

Présentation des conclusions de l'Expertise scientifique collective

Agro Réseau 64, le 30 novembre 2023

# Freins et leviers à la transition agroécologique

## Exemple de la diversification végétale dans les espaces agricoles

Aude VIALATTE  
(INRAE UMR DYNAFOR)

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



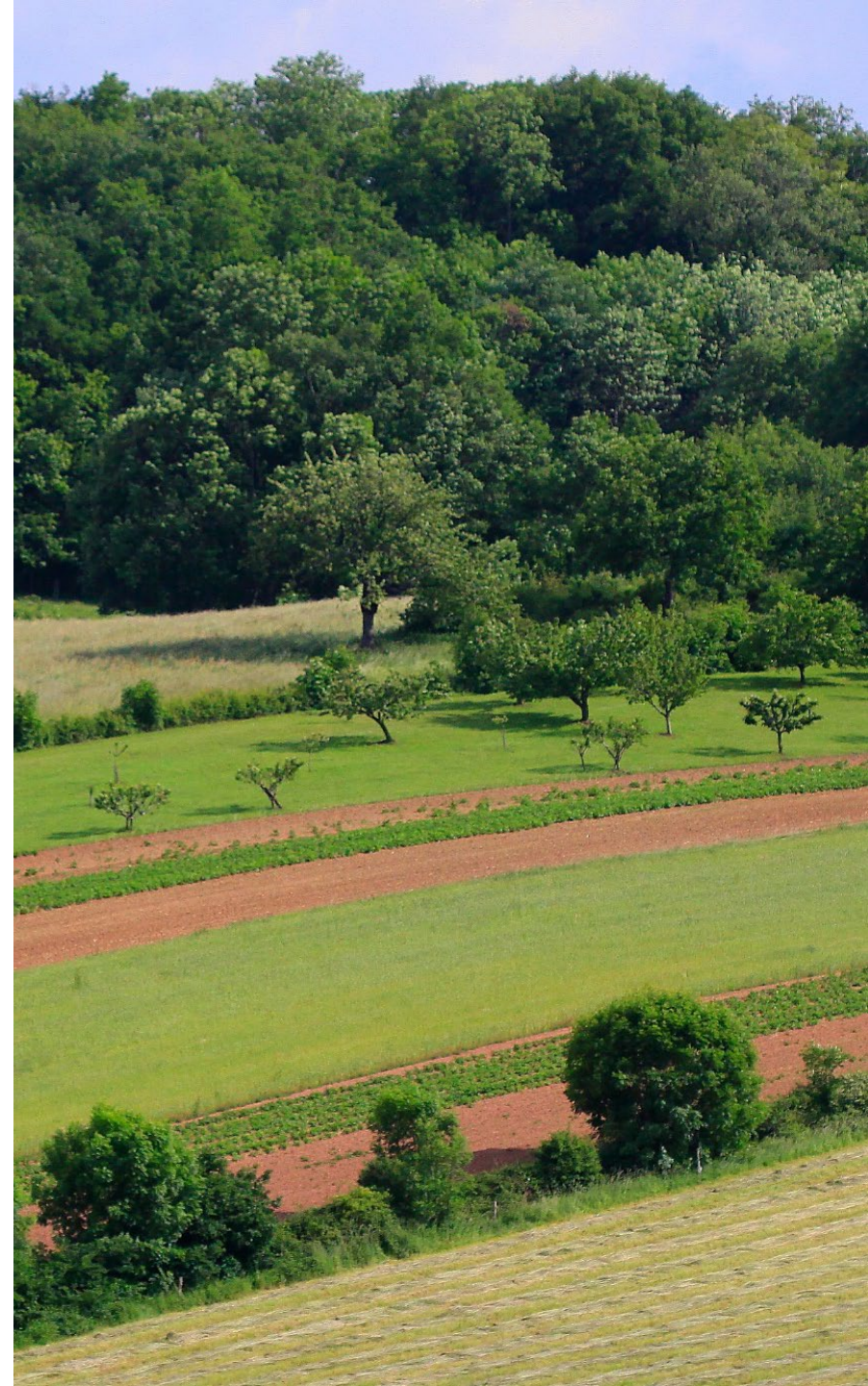
Direction de l'Expertise,  
de la Prospective  
et des Études





# Plan de la présentation :

- Contexte et cadrage de l'Expertise scientifique collective
- Les 6 enseignements de l'ESCo
- Conclusions



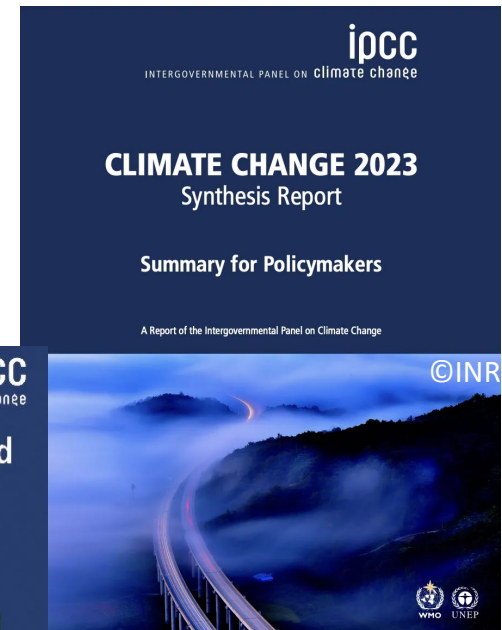
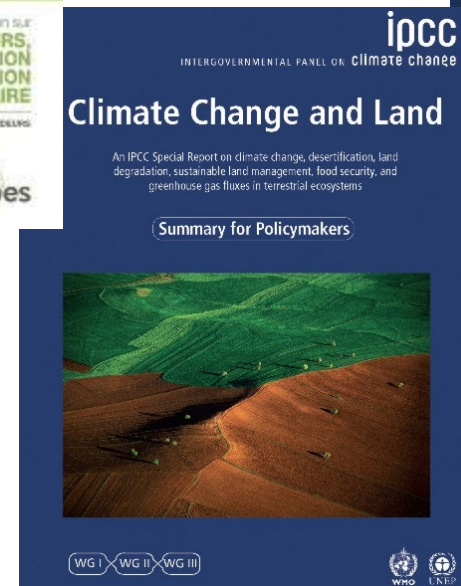
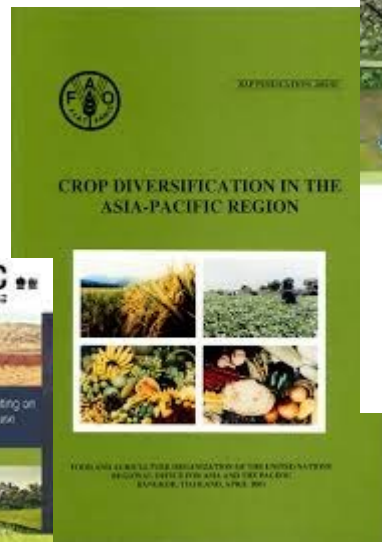


# Contexte et cadrage de l'Expertise scientifique collective (ESCo)

# 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 sont les **services écosystémiques rendus** par la diversité végétale à la société ?
- 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 ?



# L'ESCo : principes et démarche

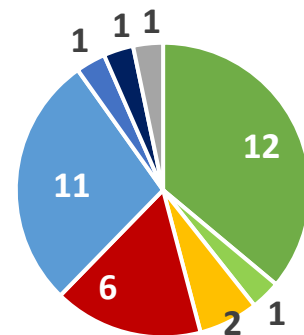
- Une **synthèse des connaissances scientifiques internationales** pour **éclairer l'action et le débat publics...**
  - **Acquis, incertitudes, controverses, lacunes** de connaissances
  - **Pas d'avis ni de recommandation**
- ... réalisée par un **comité pluridisciplinaire de 32 experts, 2 chargés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

INRAE

cirad

Université  
de Poitiers

L'INSTITUT  
agro  
Rennes  
Angers



Expertises scientifiques

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



# "Diversité végétale des espaces agricoles" ?

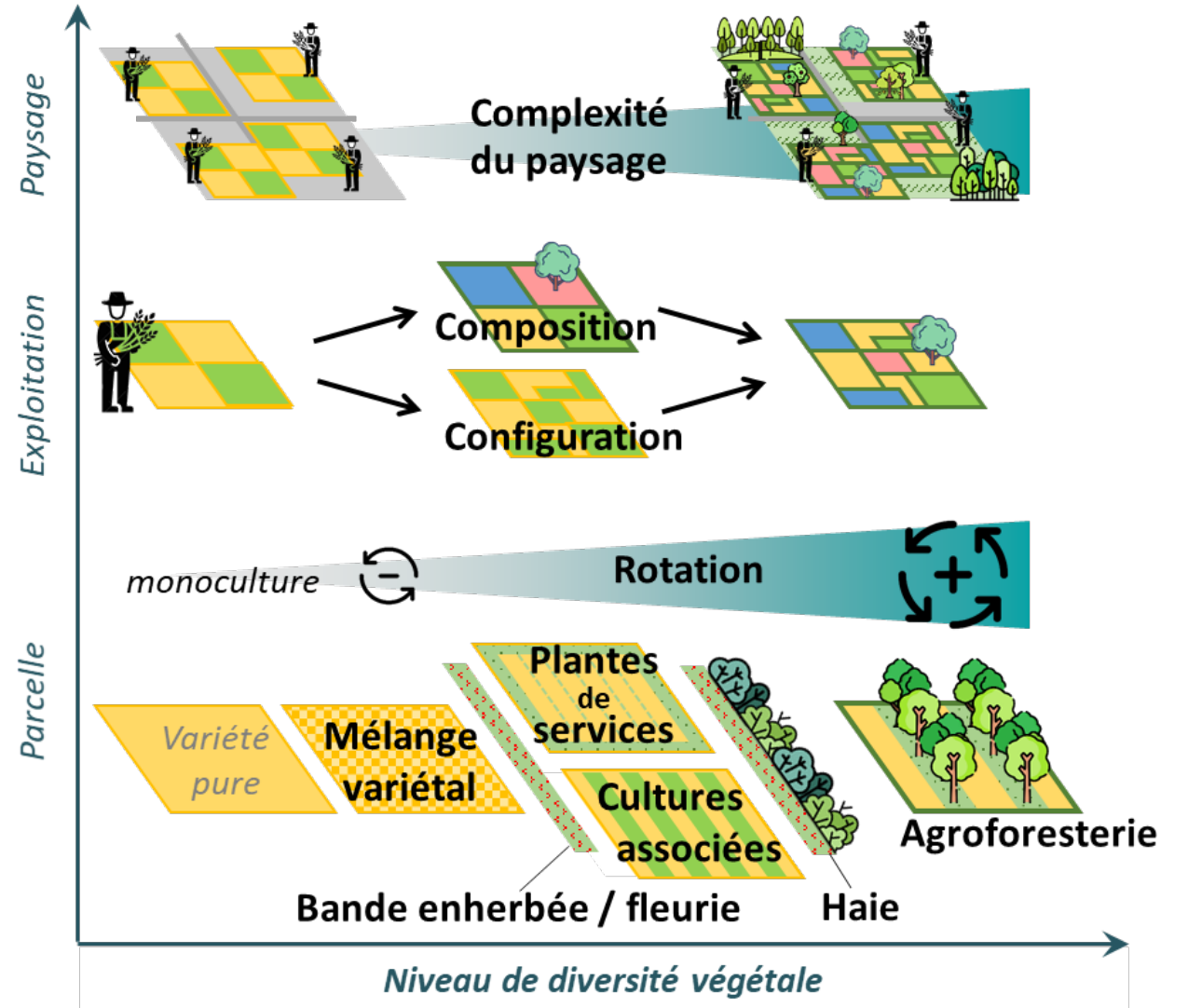


→ Large gamme de pratiques de diversification :



INRAE

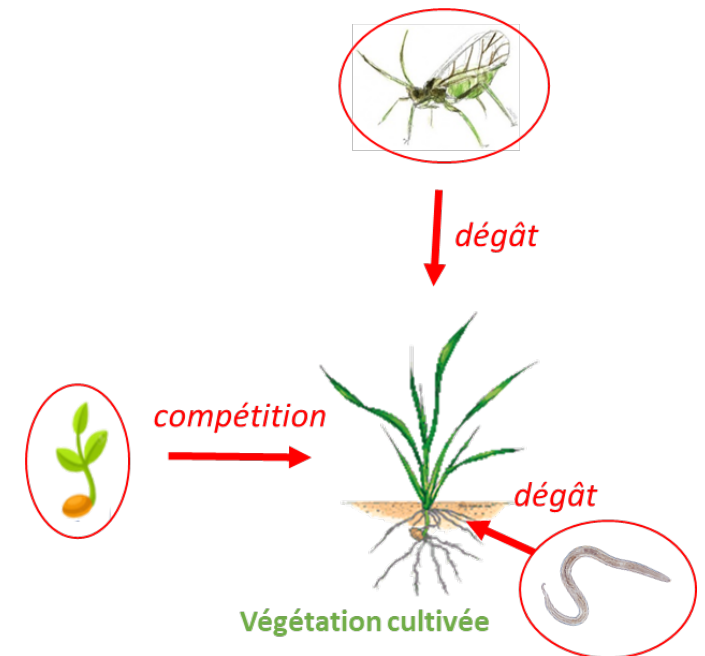
Echelle spatiale



# 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**





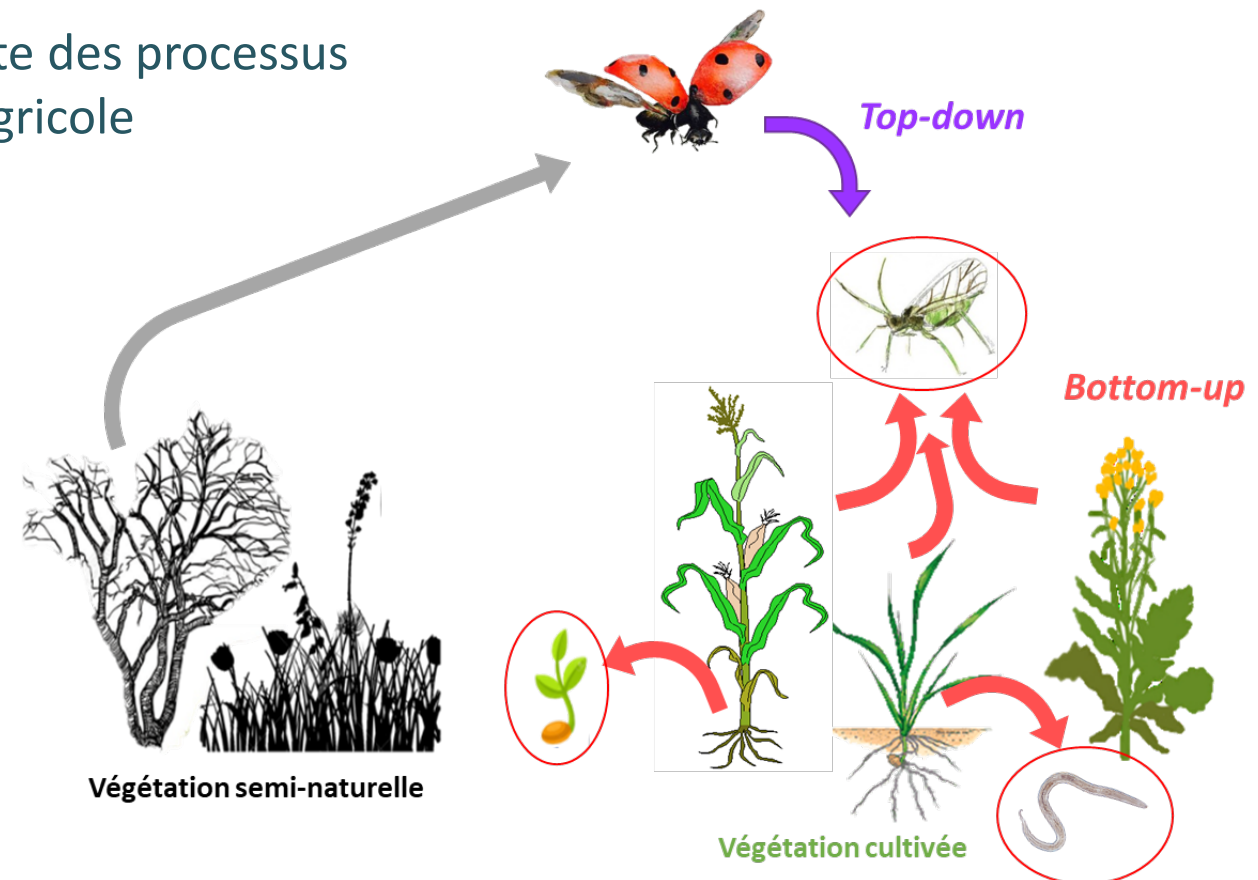
# Objectif : favoriser la régulation naturelle des bioagresseurs



- **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**



**INRAE**

# Les 6 enseignements de l'ESCo

**1. La diversification végétale est favorable à la biodiversité et rend de multiples services écosystémiques aux agriculteurs et à la société**



# Deux méta-synthèses analysent les corrélations entre diversité végétale, biodiversité 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<sup>1,2</sup> | Tamara Ben-Ari<sup>3,4</sup> | Eric Malézieux<sup>1,2</sup> | Verena Seufert<sup>5</sup> | David Makowski<sup>6</sup>

SCIENCE ADVANCES | RESEARCH ARTICLE

ECOLOGY

Agricultural diversification promotes multiple ecosystem services without compromising yield

Giovanni Tamburini<sup>1,2\*</sup>, Riccardo Bommarco<sup>1</sup>, Thomas Cherico Wanger<sup>1,3†</sup>, Claire Kremen<sup>4,5</sup>, Marcel G. A. van der Heljden<sup>6,7</sup>, Matt Liebman<sup>8</sup>, Sara Hallin<sup>9</sup>



# Grandes tendances issues des études scientifiques



Case = taille d'effet calculé sur un ensemble d'articles

Liens significatifs +

Liens significatifs -

Liens non significatifs

Lacunes de connaissance ?

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



# Grandes tendances issues des études scientifiques



Case = taille d'effet calculé sur un ensemble d'articles

Liens significatifs +  
 Liens significatifs –  
 Liens non significatifs  
 Lacunes de connaissance ?

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

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





## **2. 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
<b>PARCELLE</b>	Mélanges variétaux							
	Cultures associées							
	Agroforesterie							
	↗ diversité rotations							
<b>PAYSAGE</b>	↘ 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**


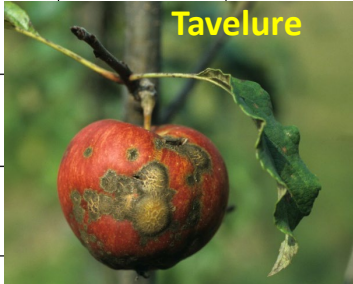









INRAE



INRAE

Protéger les cultures en augmentant la diversité végétale des espaces agricoles

	Adventices	Insectes aériens	Insectes du sol	Maladies vectées	Pathogènes aériens	Pathogènes du sol	Nématodes	Autres bioagresseurs
<b>PARCELLE</b>	Mélanges variétaux							
	Cultures associées							
	Agroforesterie							
<b>PAYSAGE</b>	↗ diversité rotations							
	↘ 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**

- 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	
<b>PARCELLE</b>	Mélanges variétaux	+		?			?	?	
	Cultures associées				?		?	?	
	Agroforesterie			?	?		?		
	↗ diversité rotations				?				?
<b>PAYSAGE</b>	↘ 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

- Des effets positifs de la diversité végétale (régulation) décrits pour chaque catégorie de bioagresseurs

	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	+		?				?		+	



# Synthèse des effets de la diversité végétale sur les bioagresseurs

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



mais

**dépendance au contexte** (biogéographique, pédoclimatique, de pratiques) **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 dans les territoires*





### **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


- 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%) en plus de la stabilisation**
- éléments semi-naturels = ne modifient pas les rendements (liens neutres) mais contribuent à leur stabilisation




# 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%) en plus de la stabilisation**
- éléments semi-naturels = ne modifient pas les rendements (liens neutres) mais contribuent à leur stabilisation

**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**

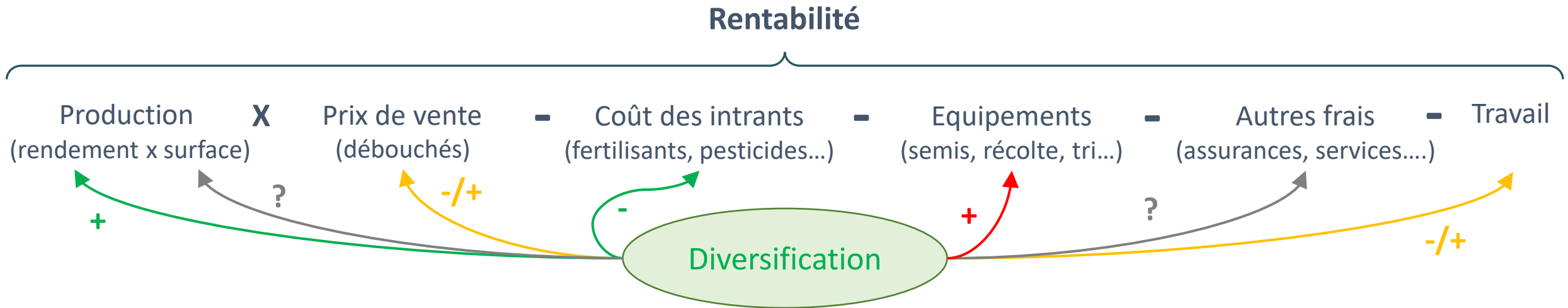
# Les effets sur la rentabilité dépendent du contexte

## 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**





# Quelques facteurs favorisant la rentabilité

- **La diversification est plus performante économiquement...**



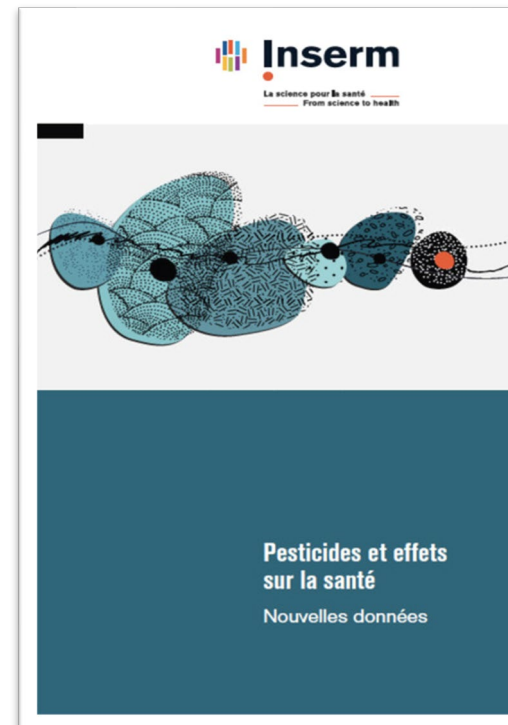
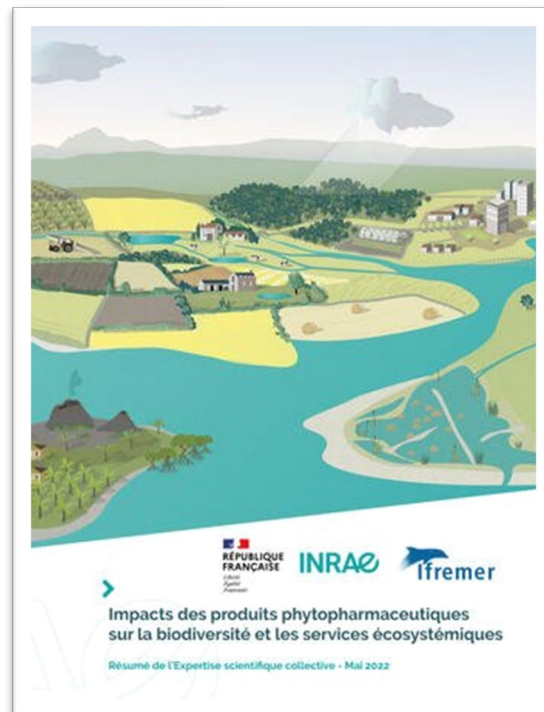
- En contexte de **forte pression de bioagresseurs**
- Dans les systèmes à bas niveaux d'intrants, notamment en **Agriculture Biologique**
- Dans des contextes économiques **de prix de la production bas** ou de **coûts des intrants élevés**
- Lorsqu'il est possible de valoriser la production et ses caractéristiques dans des **niches économiques**



# Mieux évaluer la rentabilité des systèmes diversifiés

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

*[et l'intégration parallèle de toutes les externalités négatives de l'usage des phytosanitaires]*

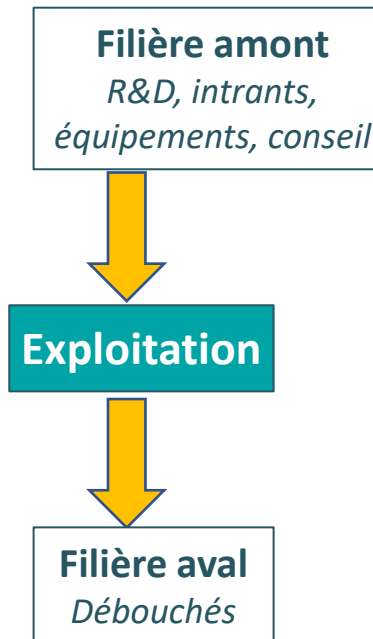


**5. Pour favoriser la diversification végétale,  
des verrous sont à lever au sein des filières  
agricoles et dans les territoires**

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

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

} système actuel optimisé



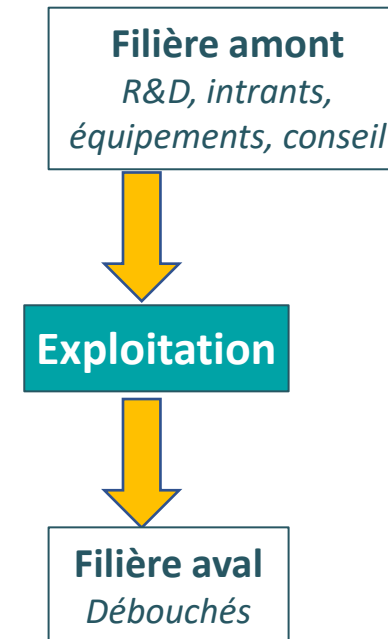


# Des verrous hérités de l'historique de spécialisation des filières agricoles

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

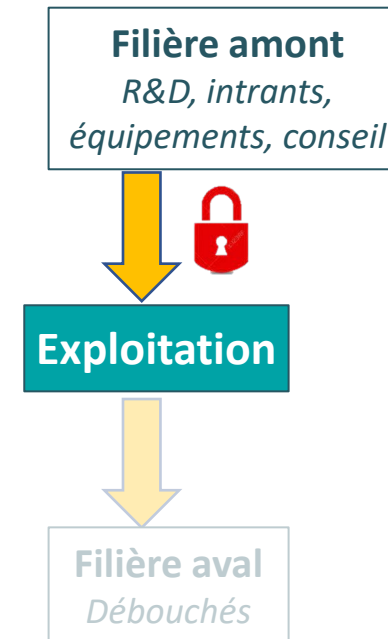
} système actuel optimisé

⇒ Verrouillage systémique



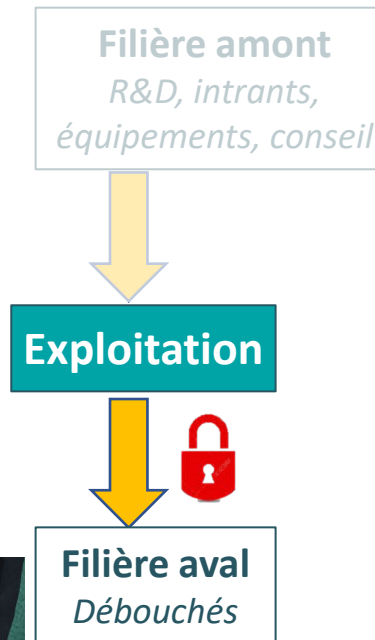
# Des verrous hérités de l'historique de spécialisation des filières agricoles

- **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**
    - Echange de semences entre agriculteurs
  - **Coût d'accès aux agroéquipements**
    - Auto-construction ; partage (CUMA) ; sous-traitance
  - **Déficit de connaissances sur conduite et débouchés des cultures diversifiées**
    - Expérimentation à la ferme (prise de risque) et partage d'expérience



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

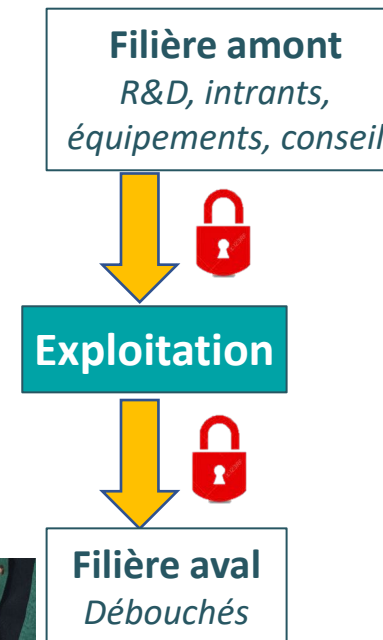
- **En amont de l'exploitation agricole :** (cohérence avec l'étude INRA *Freins et leviers à la diversification des cultures*, 2013)
  - **Difficulté d'approvisionnement en semences et plants performants dans des systèmes diversifiés**  
→ Echange de semences entre agriculteurs
  - **Coût d'accès aux agroéquipements**  
→ Auto-construction ; partage (CUMA) ; sous-traitance
  - **Déficit de connaissances sur conduite et débouchés des cultures diversifiées**  
→ Expérimentation à la ferme (prise de risque) et partage d'expérience
- **En aval de l'exploitation agricole :**
  - **Manque de débouchés :** demande insuffisante et standards de production contraignants (grande distribution)  
→ Circuits de mise sur le marché alternatifs ; Certification / valorisation



# 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**  
→ Echange de semences entre agriculteurs
  - **Coût d'accès aux agroéquipements**  
→ Auto-construction ; partage (CUMA) ; sous-traitance
  - **Déficit de connaissances sur conduite et débouchés des cultures diversifiées**  
→ Expérimentation à la ferme (prise de risque) et partage d'expérience

- **En aval de l'exploitation agricole :**
  - **Manque de débouchés :** demande insuffisante et standards de production contraignants (grande distribution)  
→ Circuits de mise sur le marché alternatifs ; Certification / valorisation



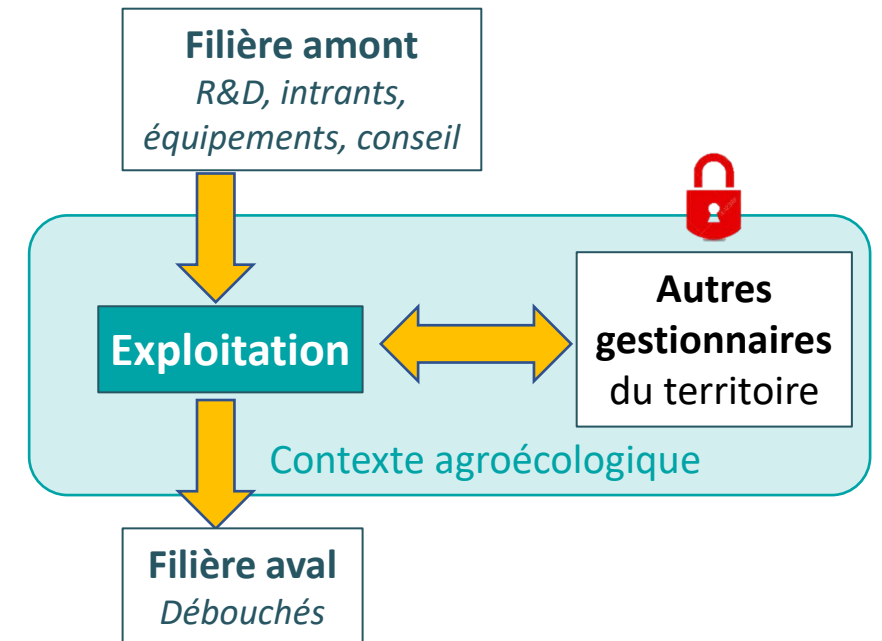
Ex:

- vente des phyto plutôt que conseil (loi Egalim)
- tri des cultures associées laissé aux agriculteurs

# 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

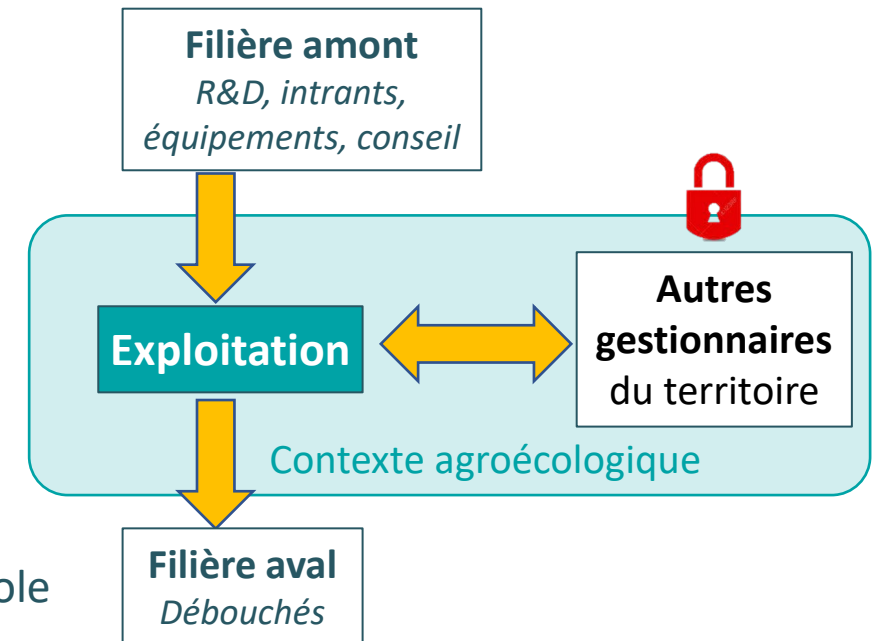
- Insertion d'une trame d'éléments semi-naturels dans le paysage (implique une diversité d'acteurs)
- Conception d'assolements diversifiés (implique de coordonner les décisions d'assolement et de rotations)

→ **Verrous organisationnels** : Difficulté de coordination des acteurs

→ coopératives?

→ **Verrous réglementaires et fonciers (contraintes juridiques)**

Ex: place des arbres et de la haie dans le foncier agricole



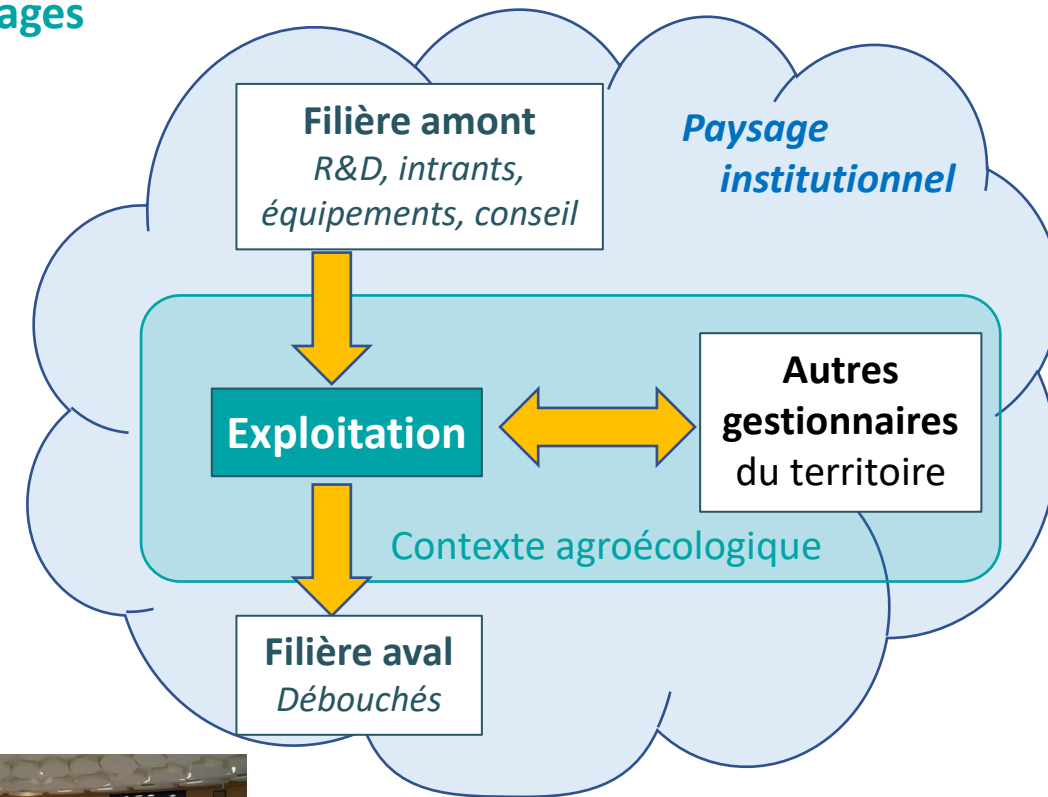
## **6. Les politiques publiques sont un déterminant clef du déploiement de la diversification végétale**

# 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

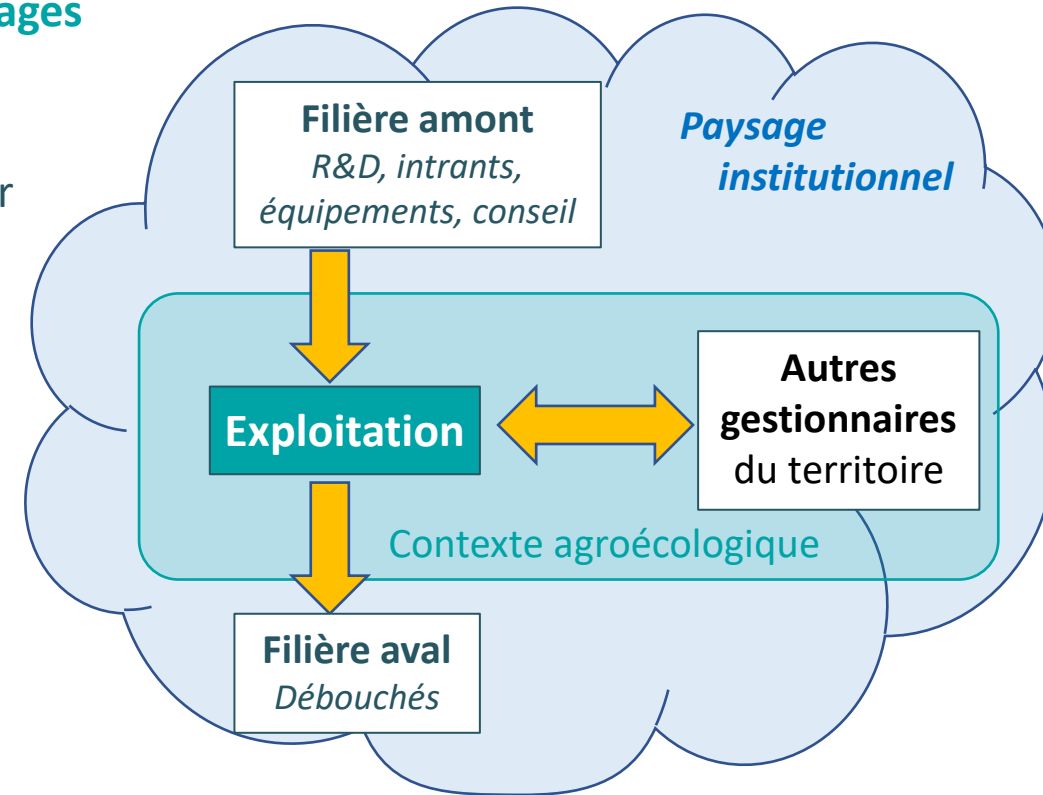
→ Des politiques ambitieuses sont nécessaires pour sortir des verrouillages systémiques de l'agriculture conventionnelle

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

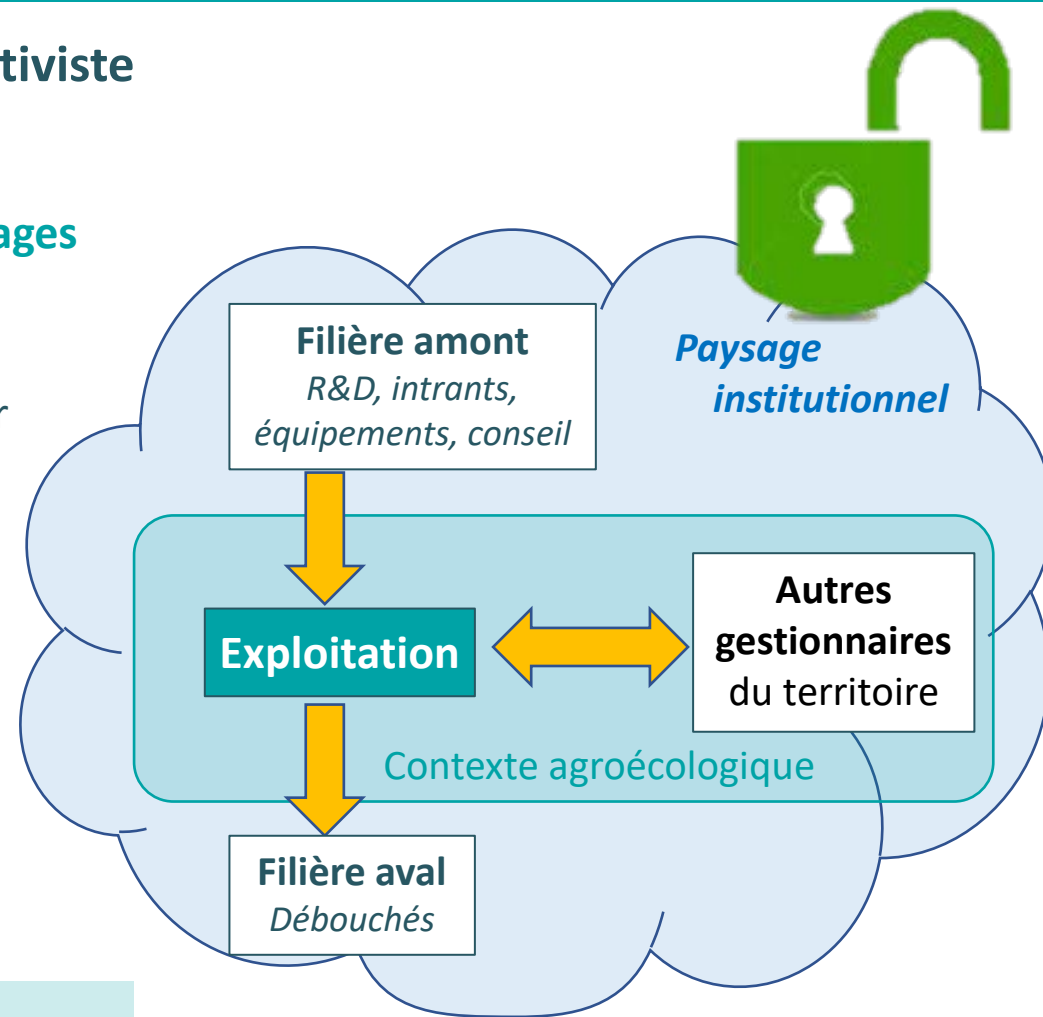
Éléments justifiant un accompagnement de la diversification végétale par des politiques publiques

 • 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



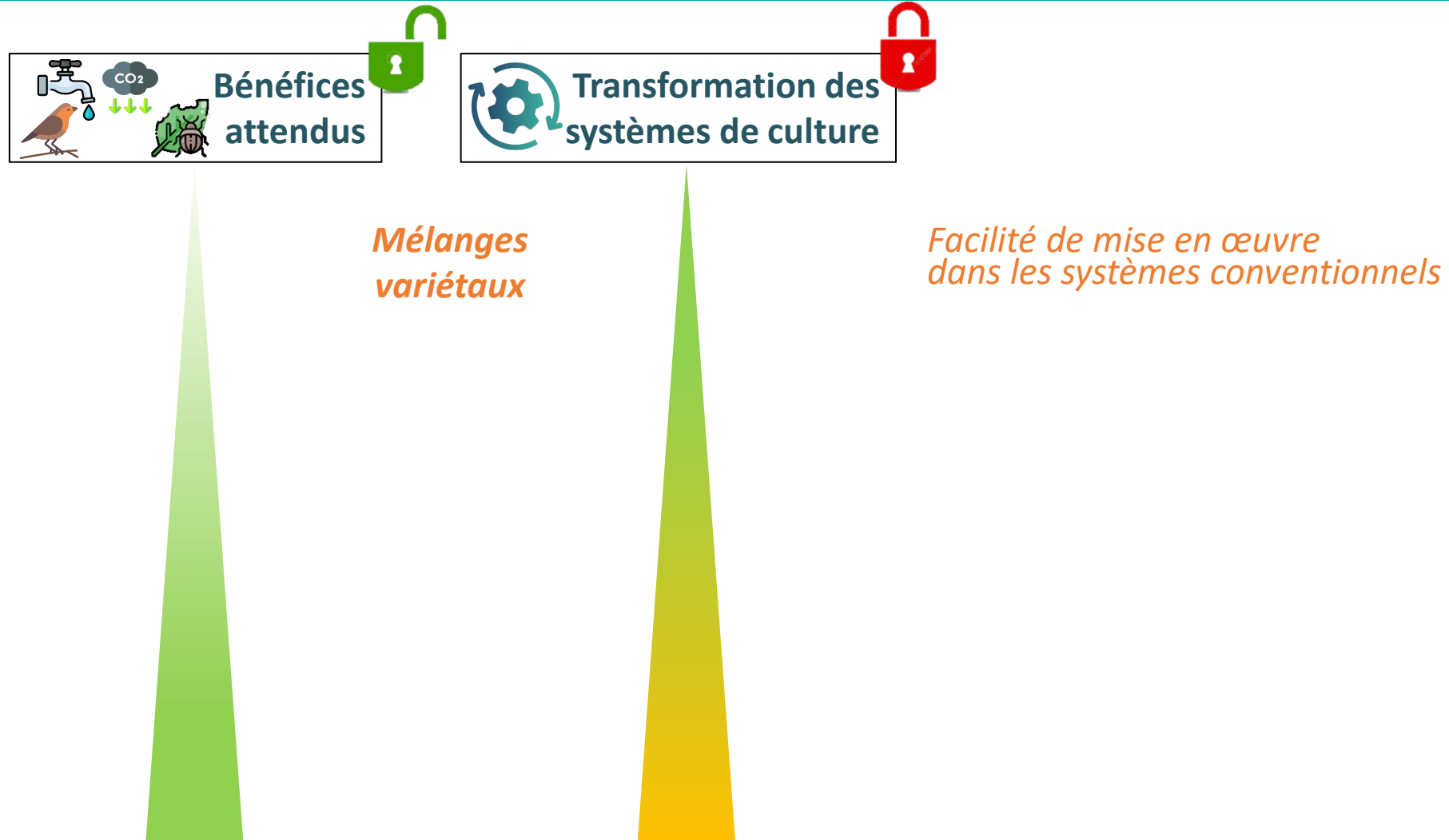


**INRAE**

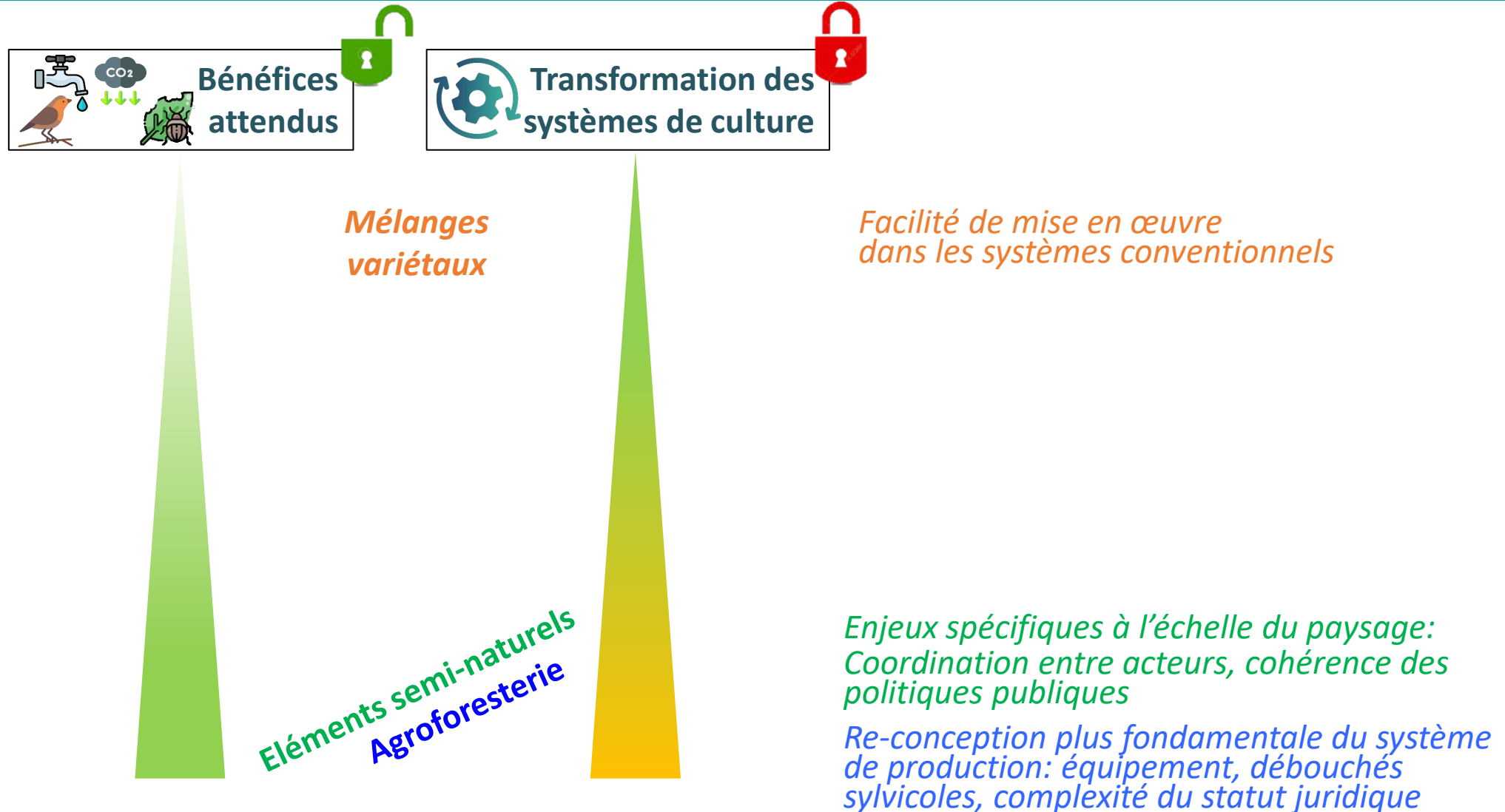
## **Conclusion**

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

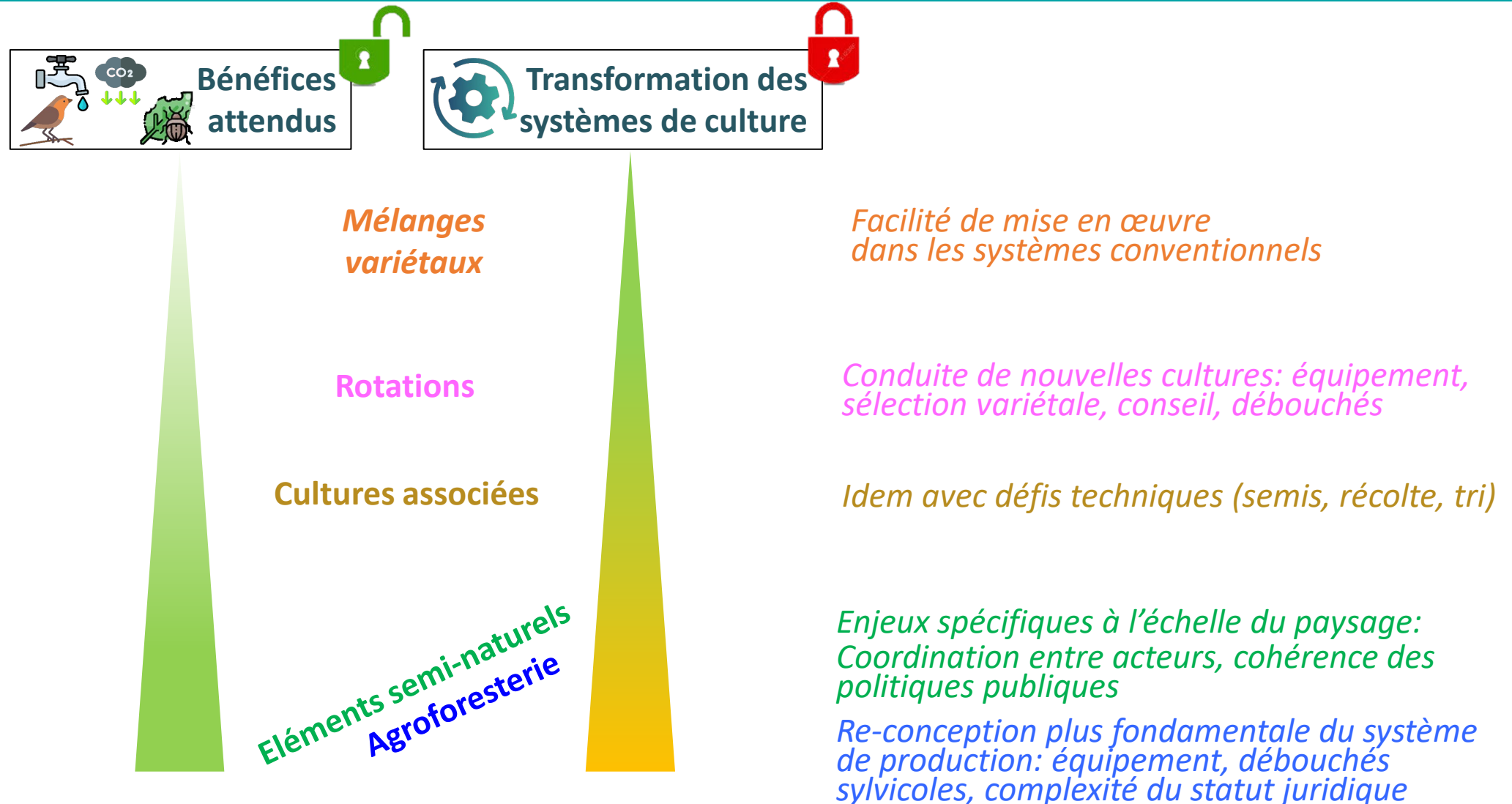
# Un gradient d'effets, un gradient de modification des systèmes



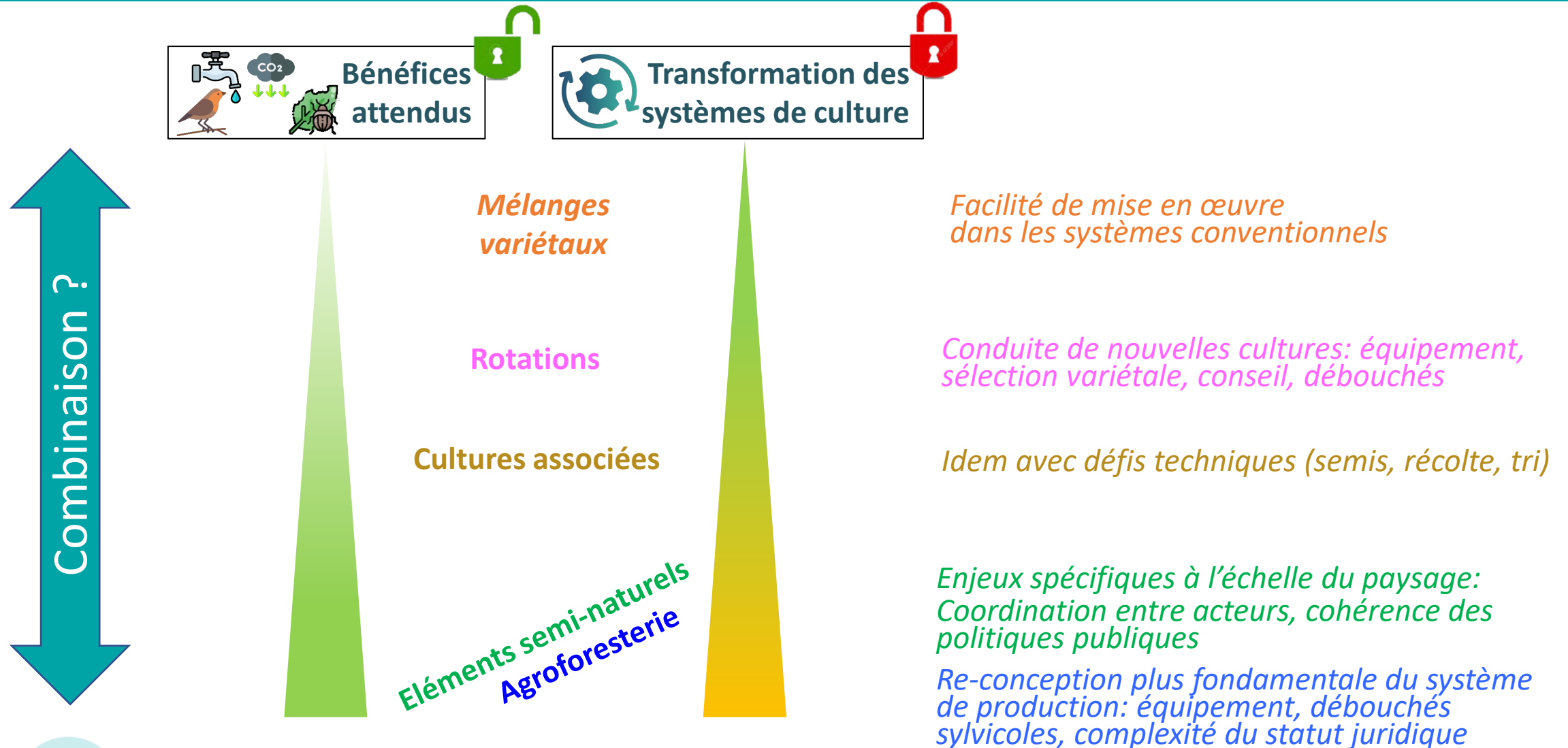
# Un gradient d'effets, un gradient de modification des systèmes



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



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





# En résumé, la diversification végétale :

1. Favorise la biodiversité et les services écosystémiques rendus aux agriculteurs et la société
2. Est un levier pour protéger les cultures
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. Favorise la biodiversité et les services écosystémiques rendus aux agriculteurs et la société
2. Est un levier pour protéger les cultures
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 et la rentabilité de la diversification dans des conditions expérimentales adaptées à l'expression des mécanismes écologiques et économiques

⇒ dans des paysages et territoires développant une agriculture agroécologique et ce, en considérant les évolutions climatiques

# 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>.

