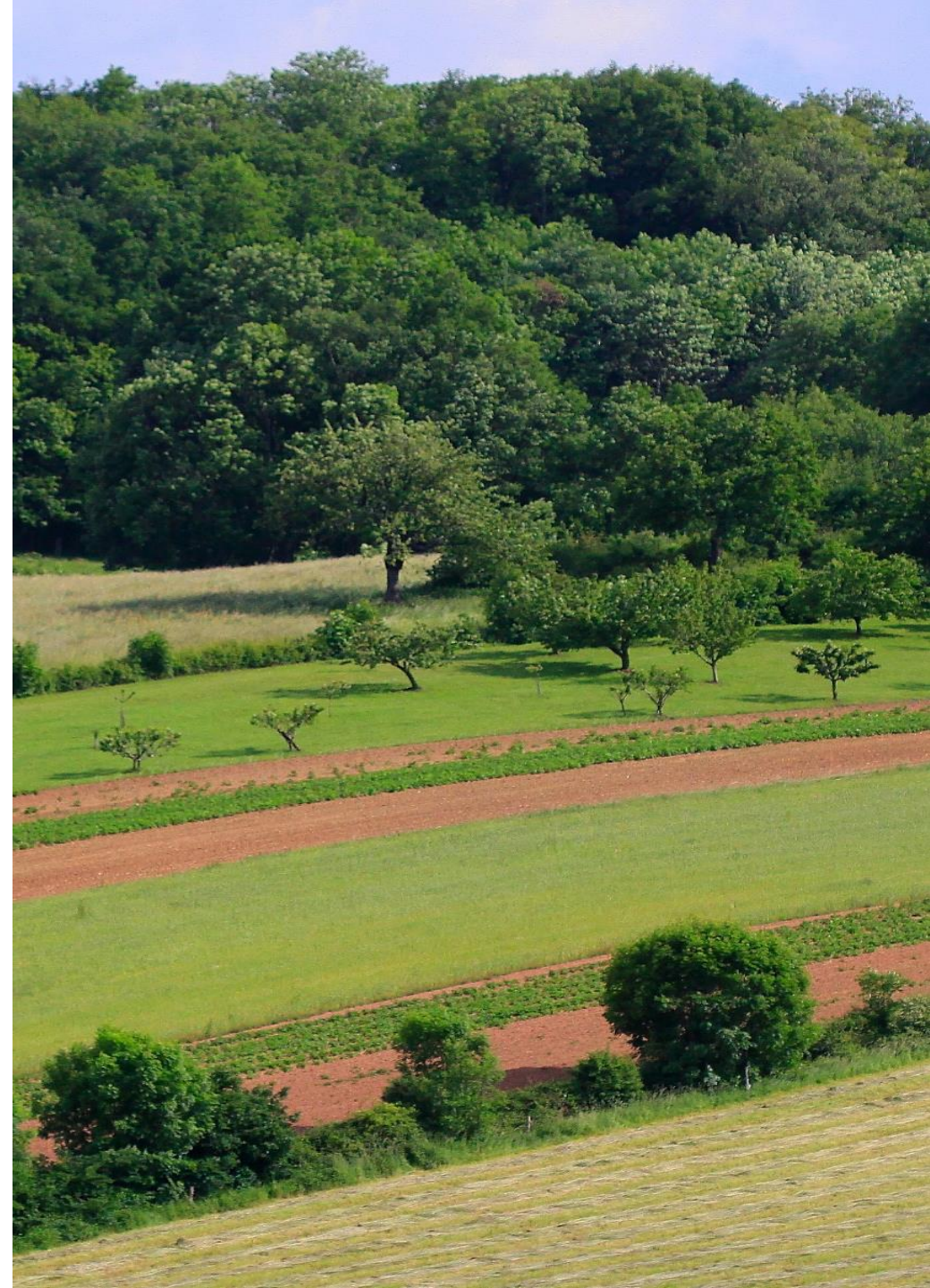
Re-conception plus fondamentale du système de production: équipement, débouchés sylvicoles, complexité du statut juridique

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



En résumé, la diversification végétale :

1. Est un levier pour protéger les cultures
2. Favorise la biodiversité et les services écosystémiques rendus aux agriculteurs et la société
3. Permet d'atteindre des rendements souvent supérieurs aux systèmes peu diversifiés
4. A des effets contrastés sur la rentabilité économique des exploitations à court terme...
5. ... et se heurte à des verrous au sein des filières agricoles et dans les territoires
6. Nécessite des politiques publiques ambitieuses pour un déploiement à large échelle



En résumé, la diversification végétale :

1. Est un levier pour protéger les cultures
2. Favorise la biodiversité et les services écosystémiques rendus aux agriculteurs et la société
3. Permet d'atteindre des rendements souvent supérieurs aux systèmes peu diversifiés
4. A des effets contrastés sur la rentabilité économique des exploitations à court terme...
5. ... et se heurte à des verrous au sein des filières agricoles et dans les territoires
6. Nécessite des politiques publiques ambitieuses pour un déploiement à large échelle

Enjeux de recherche

- Évaluer les effets de la diversification dans des conditions expérimentales adaptées à l'expression des mécanismes
 - ⇒ dans des paysages agroécologiques en considérant les évolutions climatiques
- Explorer des nouveaux modèles d'organisation collective de la protection des cultures (coopération, coordination), dans des territoires agricoles diversifiés
 - ⇒ approches systémiques et/ou participatives pour concevoir, analyser et accompagner le déploiement de l'innovation

Merci de votre attention

Résumé (10 p)

Synthèse (86 p)

Rapport (950 p)

Article scientifique

Livre Quæ



<https://www.inrae.fr/actualites/augmenter-diversite-vegetale-espaces-agricoles-protoger-cultures>

Vialatte A., Tibi A., ..., & Martinet V. 2022. Promoting crop pest control by plant diversification in agricultural landscapes: A conceptual framework for analysing feedback loops between agro-ecological and socio-economic effects.

Advances in Ecological Research, 65:133-165
<https://doi.org/10.1016/bs.aecr.2021.10.004>.



Direction de l'Expertise,
de la Prospective
et des Études

Matère
à débattre • décider

Protéger les cultures par la diversité végétale

Anaïs Tibi, Vincent Martinet, Aude Vialatte, coord.



éditions
Quæ

(accessible en version libre)