Prospective et agronomie: Repenser les concepts de l'agronomie par la prospective ? L'exemple d'Agriculture européenne sans pesticides en 2050

Olivier Mora

INRAE, Direction de l'expertise scientifique collective, de la prospective et des études (DEPE)

Entretiens agronomiques Olivier de Serre. L'engagement des agronomes pour la transformation des systèmes agricoles : évolution des cadres de pensée et des postures

24 juin 2026

Plan

En quoi le détour par les futurs que propose la prospective peut permettre de repenser les systèmes agricoles et interroge les concepts de l'agronomie ?

Introduction:

- Le point de vue de la prospective
- L'exemple de la prospective Agriculture européenne sans pesticides en 2050

1. La prospective pour penser les systèmes techniques agricoles du futur
2. Les trois scénarios Agriculture européenne sans pesticides en 2050
3. La prospective et la modélisation couplées pour évaluer l'impact futur des systèmes agricoles à l'échelle européenne
4. La prospective pour imaginer des chemins de transition avec les acteurs parties prenantes

Conclusion

Introduction: les prospectives à INRAE DEPE

Une définition de la prospective

La prospective consiste, en mettant en œuvre des **méthodes explicites**, à élaborer des **conjectures** sur l'évolution **future** d'un **système** sociotechnique, économique ou écologique, et à les **mettre en discussion** de manière **structurée** (Mora et al. [2025] d'après Barré [2005] et Mermet [2005]).

Une activité de prospective imbriquée à une institution de recherche

- Pour **anticiper** les enjeux futurs et **les besoins de recherche**
- Pour **prendre en compte les changements de long terme** de la société et des milieux
- Pour **éclairer les choix** en informant le débat public et les décideurs en **ouvrant des débats** sur la **pluralité** des futurs possibles

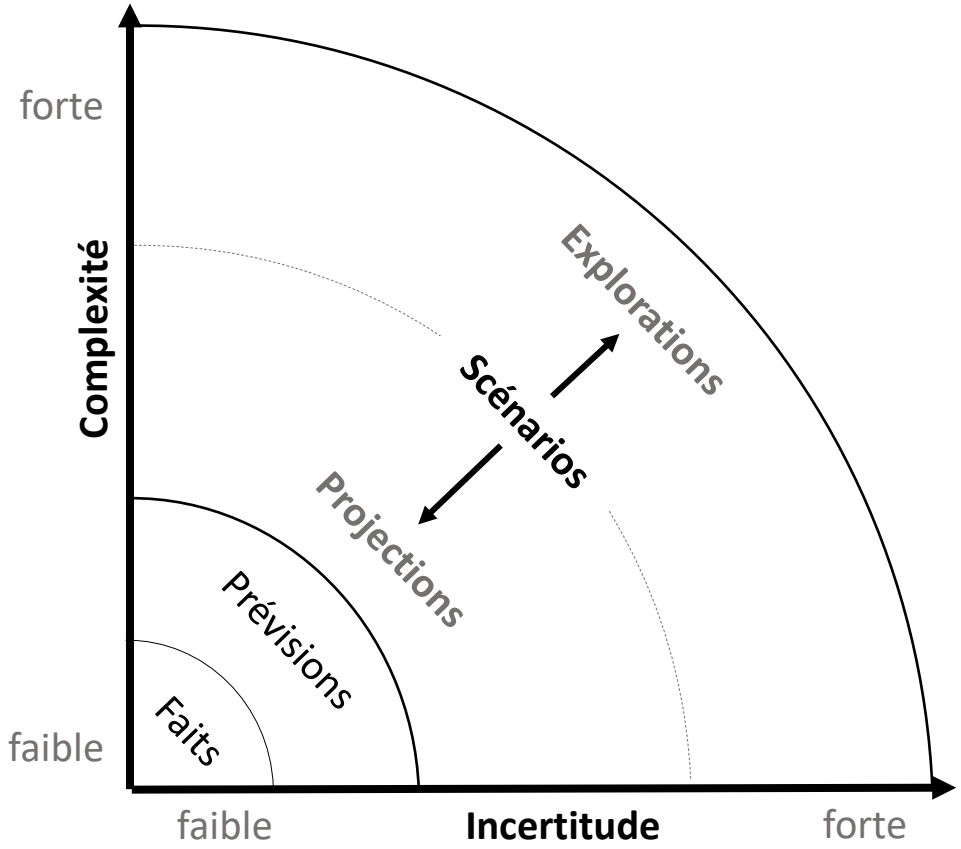
Une approche de prospective **systémique et interdisciplinaire**,

Une activité d'**intelligence collective** intégrant les **parties prenantes** dans des groupes **pluri/trans-disciplinaires**

- pour **explorer** les futurs possibles et les **anticiper**
- ou élaborer des futurs **souhaitables**

Mora O., Béthinger A., Meunier C., 2025. Principes de conduite des prospectives à INRAE. Imaginer demain pour agir aujourd'hui. Direction de l'Expertise scientifique collective, de la Prospective et des Études (DEPE), 38 p. DOI: 10.17180/dxd3-g371 <hal-05316169>

Le rôle de la prospective dans le traitement de l'incertitude et de la complexité



Mora O., Bethinger A. 2025. La prospective et les questionnements autour de l'élevage (chap.1). In: Wilfart, A., & Vayssières, J., *Futurs de l'élevage dans les systèmes agri-alimentaires. Prospectives et évaluation multicritère de scénarios*, Ed. Quae, Update sciences et technologies, pp. 19-34, 978-2-7592-4066-1.

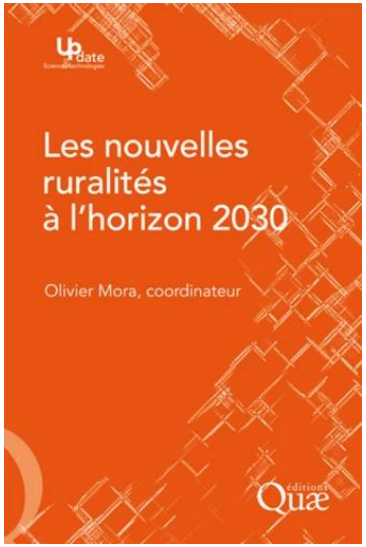
Quelques prospectives menées à INRAE DEPE

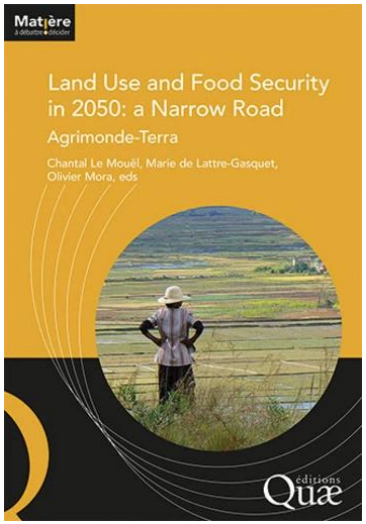
L'exploration des futurs possibles d'objets controversés, subissant des crises, ayant des dynamiques incertaines, et traversés par de multiples enjeux

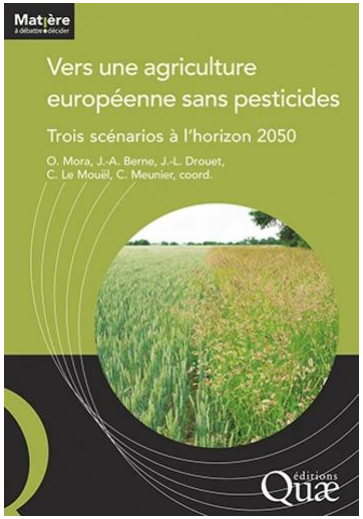
- Les nouvelles **ruralités** en 2030 [INRA]
  https://www.quae.com/produit/85/9782759209736/les-nouvelles-ruralites-a-l-horizon-2030
- La **Forêt** des Landes de Gascogne en 2050 [Région Aquitaine + INRA]
  https://www.inrae.fr/actualites/quel-avenir-massif-landes-gascogne-lhorizon-2050
- **La montée du niveau de la mer :** conséquences et anticipations d'ici 2100, l'éclairage de la prospective [AllEnvi] https://www.quae-open.com/produit/172/9782759233083/la-montee-du-niveau-de-la-mer-d-ici-2100
- Usages des **terres** et **sécurité alimentaire mondiale** en 2050 [INRA + CIRAD] https://www.quae-open.com/produit/107/9782759228805/land-use-and-food-security-in-2050-a-narrow-road

Mais aussi l'élaboration de futurs souhaitables et de chemins de transitions :

- Agriculture européenne **sans pesticides chimiques** en 2050 [Programme Prioritaire de Recherche « Cultiver et protéger autrement »]
  https://www.inrae.fr/actualites/agriculture-europeenne-pesticides-2050





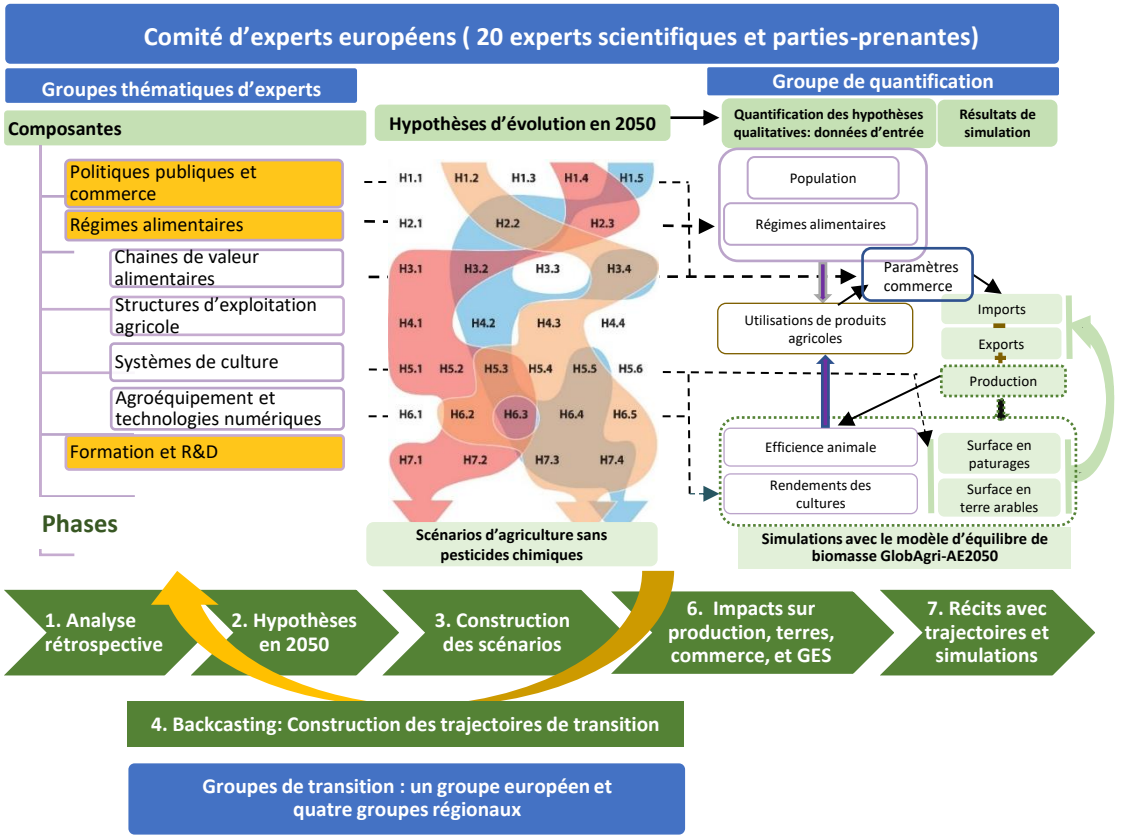


L'exemple de la prospective Agriculture européenne sans pesticides en 2050

- Les **politiques européennes de réduction** de l'utilisation des pesticides (Directive SUD) via des **innovations incrémentales** (Protection intégrée des cultures) ont eu jusque-là **des effets limités**, ce qui justifie un changement d'approche.
- Des objectifs ambitieux de réduction de l'usage des pesticides par l'agriculture, dans les politiques européennes, 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**.
- **Une approche disruptive** (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 la prospective originale articulant construction de scénario, approche de backcasting, et simulation



- Un projet de plus de **2 ans**
- Une **équipe projet dédiée**
- **144 experts européens** mobilisés au sein d'un **comité d'expert européens** et de différents **groupes thématiques**

Les résultats de la prospective :

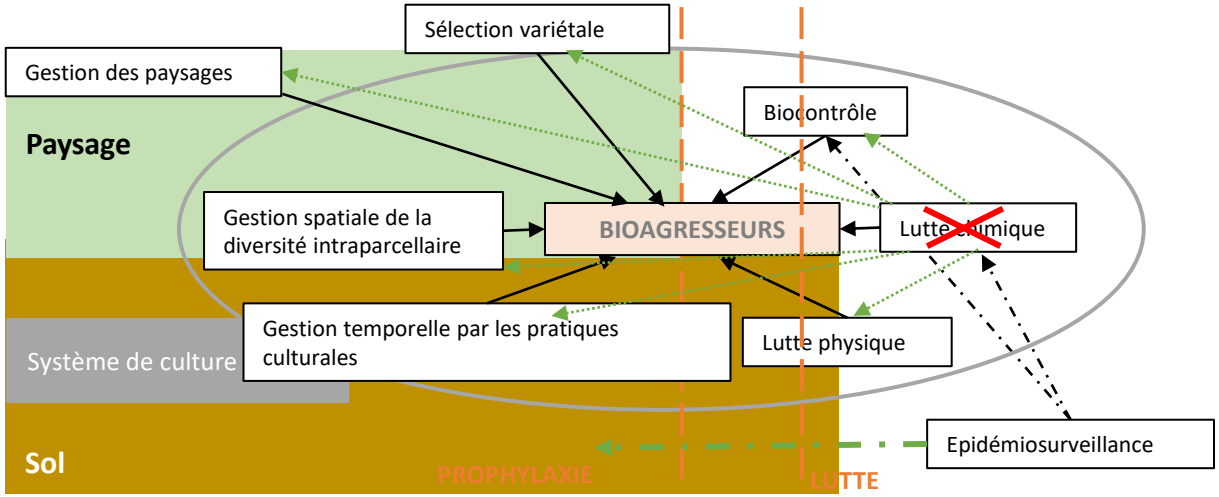
- **Trois scénarios et leur trajectoire de transition**
- **Impact quantifié des scénarios**
- **Quatre études de cas dans quatre régions européennes**

INRAE

1. La prospective pour penser les systèmes agricoles du futur et les principes d'une protection des cultures sans pesticides chimiques

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

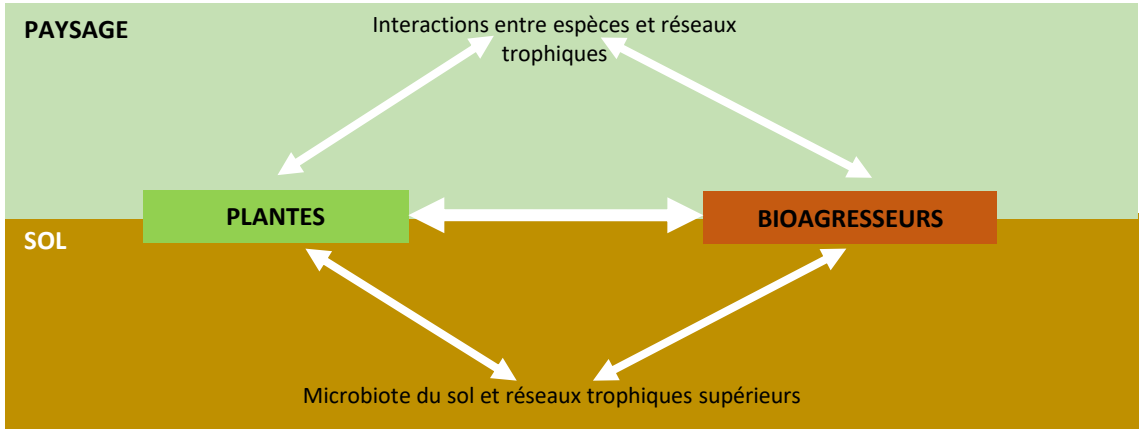
En s'inspirant de l'approche de l'innovation par retrait (Goulet et Vinck, 2012), la question suivante a été posé à un groupe d'experts pour imaginer une protection des cultures sans pesticides chimiques : Lorsqu'on supprime la lutte chimique, que se passe-t-il dans la protection des cultures ?



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

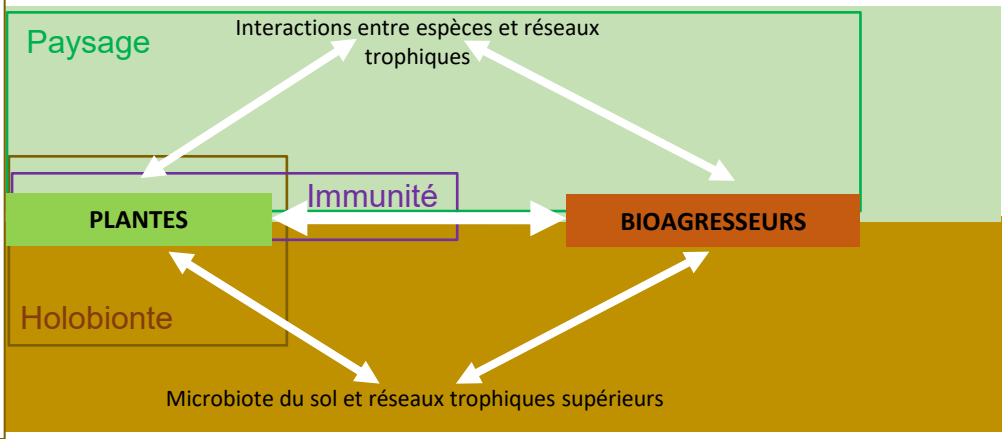
INRAE

Les hypothèses de rupture pour une protection des cultures sans pesticides chimiques en 2050



Les hypothèses de rupture pour une protection des cultures sans pesticides chimiques en 2050

Un **holobionte** correspond à une entité vivante constituée d'un organisme supérieur - une plante hôte - et de son microbiote, c'est-à-dire de la cohorte de microorganismes qui lui est étroitement associé (bactéries, virus, archées, protistes et champignons microscopiques)



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

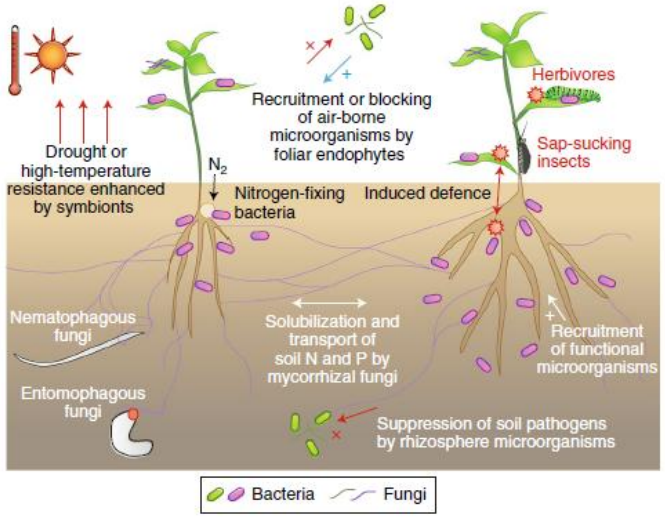
En mobilisant des stimulateurs de défense des plantes, des biostimulants, à travers la sélection végétale (variétés résistantes), et en jouant sur les interactions avec les microorganismes du sol, les autres cultures et les plantes de services

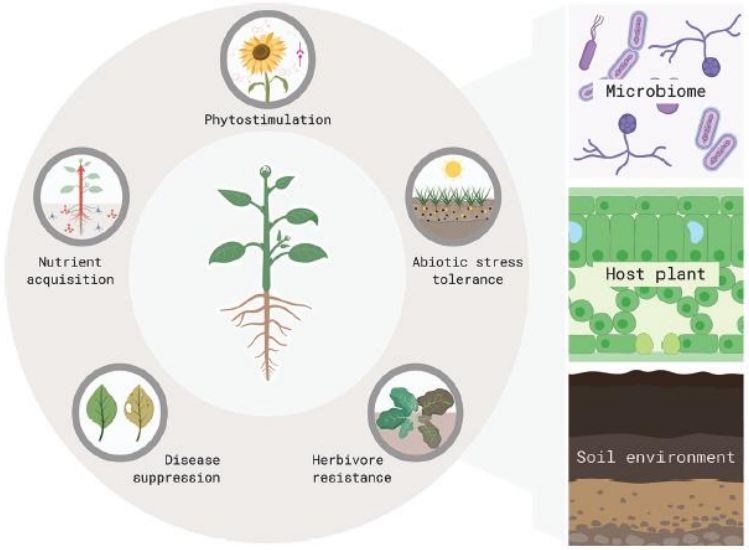
En développant la biodiversité microbienne pour renforcer l'adaptabilité de l'holobionte et les fonctions du microbiome du sol, par des pratiques culturales, le choix des cultures, l'inoculation de microorganismes (Berg et al, 2021) et la sélection végétale (Wallenstein, 2017)

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

Les interactions hôte-microorganismes et l'holobionte des plantes

Réseaux enchevêtrés d'interactions souterraines (Source : Toju et al. 2018)





Représentation schématique des fonctions bénéfiques du microbiome de la plante (Source : Tosi et al., 2020)

- Un holobionte correspond à une entité vivante constituée d'un organisme supérieur - une plante hôte - et de son microbiote, c'est-à-dire de la cohorte de microorganismes qui lui est étroitement associé (bactéries, virus, archées, protistes et champignons microscopiques) (Margulis, 1991; Rosenberg and Zilber-Rosenberg, 2008; Vandenkoornhuyse *et al*., 2015; Wallenstein, 2017; Toju et al., 2018; Simon *et al*., 2019; Berg *et al*., 2021)
- **Renforcer la santé et l'adaptabilité de l'holobionte** en jouant sur l'interaction de trois composants: le microbiome, la plante hôte et le sol

INRAE

Imaginer des systèmes de culture permettant une gestion de l'holobionte de la plante cultivée

Deux **ateliers** avec des spécialistes de l'écologie microbienne, de la génétique et de l'agronomie:

- Ouvrir **un dialogue interdisciplinaire** autour des pratiques agronomiques permettant de renforcer l'holobionte de la plante cultivée, à partir de **résultats de fronts de science en écologie microbienne**
- Répondre à une **double exigence temporelle**:

(i) accroitre la **diversité des communautés microbiennes**

(ii) construire **des systèmes de culture s'appuyant sur les interactions hôtes-microbiome en prenant** en compte la **dimension multiservice du microbiote** (nutrition, mycorhization, résistance aux stress, plasticité phénotypique) dans le système de culture.

Différents types de leviers identifiés:

- **Pratiques culturales** pour piloter le microbiome: travail du sol, choix des cultures, amendements organiques et gestion des résidus,
- **Inoculation** de microorganismes clés pour moduler le microbiome du sol
- **Sélection** variétale adaptée pour renforcer les interactions plante hote-microbiote
- **Surveillance**: suivi continu du microbiome du sol à l'échelle de la parcelle (mesurer les effets au cours du temps du système de cultures sur le microbiote et les conséquences des interventions ciblées visant à moduler le microbiote)

Reconcevoir les systèmes de culture autour d'une **gestion adaptative**, logique d'anticipation et préventive, **dépendante du contexte local** - à l'échelle de la parcelle

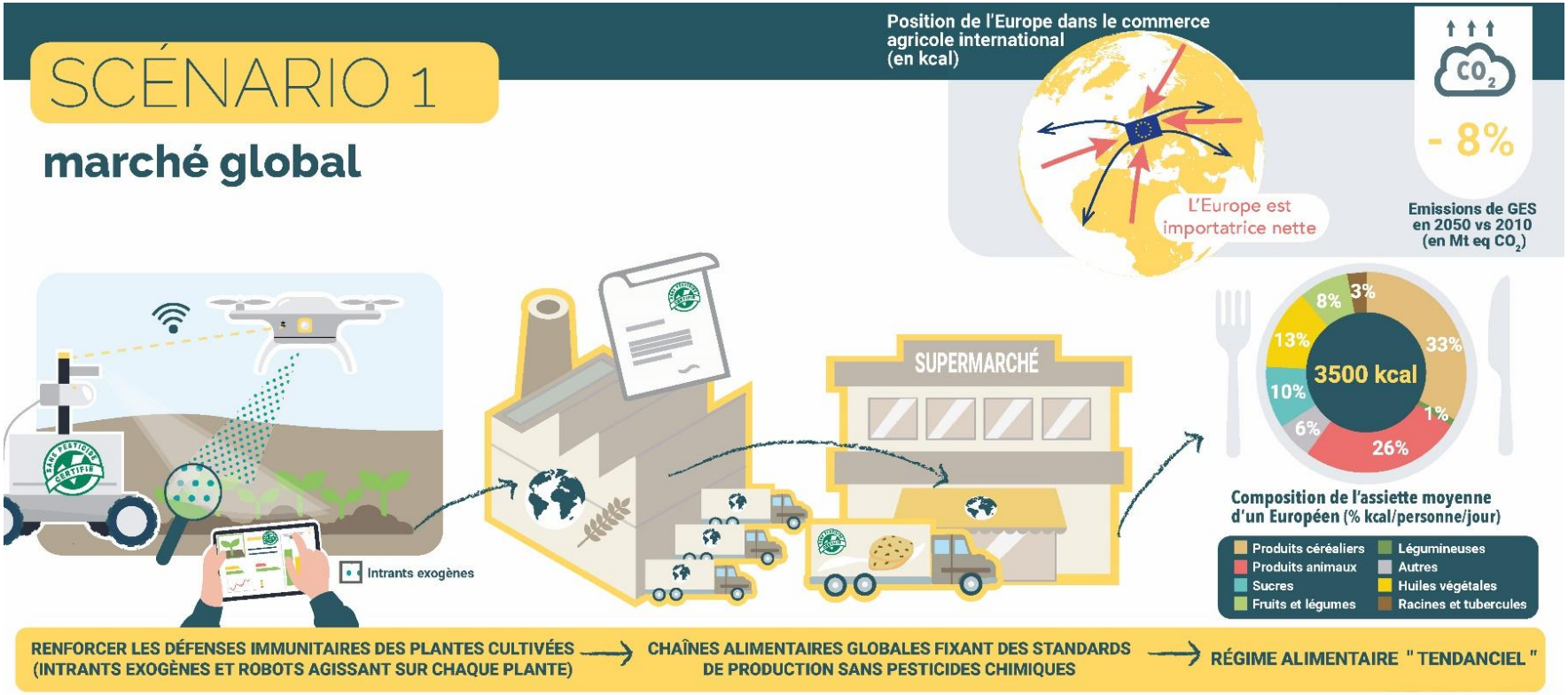
2. Les trois scénarios Agriculture européenne sans pesticides chimiques en 2050

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

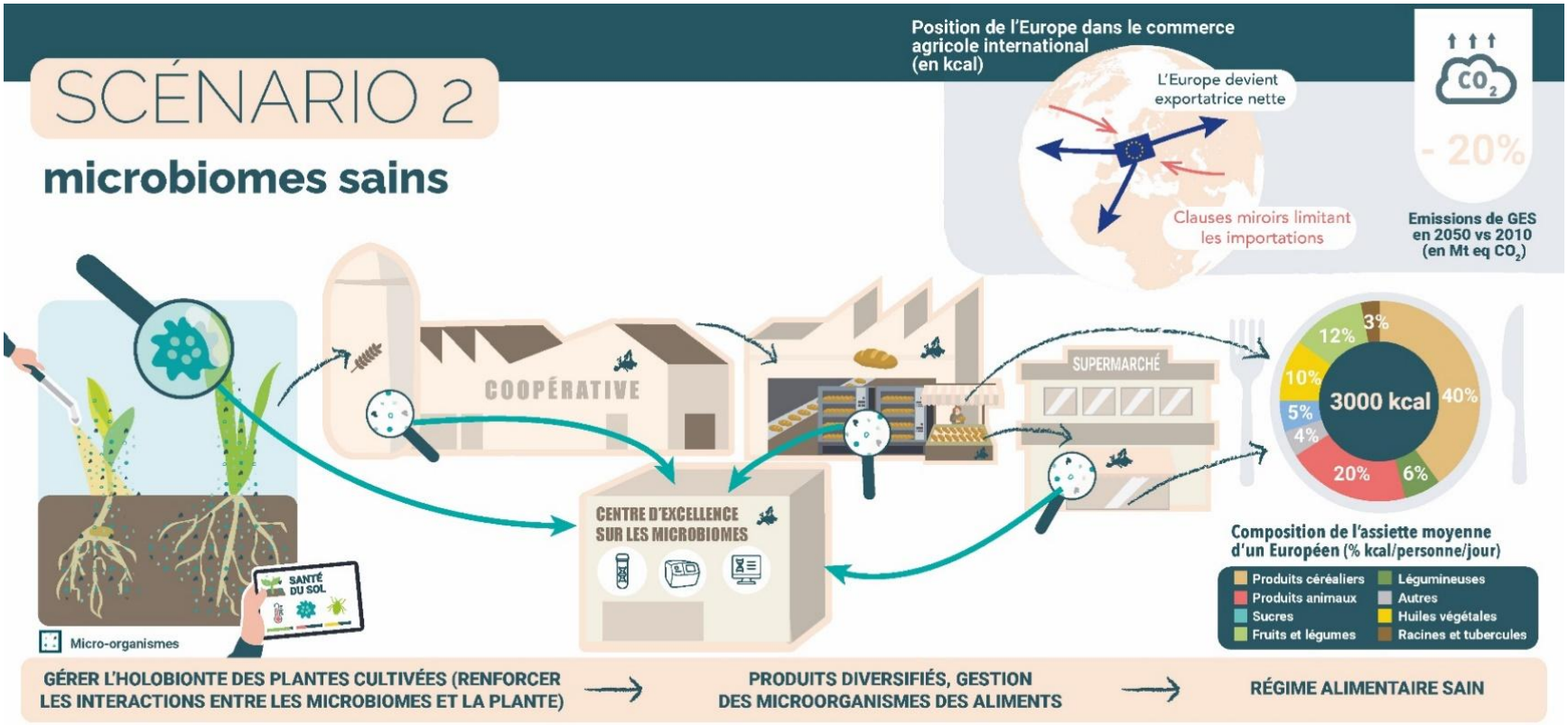
Chaines de valeur alimentaire	Approvisionnement en aliments sans pesticides comme standard de sécurité sanitaire	Approvisionnement en aliments sains pour un régime sain	Approvisionnement en aliments préservant la santé humaine et environnementale et fournissant des paysages diversifiés
Structures d'exploitation 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

INRAE

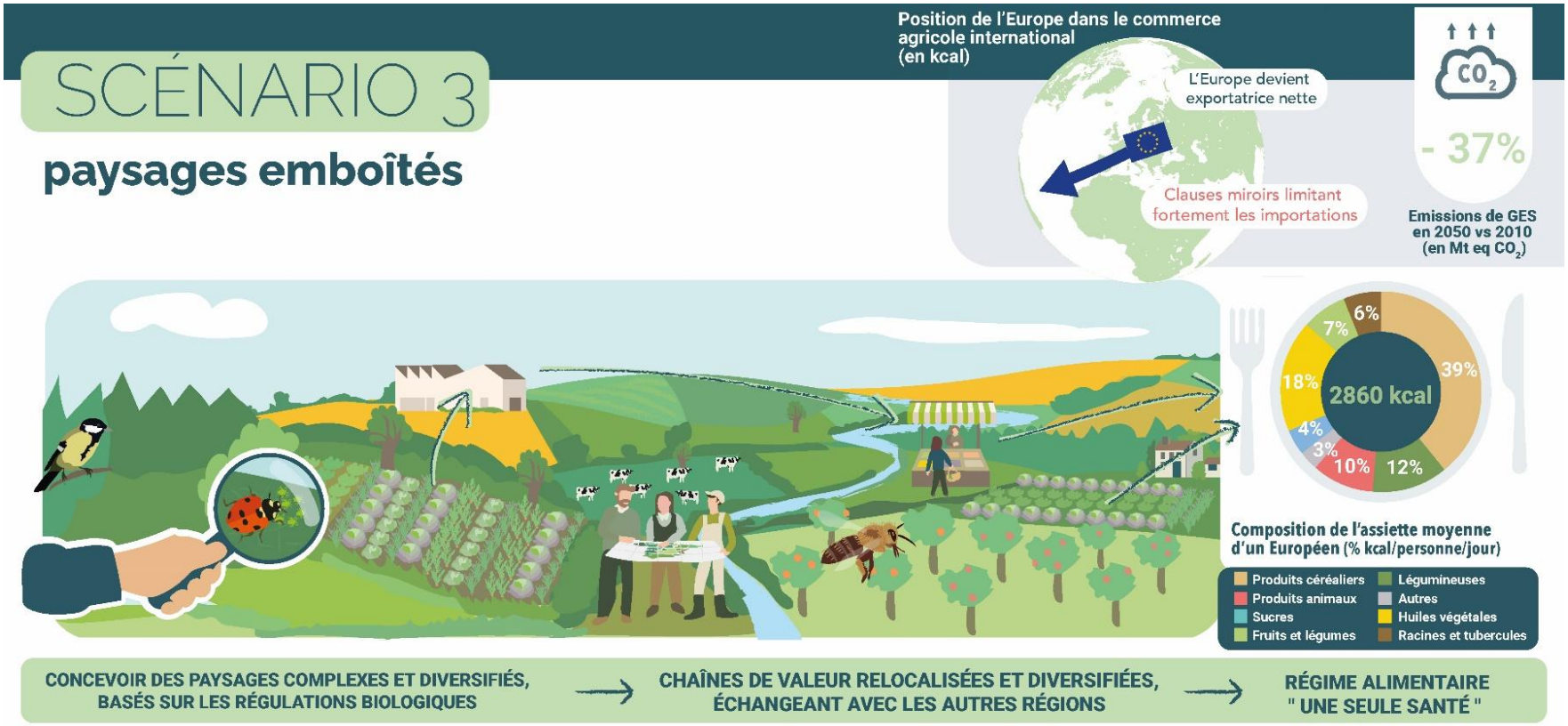
Scénario 1 (S1) : Des chaines alimentaires mondiales et européennes basées sur les technologies numériques et l'immunité des plantes pour un marché alimentaire sans pesticides chimiques



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

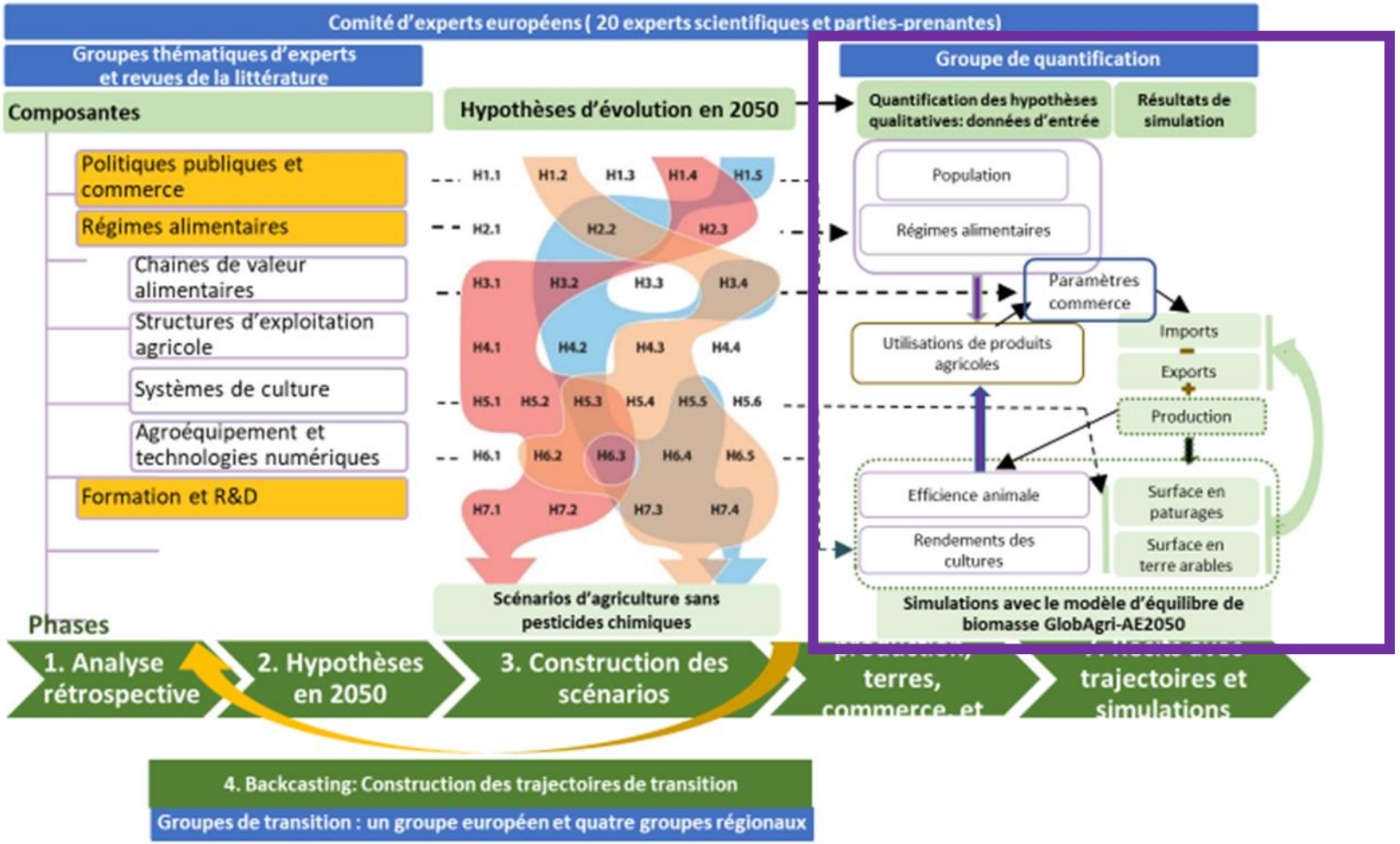


Scénario 3 (S3) : Des paysages complexes et diversifiés et des chaines de valeur régionales pour un système alimentaire européen une seule santé



3. La prospective et la modélisation couplée pour évaluer l'impact futur des systèmes agricoles à l'échelle européenne

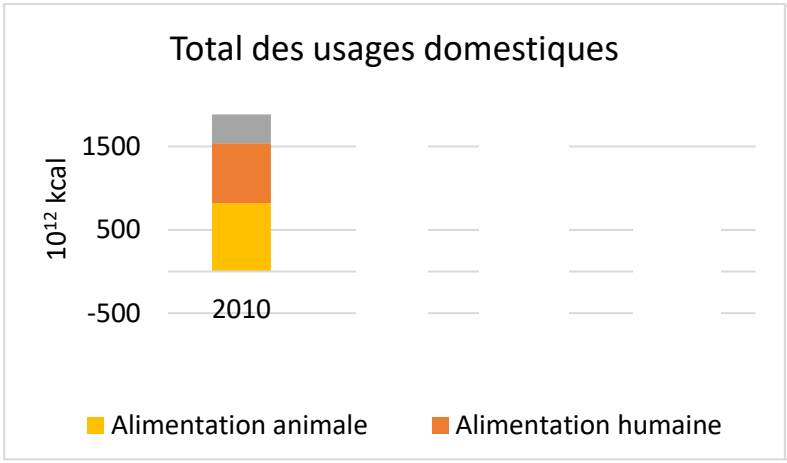
Un couplage* entre approche des scénarios et de simulation

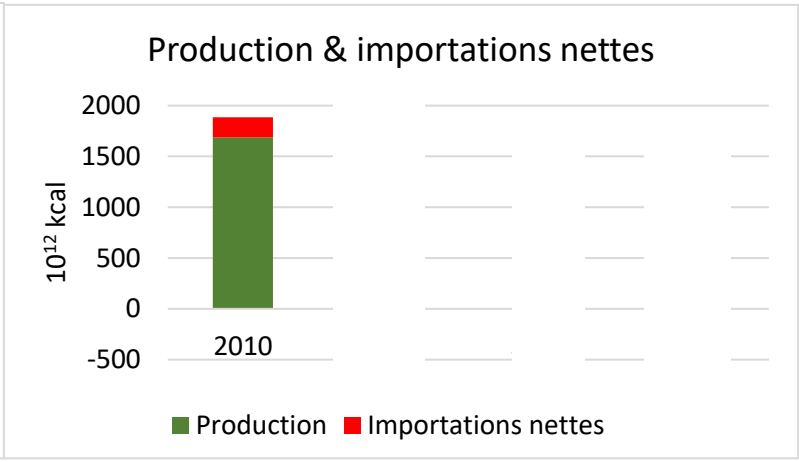


***Différence entre approche couplée et intégrée en prospective**:

Wiebe, K., Zurek, M., Lord, S., Brzezina, N., Gabrielyan, G., Libertini, J., Loch, A., Thapa-Parajuli, R., Vervoort, J., Westhoek, H., 2018. Scenario development and foresight analysis: exploring options to inform choices. Annu. Rev. Environ. 43 (1), 545-570.

Les résultats de la simulation: les impact des scénarios sur la balance commerciale agricole en calories de l'Europe





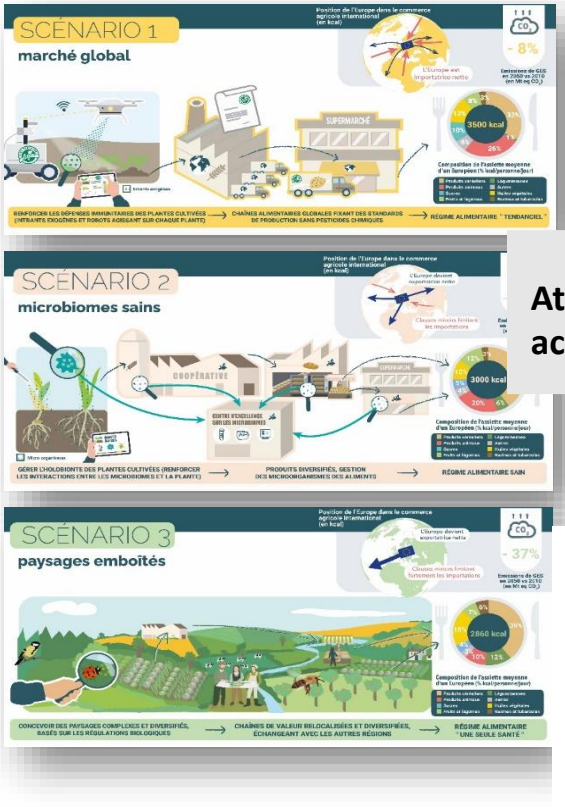
Bilan européen utilisations-ressources en "2010"

(10^{12} kcal / an)

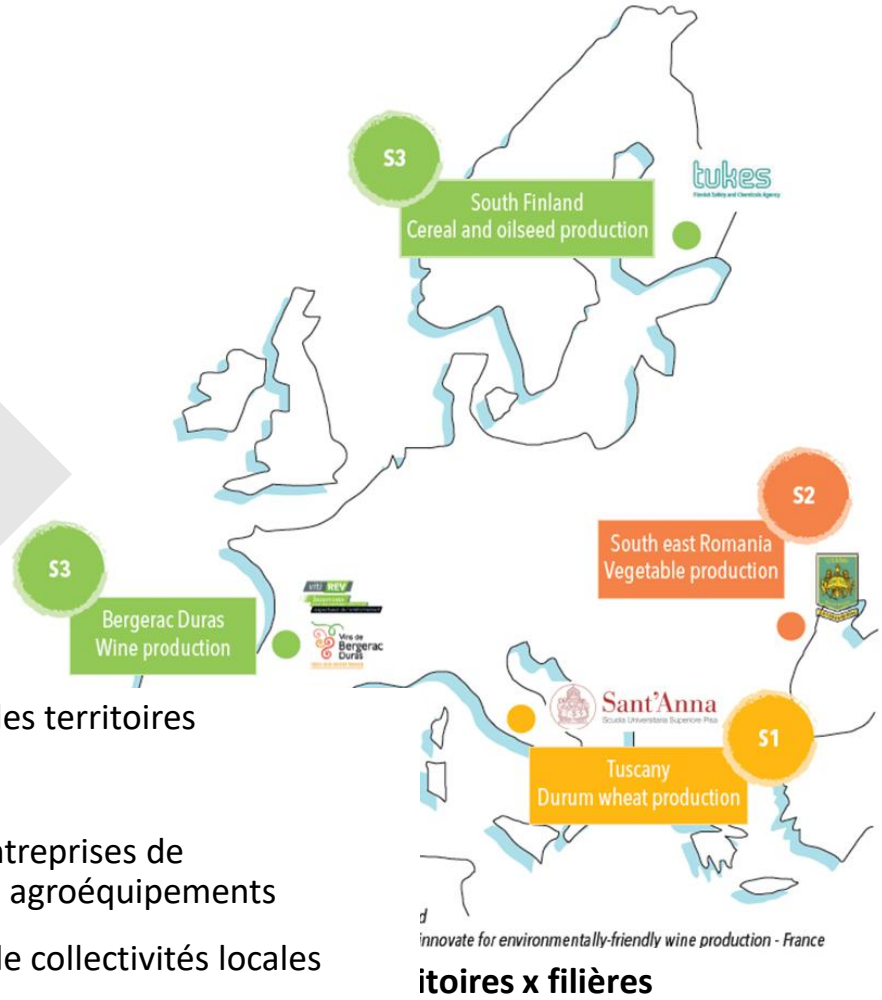
4. La prospective pour imaginer des chemins de transition avec les acteurs parties prenantes

Construire des chemins de transition vers une agriculture sans pesticides chimiques avec les acteurs territoriaux en s'appuyant sur les scénarios européens

Trois scénarios européens



Ateliers participatifs avec acteurs locaux et chercheurs



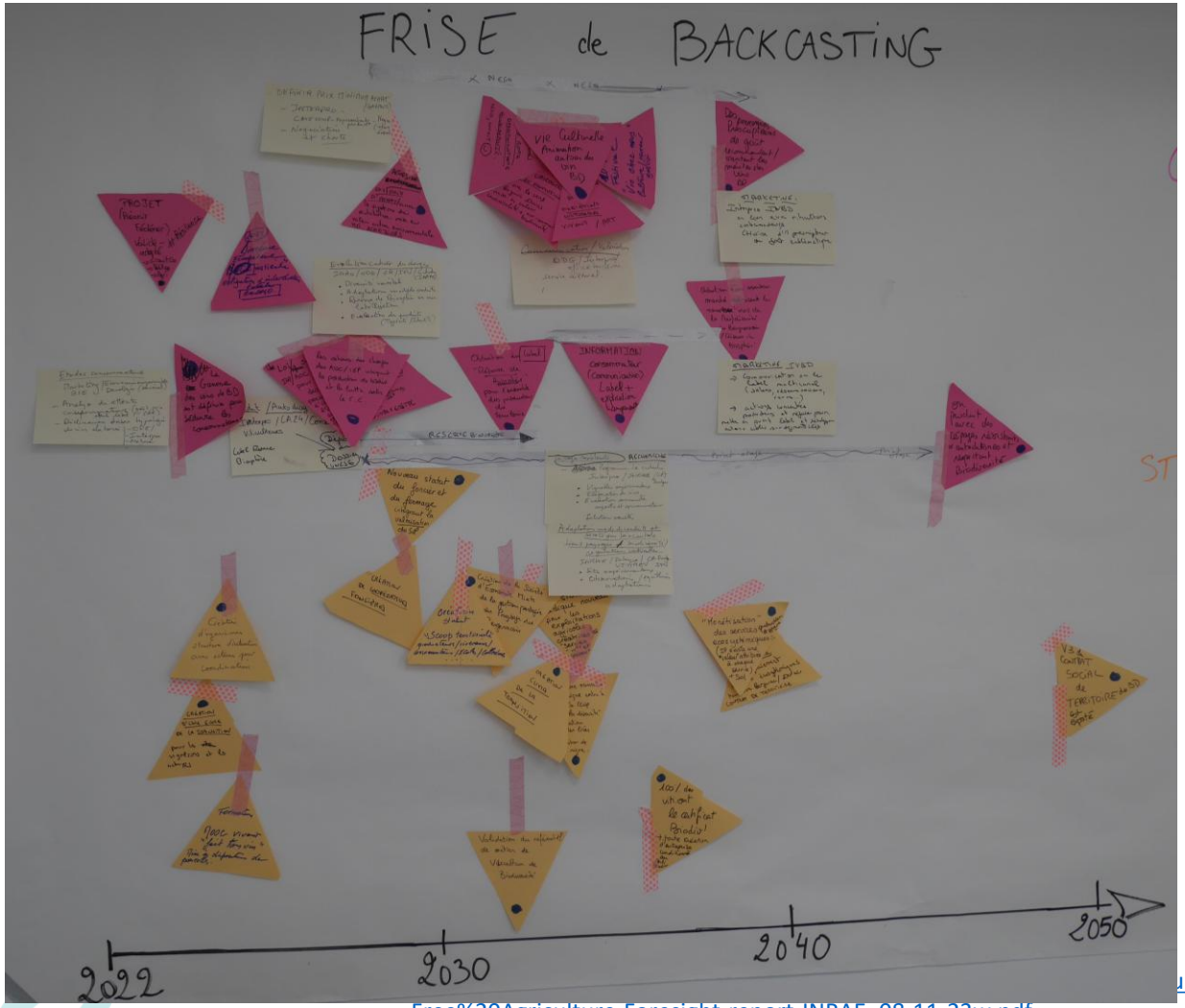
13 à 20 participants selon les territoires

- 37% de chercheurs
- 30% d'agriculteurs, d'entreprises de l'agroalimentaire et des agroéquipements
- 14% de représentants de collectivités locales
- 13% de techniciens et conseillers agricoles
- 6% de représentants d'associations

itoires x filières

INRAE

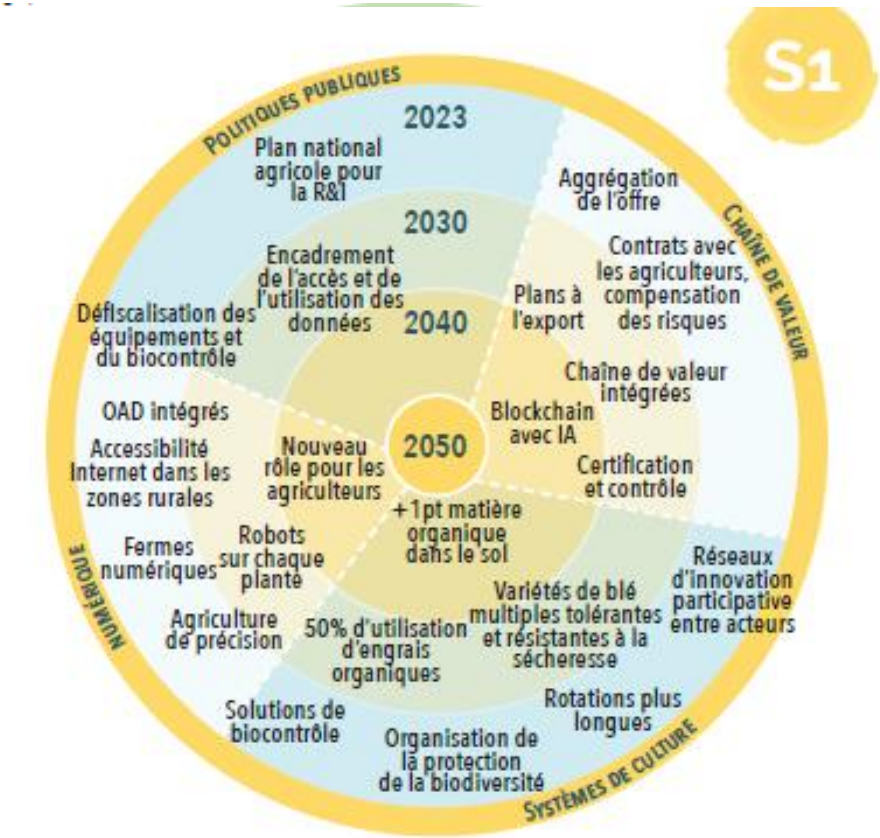
Dowscaling et backcasting : une méthode pour construire des chemins de transition



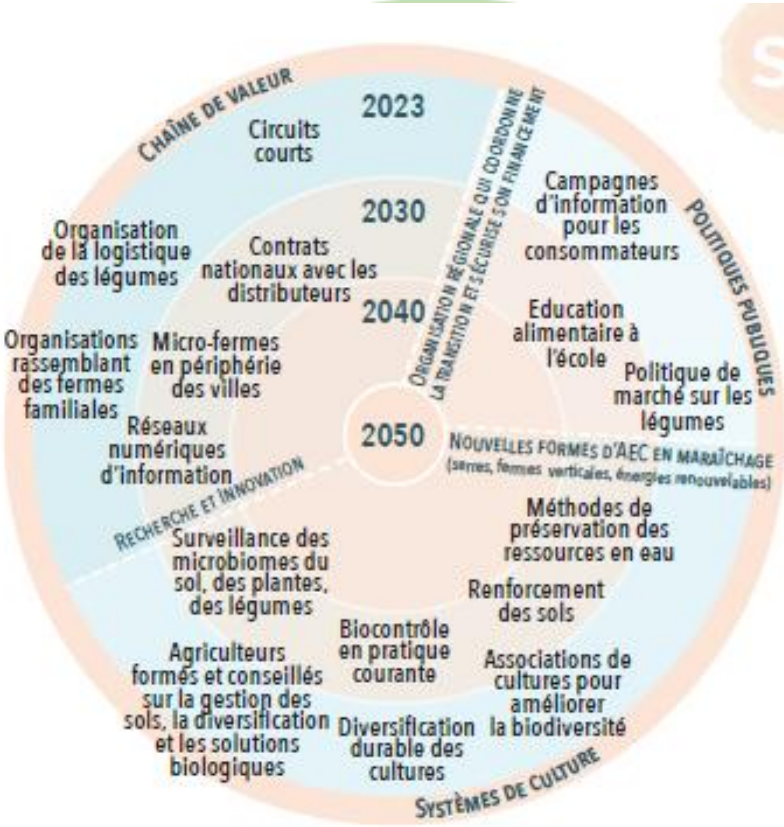
1. **Territorialisation du scénario européen**
2. **Identification des jalons, opportunités et obstacles à la transition**
3. **Définition des actions nécessaires pour atteindre le scenario territorial en 2050**
4. **Construction d'un chemin de transition**

uropean%20Pesticide-Free%20Agriculture-Foresight-report-INRAE_08-11-23w.pdf

Les trajectoires de transition construites avec les territoires



Production de blé dur en Toscane



Production de légumes en Roumanie

Mobiliser une prospective européenne pour travailler avec les acteurs sur des chemins de transitions à l'échelle territoriale

- Ouvrir un **débat entre les acteurs du territoire** sur une agriculture sans pesticides en s'appuyant sur des scénarios européens
- Construire une **vision commune et partagée de long terme** entre les acteurs locaux
- Développer une **vision systémique des transformations** du système agricole et alimentaire, afin d'identifier les actions clés pour la transition
- **Hiérarchiser les actions à mener, identifier les synergies à construire** pour s'engager dans une transition

Conclusion

1. La prospective pour **repenser les concepts de l'agronomie face à des enjeux de long terme** :
   - Faire surgir de nouveaux concepts dans la protection des cultures et explorer comment ils pourraient impacter les systèmes techniques
   - Imaginer des logiques d'action ayant d'autres finalités (microbiomes) à partir des connaissances existantes dans d'autres domaines (écologie microbienne)
2. Prospective pour engager les acteurs territoriaux dans l'élaboration avec de stratégies de transition: **enclencher des chemins de transition** en prenant en compte le système alimentaire de la production à la consommation
3. Prospective et modélisation à large échelle pour **répondre à des débats sur les conséquences de long-terme** et décision publique (ex. dépendance alimentaire européenne)

- Prospective pour **déplacer le regard** sur les systèmes techniques avec une approche **holistique** et une vision de long-terme.
- Former des **collectifs inter- et trans-disciplinaires**, mettre en œuvre des processus de co-construction avec les parties prenantes, engager des dynamiques d'action

La prospective aujourd'hui

- **Une définition de la prospective**
- La prospective consiste, en mettant en œuvre des **méthodes explicites**, à élaborer des **conjectures** sur l'évolution **future** d'un **système** sociotechnique, économique ou écologique, et à les **mettre en discussion** de manière **structurée** (Mora et al. [2025] d'après Barré [2005] et Mermet [2005]).
- **La prospective pour agir de manière appropriée face à un futur incertain :**
  - Anticiper les **dynamiques de long terme** en mobilisant, fréquemment, des **simulations numériques**,
  - Développer une **approche systémique** prenant en compte **la complexité et les interdépendances des dynamiques,**
  - Accroitre les **capacités d'anticipation** des acteurs, diversifier les imaginaires des futurs. [« Futures literacy » de Riel Miller (2007)]

Mora O., Béthinger A., Meunier C., 2025. Principes de conduite des prospectives à INRAE. Imaginer demain pour agir aujourd'hui. Direction de l'Expertise scientifique collective, de la Prospective et des Études (DEPE), 38 p. DOI: 10.17180/dxd3-g371 <hal-05316169>

Une diversité de méthodes de prospective

Qui ne font pas toujours appel à des scénarios :

- ***Horizon scanning* ou *Trend analysis*** : analyse des tendances passées et des événements et des ruptures possibles à l'avenir
- **Identification des points de bifurcations**, des **ruptures possibles**, des **effets de seuils** dans les trajectoires d'évolution future *(Tipping points)*
- **Méthode Delphi** : consultation d'experts, recherche du consensus pour identifier tendances, enjeux, élaboration d'une vision commune

Et qui parfois mobilisent des scénarios :

- ***Scenario planning* ou « méthode des scénarios »** : exploration des futurs possibles basée sur une analyse morphologique ou bien sur matrice 2*2
- ***Visioning*** : création systématique de visions d'un futur souhaitable
- ***Backcasting*** : fabrication d'une trajectoire d'évolution à partir d'une image d'un futur souhaitable
- ….

Les différents types de prospectives

- **Prospective exploratoire : Que pourrait-il se passer?**
  Explorer le champ des futurs possibles, pour **anticiper la pluralités des futurs** en intégrant des évolutions tendancielles, des signaux faibles ou des ruptures possibles à venir

- **Prospective normative : Comment atteindre et réaliser un futur souhaitable ?**
  Donner forme à une **vision prédéfinie du futur** conçue de manière **rétro-projective** (du futur vers le présent), et éventuellement **construire un chemin.**

Différents types d'étude prospective mais aussi différents types de scénarios