

# Agriculture européenne sans pesticides chimiques en 2050

Coordination Oliver MORA (INRAE, DEPE)  
Avec les contributions de Jeanne-Alix BERNE, Jean-Louis DROUET, Claire MEUNIER, Lise PARESYS (INRAE DEPE), Agneta FORSLUND, Chantal Le Mouël, Victor KIEFFER (INRAE SMART)



# Agriculture européenne sans pesticides chimiques en 2050

Présentation par Chantal Le Mouël (INRAE, SMART)

Webinaires PRETABAIE  
5 décembre 2023



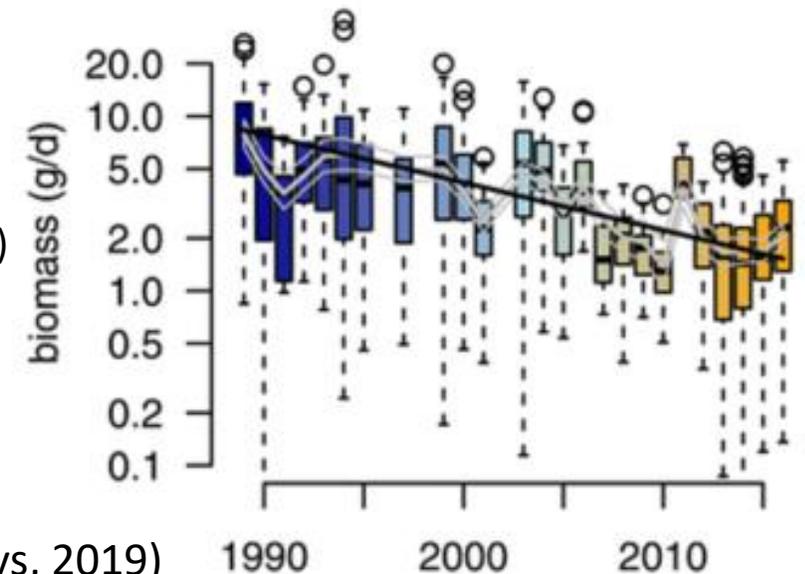
# ➤ Pourquoi utilise-t-on des pesticides chimiques dans les systèmes agricoles ?

- **Les pesticides chimiques** ont un **rôle clé dans les systèmes agricoles pour protéger les cultures des bioagresseurs** : amélioration et stabilisation des rendements et de la qualité des produits.
- Les **bioagresseurs** sont des organismes susceptibles de causer des dégâts sur les plantes cultivées.
  - **ravageurs** des cultures : arthropodes phytophages (insectes, acariens), nématodes, gastéropodes, oiseaux, mammifères (rongeurs, taupes, etc.)
  - agents **pathogènes** à l'origine de maladies des plantes cultivées tels que les champignons, bactéries, virus, etc., et par extension les organismes *vecteurs* transmettant les maladies aux plantes
  - plantes **adventices** : plantes spontanées et repousses de cultures (Tibi *et al.*, 2022)
- Trois types de **pesticides** sont mobilisés majoritairement : les **insecticides**, les **fongicides** et les **herbicides**.
- Depuis les années 1950, les pesticides chimiques ont permis une **intensification de la production agricole en association** avec : une **sélection** végétale de variétés à fort potentiel de rendement, une **fertilisation** chimique, une **mécanisation**, et une **simplification des paysages** (Tscharrntke *et al.*, 2005; Jepsen *et al.*, 2015 ),  
en créant une **dépendance des systèmes agricoles** (plus sensibles aux bioagresseurs) **aux pesticides de synthèse** (Lamine *et al.*, 2011).
- Actuellement, en Europe, la protection des cultures se base **majoritairement** sur l'usage de pesticides de synthèse qui sont utilisés de manière systématique parce qu'ils permettent de **s'affranchir des risques liés aux des bioagresseurs** (Jacquet *et al.*, 2022) ;
  - mais elle entraîne **l'apparition de résistances des bioagresseurs** et une « course à l'armement » (Aubertot *et al.*, 2005; Ravigné *et al.*, 2021),
  - et elle a des **impacts majeurs sur les écosystèmes, la biodiversité et la santé humaine...**

## ➤ L'impact des pesticides sur l'environnement et la santé humaine

**Impact des pesticides sur tous les compartiments de l'environnement** (Leenhardt et al., 2022) dont l'eau, les sols, et la biodiversité :

- **6<sup>e</sup> extinction de masse** de la biodiversité (IPBES, 2016)
- - 1% à - 2% nombre d'espèces d'insectes par an dans le monde
- **44% des espèces d'insectes en déclin en Europe** (Sanchez-Bayo et Wyckhuys, 2019)
- **Déclin de la biomasse des insectes de 75%** en Allemagne dans 63 zones protégées sur les **27 dernières années** (Hallmann et al., 2017)
- **Pesticides chimiques : 2<sup>e</sup> facteur responsable du déclin des insectes,** après la **perte d'habitats naturels** (IPBES, 2016 ; Sanchez-Bayo et Wyckhuys, 2019)



Distribution temporelle de la biomasse d'insectes (Hallmann et al., 2017)

**La perte de biodiversité impacte la chaîne trophique, entraînant** par ex. déclin des populations d'oiseaux communs en Europe: -25% entre 1980 et 2016 ; -57% dans espaces agricoles (Rigal et al., 2023)

Elle impacte aussi la **production agricole** en réduisant les services écosystémiques : de **pollinisation**, et de **régulation biologique des bioagresseurs** (Dainese et al., 2019).

# ➤ L'impact des pesticides sur l'environnement et la santé humaine

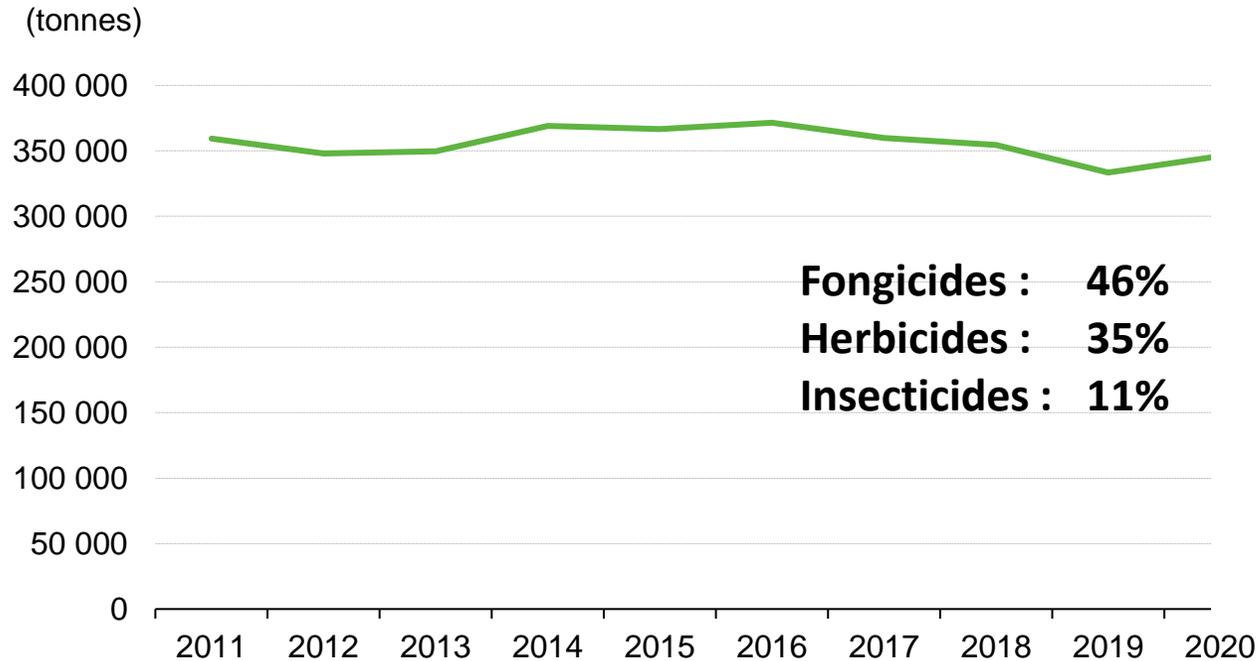
**Présomption d'un lien entre l'exposition aux pesticides et la survenue d'une pathologie**, d'après la synthèse des données de l'expertise Inserm (2021).

Présomption forte : ++, présomption moyenne : +, présomption faible : ±

Maladies	Populations concernées par un excès de risque liées à l'exposition aux pesticides	Présomption d'un lien
Altération des capacités motrices et cognitives chez les enfants	Exposition non professionnelle pendant la grossesse	+
	Exposition professionnelle pendant la grossesse	±
Comportement évocateur des troubles du spectre autistique chez les enfants	Exposition non professionnelle pendant la grossesse	±
<b>Troubles cognitifs</b>	Agriculteurs	++
	Populations générales ou riverains des zones agricoles	+
Troubles anxio-dépressifs	Agriculteurs ou applicateurs de pesticides	+
Maladie d'Alzheimer	Professionnels	+
<b>Maladie de Parkinson</b>	Professionnels	++
	Population générale ou riverains des zones traitées	±
Sclérose latérale amyotrophique	Agriculteurs	±
Hémopathies malignes de l'enfant - Leucémies (LAL)	Exposition professionnelle paternelle préconceptionnelle	+
<b>Leucémies de l'enfant (LAL et LAM)</b>	Exposition domestique ou professionnelle pendant la grossesse ou chez l'enfant	++
<b>Tumeurs du système nerveux central de l'enfant</b>	Exposition professionnelle des parents pendant la période prénatale	++
	Exposition domestique aux pesticides	++
Tumeurs du système nerveux central de l'adulte (gliomes et méningiomes)	Populations agricoles	+
<b>Lymphomes non hodgkiniens</b>	Agriculteurs, applicateurs, ouvriers en industrie de production	++
<b>Myélome multiple</b>	Agriculteurs, applicateurs	++
	Éleveurs	+
Lymphome de Hodgkin	Professionnels du secteur agricole	±
<b>Cancer de la prostate</b>	Agriculteurs, applicateurs, ouvriers en industrie de production	++
Cancer de la vessie	Professionnels	+
	Population générale	±
Cancers du rein	Professionnels	+
Sarcomes des tissus mous et des viscères	Travailleurs agricoles, travailleurs du bois, jardiniers, éleveurs	+
Maladies respiratoires: fonction respiratoire, asthme, sifflements	Exposition professionnelle aux pesticides	+
	Exposition environnementale aux pesticides au domicile	± à +
<b>Bronchopneumopathie chronique obstructive, bronchite chronique</b>	Exposition professionnelle aux pesticides	++
Pathologies thyroïdiennes	Exposition professionnelle aux pesticides	+
Endométriose	Population générale exposée aux pesticides organochlorés	±

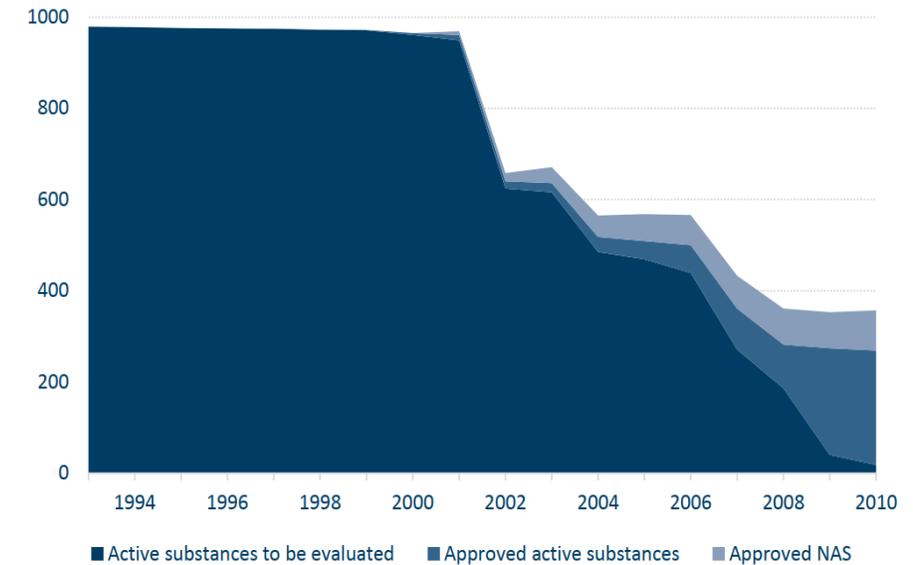
## ➤ Des effets limités des politiques publiques de réduction des pesticides chimiques

Ventes de pesticides dans l'UE 2011-2020 en tonnes de substances actives par an



Note: The EU data do not take into account confidential values. They represent < 1 % of the total sales over the entire time series. Source: Eurostat (online data code: aei\_fm\_salpest09)

Evolution du **nombre de substances actives disponibles** sur le marché européen entre 1993 et 2010



Substances actives à évaluer, substances actives autorisées et nouvelles substances actives approuvées

Source : Chartier et al., 2018

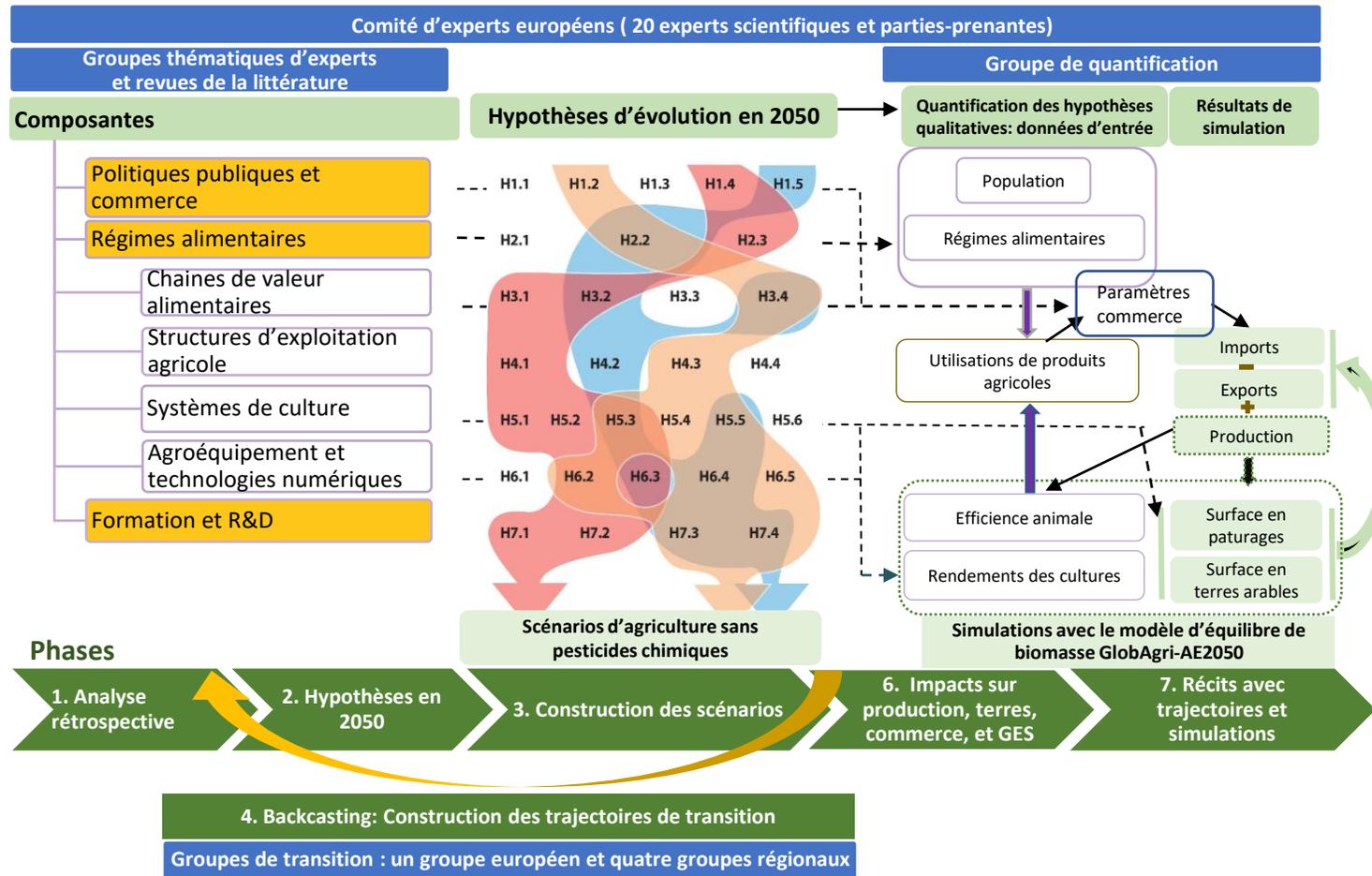
➤ La mise en œuvre d'une prospective sur une agriculture européenne sans pesticides chimiques

# ➤ Pourquoi une prospective sur l'agriculture sans pesticides chimiques en Europe en 2050 ?

- La nécessité de réduire les impacts négatifs des pesticides chimiques utilisés par l'agriculture sur la biodiversité, l'environnement et la santé humaine
- Des politiques européennes de long terme, intégrée au Pacte vert, fixent des objectifs de réduction de l'usage des pesticides par l'agriculture, dont la stratégie « De la ferme à la table » (F2F) qui vise une réduction de 50% de l'utilisation des pesticides chimiques et des risques associés en 2030.
- Les politiques européennes de réduction de l'utilisation des pesticides via des innovations incrémentales ont eu jusque-là des effets limités, ce qui justifie un changement d'approche (Jacquet *et al.*, 2021) :
  - explorer la possibilité d'une agriculture sans pesticides chimiques en 2050 et à l'échelle européenne,
  - par une démarche de prospective.
- Prospective intégrée à l'animation du Programme Prioritaire de Recherche 'Cultiver et Protéger autrement', en relation avec l'Alliance européenne de recherche 'Towards a Chemical Pesticide-Free Agriculture'
- *Terme de pesticides chimiques regroupe les pesticides de synthèse et les pesticides minéraux ou d'origine minérale ayant un impact significatif sur l'environnement et la santé humaine.*

# ➤ Une méthode de prospective originale articulant construction de scénarios, approche de backcasting et simulation

- 144 experts mobilisés
- Une équipe projet DEPE
- 8 groupes d'experts dont un comité d'experts européens



Les résultats de la prospective :

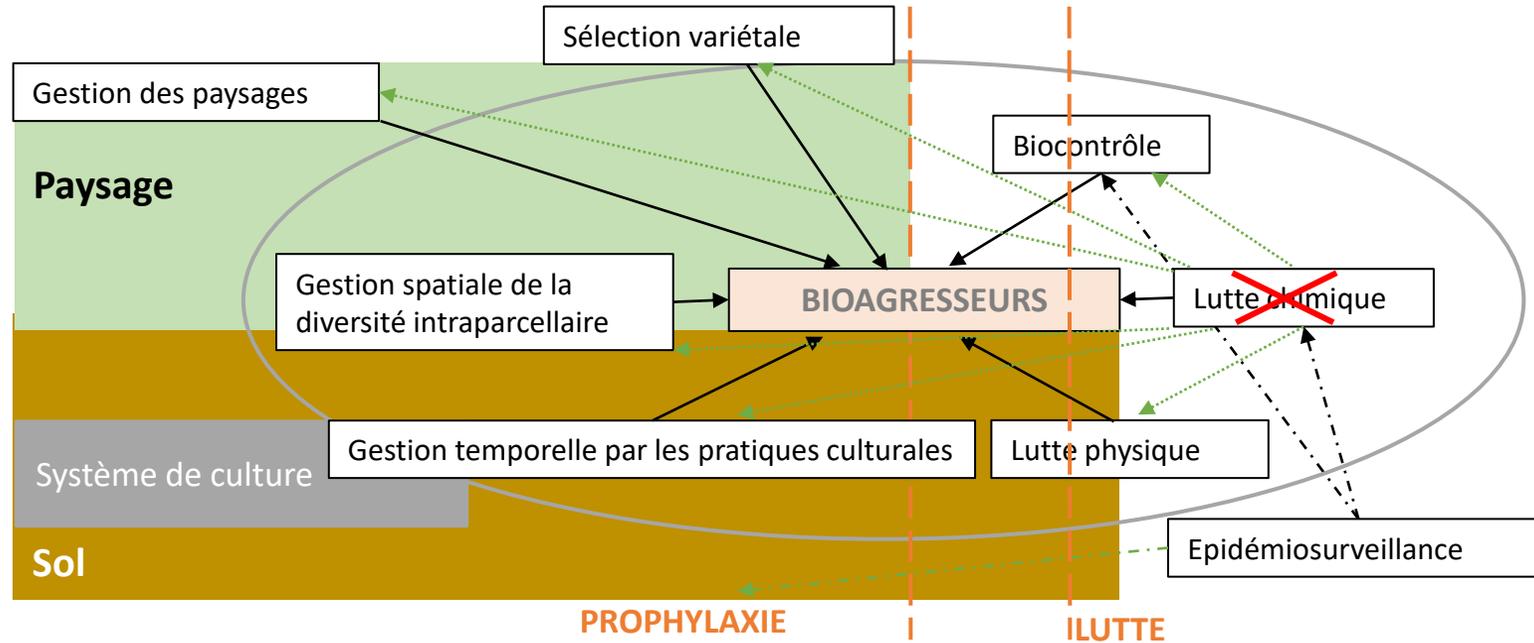
- Trois scénarios et leur trajectoire de transition
- Impact quantifié des scénarios
- Quatre études de cas dans quatre régions européennes





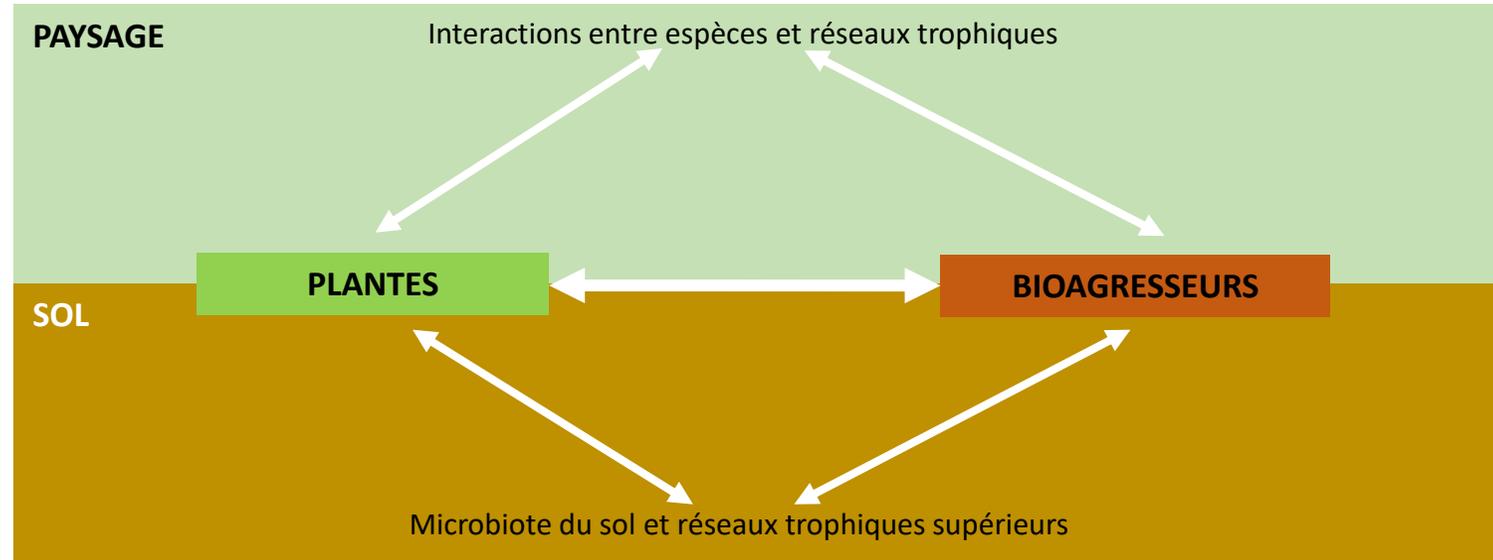
➤ Evolution en 2050 de la composante Stratégies de protection des cultures sans pesticides chimiques

## ➤ Quelles stratégies de protection des cultures sans pesticides chimiques en 2050 ?

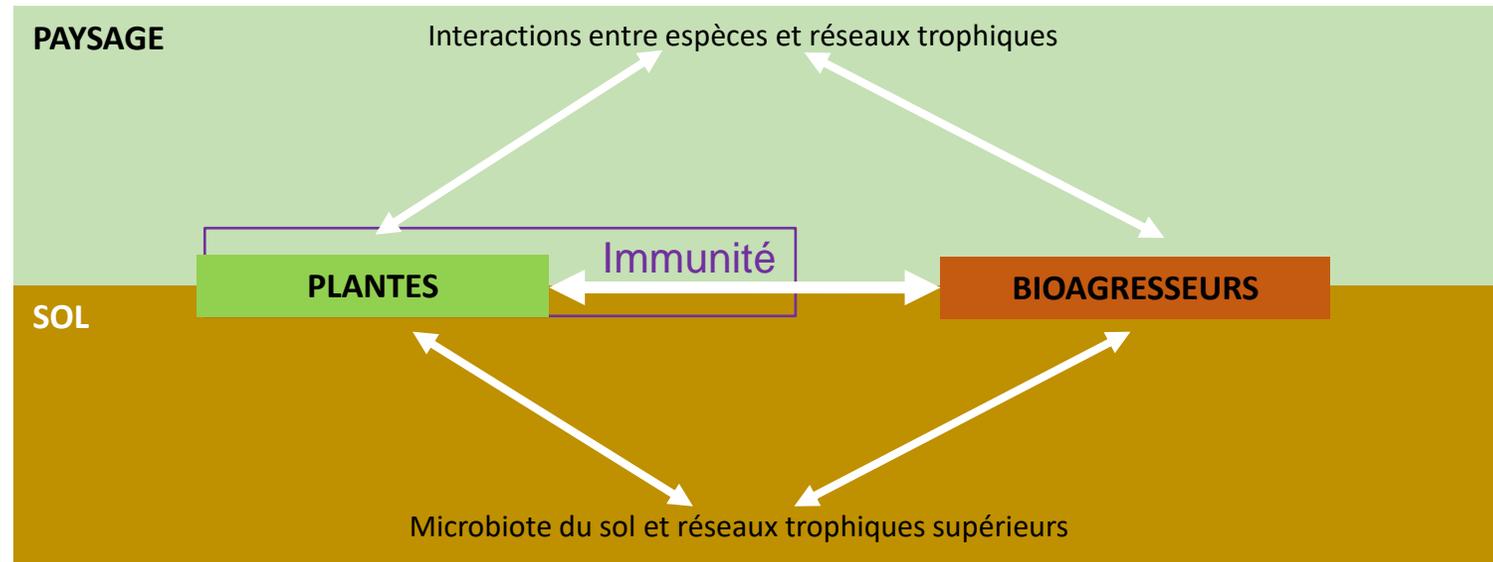


1. Pas de substitution terme à terme possible
2. Nécessité d'une **re-conception des systèmes de culture**
3. Basculement d'une **stratégie de lutte** contre les bioagresseurs (**curative**) vers une **stratégie de prophylaxie** (**préventive**, gestion par anticipation des bioagresseurs)
4. Se doter d'outils de **surveillance** des bioagresseurs et de l'environnement
5. Renforcement des **régulations biologiques à l'échelle du sol et du paysage**
  - qui mobilise les principes de **l'agroécologie**,
  - dont la **diversification** temporelle et spatiale des cultures

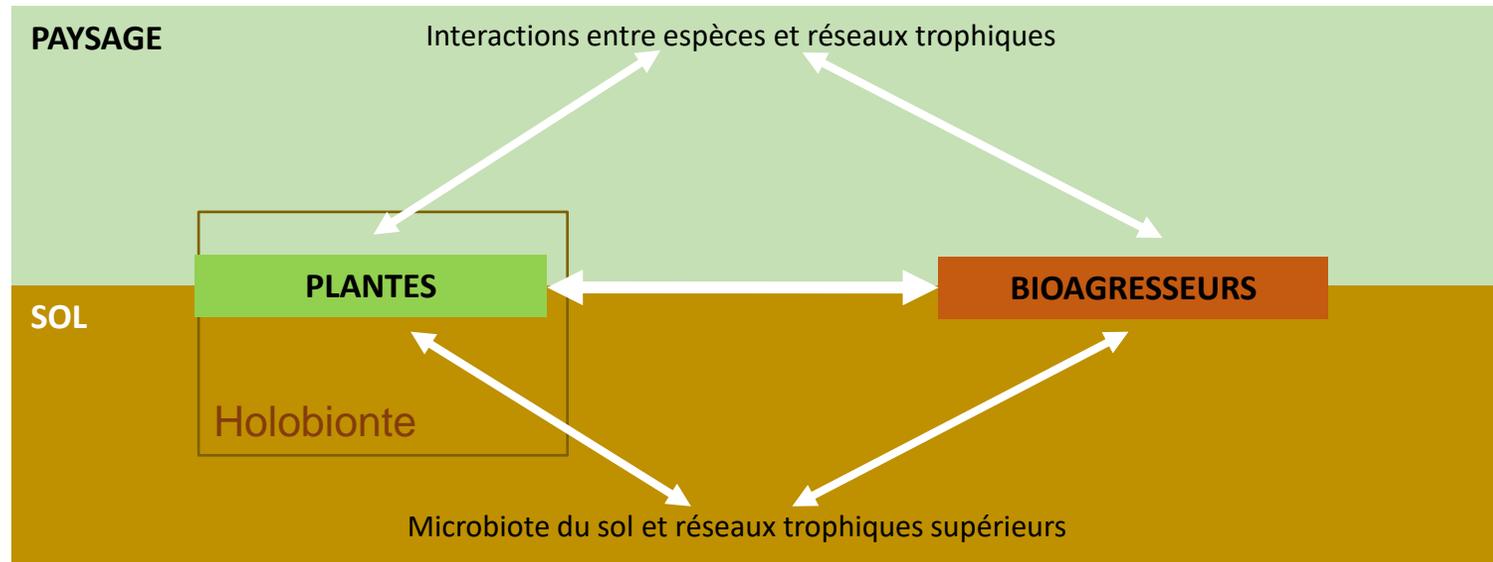
## ➤ Les stratégies de protection des cultures sans pesticides chimiques en 2050



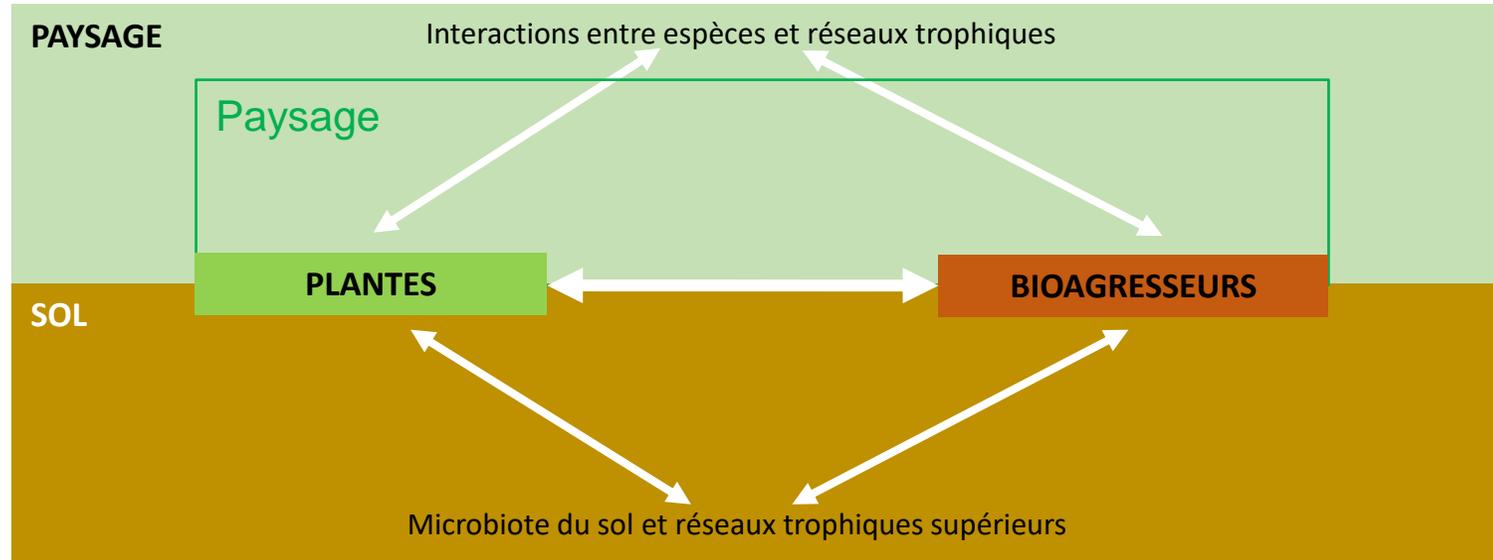
## ➤ Les stratégies de protection des cultures sans pesticides chimiques en 2050 - hypothèse de rupture : Immunité



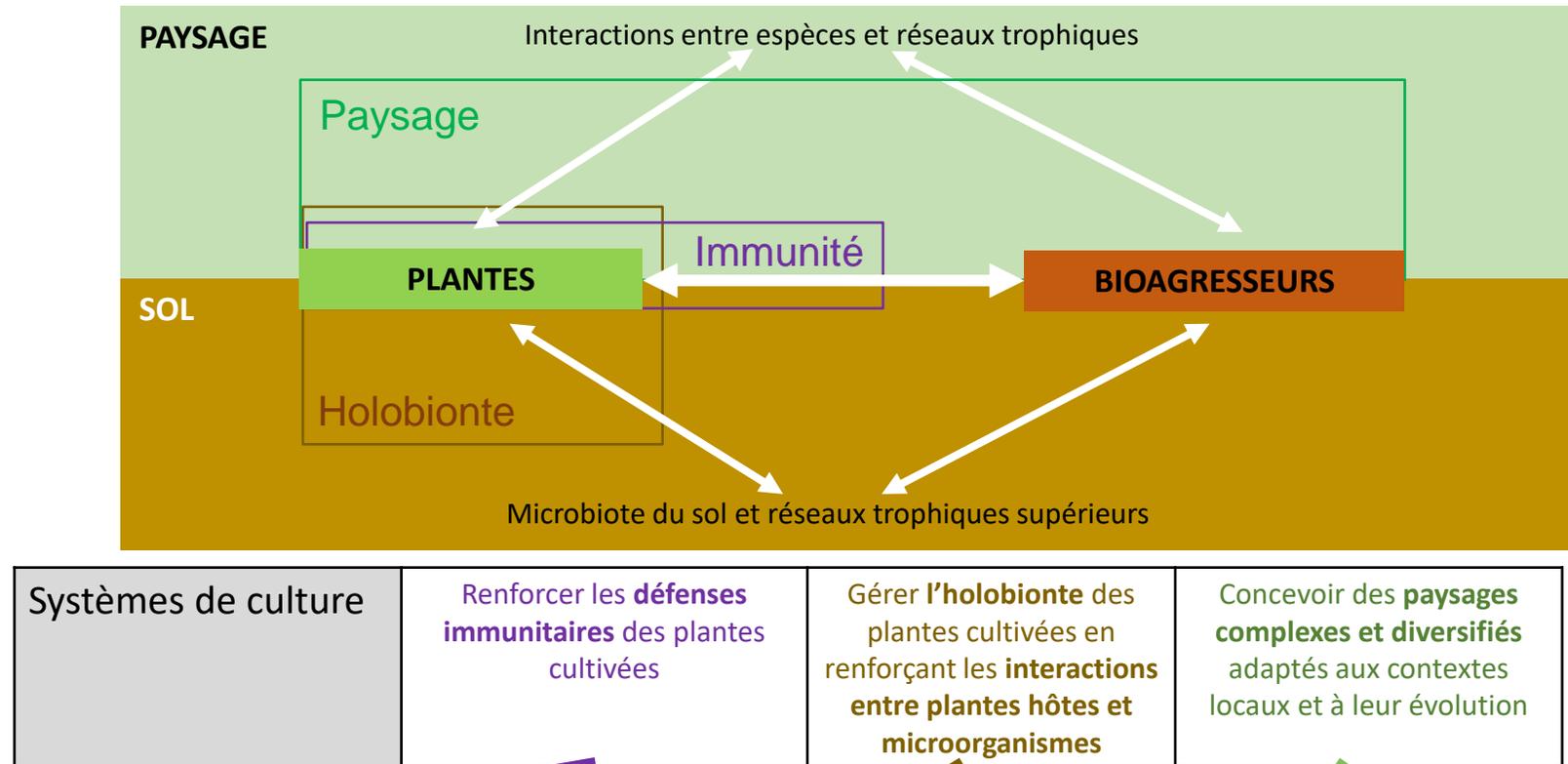
# ➤ Les stratégies de protection des cultures sans pesticides chimiques en 2050 – hypothèse de rupture : Holobionte



## ➤ Les stratégies de protection des cultures sans pesticides chimiques en 2050 – Hypothèse de rupture: Paysage



## ➤ Les hypothèses retenues pour la protection des cultures sans pesticides chimiques en 2050



En mobilisant des stimulateurs de défense des plantes, des biostimulants, à travers la sélection végétale (variétés résistantes), et en jouant sur les interactions avec les microorganismes du sol, les autres cultures et les plantes de services

En développant la biodiversité microbienne pour renforcer l'adaptabilité de l'holobionte et les fonctions du microbiome du sol, par des pratiques culturales, le choix des cultures, l'inoculation de microorganismes (Berg et al, 2021) et la sélection végétale (Wallenstein, 2017)

En renforçant les régulations biologiques en favorisant la diversité biologique dans le temps et l'espace, par des paysages complexes avec 20% d'habitats semi-naturels (Garibaldi et al., 2021), par une mosaïque de cultures diversifiées, par la diversification végétale et la sélection végétale

➤ Evolutions en 2050 des autres composantes de la prospective : chaînes de valeur, structures d'exploitation, agroéquipements

# ➤ Les trois scénarios d'agriculture européenne sans pesticides chimique en 2050

➤ Scénario 1 (S1) : Des chaînes alimentaires mondiales et européennes basées sur les technologies numériques et l'immunité des plantes pour un marché alimentaire sans pesticides chimiques

Chaînes de valeur alimentaire	Approvisionnement en aliments sans pesticides comme standard de sécurité sanitaire	Approvisionnement en aliments sains pour un régime sain	Approvisionnement en aliments préservant la santé humaine et environnementale et fournissant des paysages diversifiés
Structures d'exploitation agricole	Spécialisation et financiarisation des structures d'exploitation avec une agriculture familiale résiduelle	Diversité régionale des structures d'exploitation	Territorialisation et diversification des structures d'exploitation
Systèmes de culture	Renforcer les défenses immunitaires des plantes cultivées	Gérer l'holobionte des plantes cultivées en renforçant les interactions entre plantes hôtes et microorganismes	Concevoir des paysages complexes et diversifiés adaptés aux contextes locaux et à leur évolution
Technologies numériques et agroéquipements	Robots autonomes agissant sur chaque plante	Mutualisation des équipements, des capteurs, des données (organisation collective)	Équipements modulaires s'adaptant à la spécificité des pratiques

## ➤ Scénario 1 (S1) : Des chaînes alimentaires mondiales et européennes basées sur les technologies numériques et l'immunité des plantes pour un marché alimentaire sans pesticides chimiques

Chaînes de valeur alimentaire	Approvisionnement en aliments sans pesticides comme standard de sécurité sanitaire	Approvisionnement en aliments sains pour un régime sain	Approvisionnement en aliments préservant la santé humaine et environnementale et fournissant des paysages diversifiés
Structures d'exploitation agricole	Spécialisation et financiarisation des structures d'exploitation avec une agriculture familiale résiduelle	Diversité régionale des structures d'exploitation	Territorialisation et diversification des structures d'exploitation
Systèmes de culture	Renforcer les défenses immunitaires des plantes cultivées	Gérer l'holobionte des plantes cultivées en renforçant les interactions entre plantes hôtes et microorganismes	Concevoir des paysages complexes et diversifiés adaptés aux contextes locaux et à leur évolution
Technologies numériques et agroéquipements	Robots autonomes agissant sur chaque plante	Mutualisation des équipements, des capteurs, des données (organisation collective)	Équipements modulaires s'adaptant à la spécificité des pratiques

- Des chaînes de valeur globales
- Standards internationaux et certifications privés sur produits issus d'une agriculture sans pesticides
- Spécialisation et financiarisation des structures d'exploitation
- Technologies de surveillance des bioagresseurs et de la santé de chaque plante cultivée dans la parcelle
- Robots intervenant sur chaque plante
- Renforcement de l'immunité des plantes, en faisant appel à des produits de biocontrôle, des stimulateurs de défense des plantes



© Stefano Carlesi

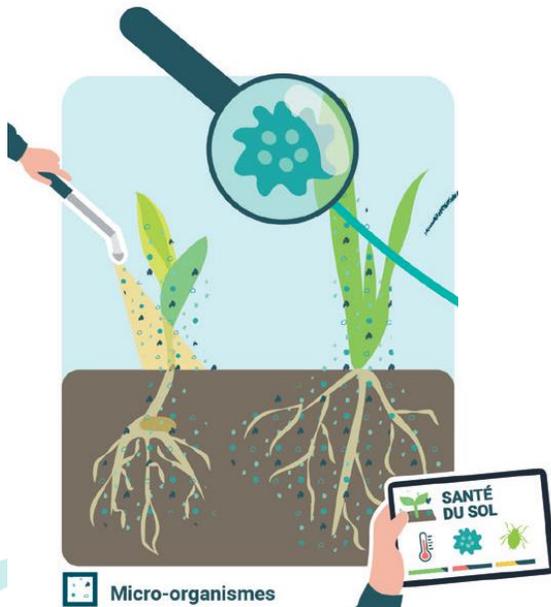
Illustration par la production de blé dur en Toscane (Italie) en 2050

➤ Scénario 2 (S2) : Des chaînes alimentaires européennes basées sur les holobiontes des plantes, les microbiomes du sol et des aliments, pour des aliments et des régimes sains

Chaines de valeur alimentaire	Approvisionnement en aliments sans pesticides comme standard de sécurité sanitaire	Approvisionnement en aliments sains pour un régime sain	Approvisionnement en aliments préservant la santé humaine et environnementale et fournissant des paysages diversifiés
Structures d'exploitation agricole	Spécialisation et financiarisation des structures d'exploitation avec une agriculture familiale résiduelle	Diversité régionale des structures d'exploitation	Territorialisation et diversification des structures d'exploitation
Systèmes de culture	Renforcer les défenses immunitaires des plantes cultivées	Gérer l'holobionte des plantes cultivées en renforçant les interactions entre plantes hôtes et microorganismes	Concevoir des paysages complexes et diversifiés adaptés aux contextes locaux et à leur évolution
Technologies numériques et agroéquipements	Robots autonomes agissant sur chaque plante	Mutualisation des équipements, des capteurs, des données (organisation collective)	Équipements modulaires s'adaptant à la spécificité des pratiques

## ➤ Scénario 2 (S2) : Des chaînes de valeur européennes basées sur les holobiontes des plantes, les microbiomes du sol et des aliments, pour des aliments et des régimes sains

Chaînes de valeur	Approvisionnement en aliments sans pesticides comme standard de sécurité sanitaire	Approvisionnement en aliments sains pour un régime sain	Approvisionnement en aliments préservant la santé humaine et environnementale et fournissant des paysages diversifiés
Structures d'exploitation	Spécialisation et financiarisation des structures d'exploitation avec une agriculture familiale résiduelle	Diversité régionale des structures d'exploitation	Territorialisation et diversification des structures d'exploitation
Systèmes de culture	Renforcer les défenses immunitaires des plantes cultivées	Gérer l'holobionte des plantes cultivées en renforçant les interactions entre plantes hôtes et microorganismes	Concevoir des paysages complexes et diversifiés adaptés aux contextes locaux et à leur évolution
Technologies numériques et agroéquipements	Robots autonomes agissant sur chaque plante	Mutualisation des équipements, des capteurs, des données (organisation collective)	Équipements modulaires s'adaptant à la spécificité des pratiques



Micro-organismes

- Demande pour des produits sains
- Chaînes de valeur européennes sans pesticides chimiques
- Impact sur l'ensemble du système alimentaire
- Suivi des microbiomes : sol, plante, produits stockés, transformés, finaux
- Diversification des cultures pour répondre aux objectifs de régimes sains
- Renforcement des interactions entre plantes hôtes et micro-organismes (gestion de l'holobionte) pour la protection des plantes
  - Grâce à des outils de diagnostic du microbiome
  - Via : pratiques culturales, choix des cultures, gestion des résidus, amendements organiques, inoculations de microorganismes
- Complété par la diversification de cultures et la gestion du paysage



© Tudor Stanciu

Illustration par la production maraîchère en Roumanie du Sud-est en 2050

➤ Scénario 3 (S3) : Des paysages complexes et diversifiés et des chaînes de valeur régionales pour un système alimentaire européen une seule santé

Chaines de valeur alimentaire	Approvisionnement en aliments sans pesticides comme standard de sécurité sanitaire	Approvisionnement en aliments sains pour un régime sain	Approvisionnement en aliments préservant la santé humaine et environnementale et fournissant des paysages diversifiés
Structures d'exploitation agricole	Spécialisation et financiarisation des structures d'exploitation avec une agriculture familiale résiduelle	Diversité régionale des structures d'exploitation	Territorialisation et diversification des structures d'exploitation
Systèmes de culture	Renforcer les défenses immunitaires des plantes cultivées	Gérer l'holobionte des plantes cultivées en renforçant les interactions entre plantes hôtes et microorganismes	Concevoir des paysages complexes et diversifiés adaptés aux contextes locaux et à leur évolution
Technologies numériques et agroéquipements	Robots autonomes agissant sur chaque plante	Mutualisation des équipements, des capteurs, des données (organisation collective)	Equipements modulaires s'adaptant à la spécificité des pratiques

## ➤ Scénario 3 (S3) : Des paysages complexes et diversifiés et des chaînes de valeur régionales pour un système alimentaire européen une seule santé

Chaines de valeur	Approvisionnement en aliments sans pesticides comme standard de sécurité sanitaire	Approvisionnement en aliments sains pour un régime sain	Approvisionnement en aliments préservant la santé humaine et environnementale et fournissant des paysages diversifiés
Structures d'exploitation	Spécialisation et financiarisation des structures d'exploitation avec une agriculture familiale résiduelle	Diversité régionale des structures d'exploitation	Territorialisation et diversification des structures d'exploitation
Systèmes de culture	Renforcer les défenses immunitaires des plantes cultivées	Gérer l'holobionte des plantes cultivées en renforçant les interactions entre plantes hôtes et microorganismes	Concevoir des paysages complexes et diversifiés adaptés aux contextes locaux et à leur évolution
Technologies numériques et agroéquipements	Robots autonomes agissant sur chaque plante	Mutualisation des équipements, des capteurs, des données (organisation collective)	Équipements modulaires s'adaptant à la spécificité des pratiques



- Chaines de valeur territoriales et régionales
- Aliments protégeant santé humaine et environnement
- Transition UE vers une seule santé
- Coordination territoriale pour renforcer les régulations biologiques et relocaliser les chaînes de valeur
- Paysages complexes avec 20% d'habitats semi-naturels
- Changement de la mosaïque des cultures pour faire face aux bioagresseurs
- Diversification temporelle des cultures
- Suivi de l'environnement et anticipation des bioagresseurs
- Équipement agricole modulaire adapté aux pratiques culturelles



© IVBD

Illustration par la production viticole en Bergerac-Duras (France) en 2050



© Sari Autio

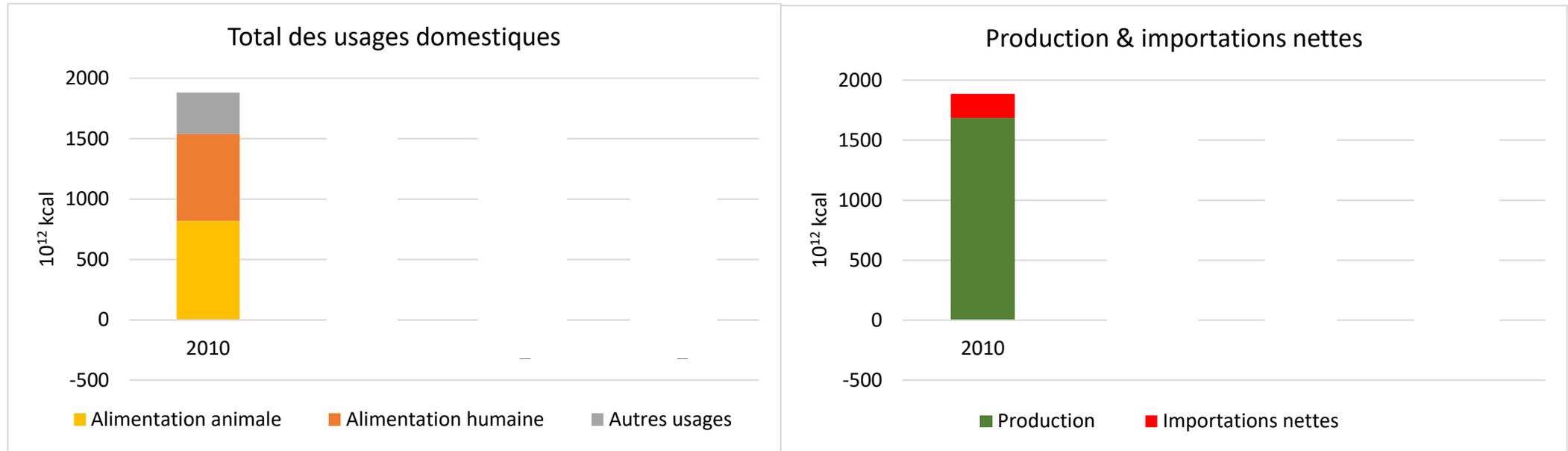
Illustration par la production de céréales et d'oléagineux dans le sud de la Finlande en 2050

- Les scénarios d'agriculture sans pesticides chimiques sont-ils compatibles avec la souveraineté alimentaire de l'Europe ?

## ➤ Les scénarios ont des effets contrastés sur la production agricole européenne

- Par rapport à “2010”, la **production agricole européenne**, mesurée en calories, varie de **-5% à +12% en 2050**, selon les scénarios et l’hypothèse retenue sur les rendements (limite basse ou limite haute de rendement, lb ou lh).
- **La structure de la production varie d’un scénario à l’autre car l’agriculture européenne est intégrée à des systèmes alimentaires complètement différents dans les trois scénarios.**
- Les régimes alimentaires des scénarios **S2 et S3 étant moins riches en produits animaux, l’élevage européen diminue notablement sa production** dans ces scénarios. La production d’ingrédients pour l’alimentation animale diminue conjointement ainsi que le recours à l’herbe des prairies permanentes.
- **La surface en prairies permanentes diminue fortement en Europe dans les scénarios S2 (-28% en 2050 par rapport à “2010”) et S3 (-51%),** les surfaces libérées devenant des zones de végétation arbustive ou de forêts.

## ➤ Deux scénarios ont un impact positif sur la balance commerciale agricole en calories de l'Europe



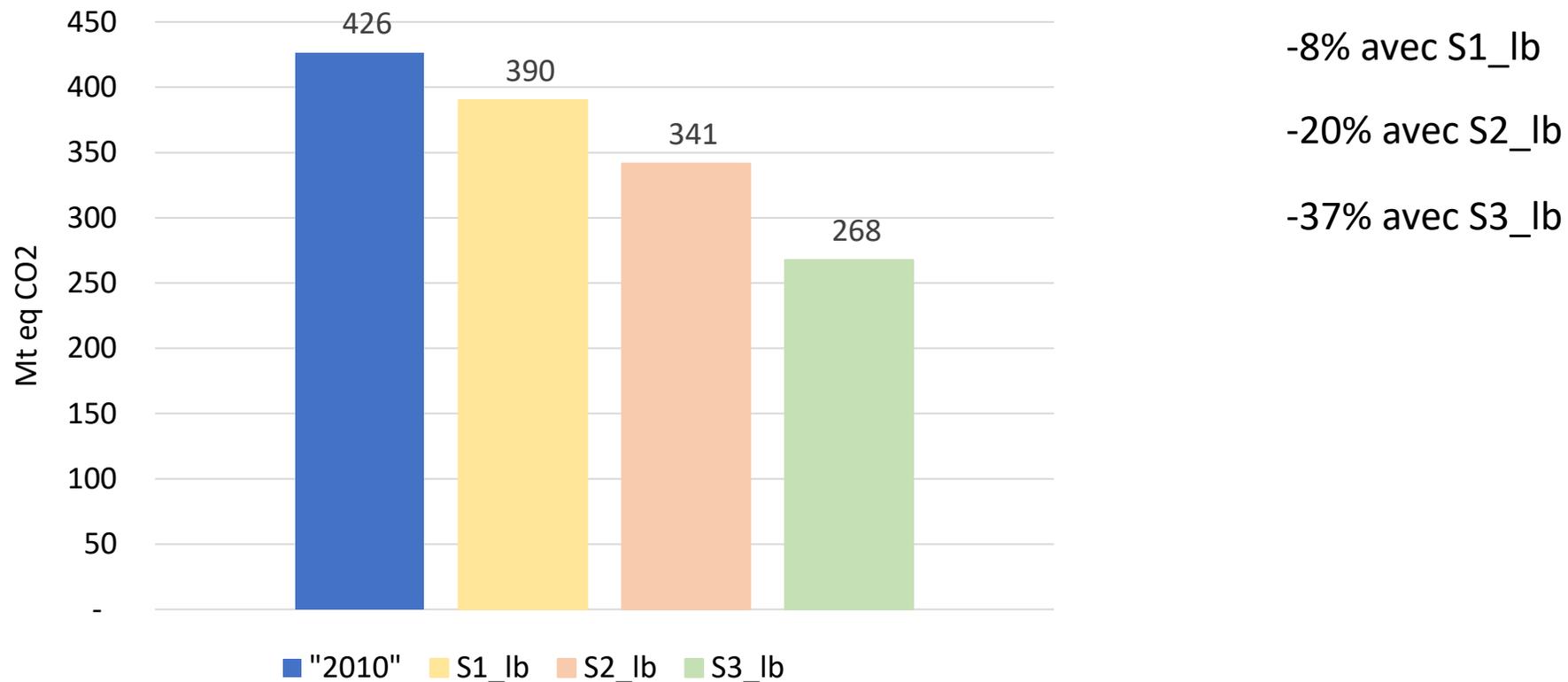
Bilan européen utilisations-ressources en "2010"

(10<sup>12</sup> kcal)

- Comment les scénarios peuvent-ils contribuer au Pacte vert pour l'Europe ?

## ➤ Les scénarios contribuent à améliorer le bilan européen des émissions de GES

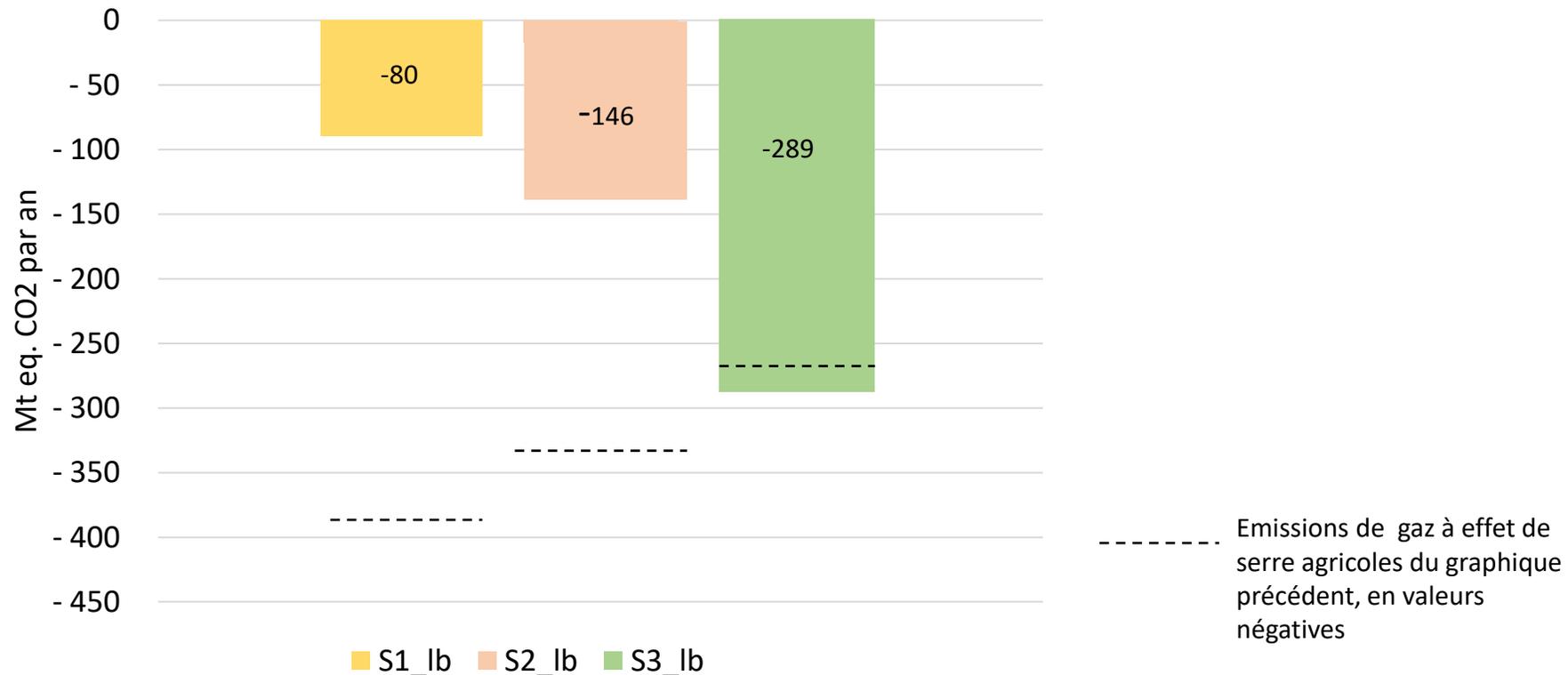
- Tous les scénarios (sauf S1\_lh) entraînent une **réduction des émissions de GES agricoles, par rapport à "2010"**



Emissions de GES agricoles en Europe en "2010" et en 2050 dans S1, S2 et S3 (Mt CO2 eq.)

## ➤ Les scénarios contribuent à améliorer le bilan européen des émissions de GES

- Tous les scénarios entraînent une **réduction des émissions de GES liées au changement d'usage des terres**



Emissions induites par le changement d'usage des terres en Europe dans S1, S2 et S3 (Mt eq. CO2 par an)

## ➤ Messages clés

- Construire une agriculture sans pesticides chimiques en Europe en 2050 suppose la prise en compte du système alimentaire dans sa globalité, et **l'implication de tous ses acteurs.**

- Une **protection efficace des cultures sans pesticides chimiques** repose sur plusieurs leviers qui doivent être combinés : la **diversification** des cultures dans le temps et l'espace, le développement de produits de **biocontrôle** ou de bio-intrants, une **sélection** variétale adaptée, des **agroéquipements** et outils numériques, et des outils de **suivi** de la dynamique des bioagresseurs et de l'environnement.  
Les mécanismes de **régulation biologique à l'échelle du sol, de la parcelle et du paysage** doivent être privilégiés, de même que les actions **prophylactiques**.
- Plusieurs systèmes de culture sans pesticides sont possibles selon qu'ils reposent sur un niveau élevé d'**intrants exogènes** ou sur un haut niveau de **diversification** et de **services écosystémiques**.
- La **résilience** de chaque scénario au changement climatique peut-être évaluée à l'aune de sa robustesse (liée à des facteurs internes, comme la diversification et les services écosystémiques) et de son adaptabilité (liée à des facteurs externes comme, par exemple, les intrants extérieurs).
- Élaborer des stratégies de protection des cultures efficaces sans pesticides chimiques suppose de développer les **connaissances** et les **techniques** sur les processus biologiques, des données et des outils de simulation, afin de mettre au point des **outils d'anticipation** pour la gestion des bioagresseurs, de modeler le **paysage**, et de comprendre les **microbiomes** des sols, **l'holobionte** de la plante et les mécanismes d'**immunité** des plantes.

- La transition vers une agriculture sans pesticides chimiques doit s'appuyer sur une **combinaison de politiques publiques cohérentes** sur l'utilisation des pesticides, articulées avec d'autres politiques comme les **politiques alimentaires** ; elle suppose une transformation de la **politique agricole commune** et des instruments économiques utilisés pour soutenir cette **transition** ; enfin des **accords commerciaux** aux frontières de l'Union européenne doivent garantir le développement de marchés sans pesticides chimiques.
- La transition doit également intégrer le **partage des risques** entre les acteurs, la **co-conception** des technologies et des systèmes de culture, et la transformation des **secteurs amont et aval** de l'agriculture.

## ➤ Pour en savoir plus...

<https://www.inrae.fr/actualites/agriculture-europeenne-pesticides-2050>

Contact: [olivier.mora@inrae.fr](mailto:olivier.mora@inrae.fr)

