Prospective : Agriculture européenne sans pesticides chimiques en 2050

Résumé – Mars 2023

Auteurs: Olivier MORA (coordinateur de la prospective),
Jeanne-Alix BERNE, Jean-Louis DROUET, Chantal LE MOUËL, Claire MEUNIER

Contributeurs: Agneta FORSLUND, Victor KIEFFER, Lise PARESYS;
Et les coordinateurs des études régionales: Sari AUTIO, Ana BUTCARU, Stefano CARLESI, Hubert de ROCHAMBEAU, Gina FINTINERU, Viorica LAGUNOVSCHI, Cécile LELABOUSSE, Giovanni PECCHIONI, Yann RAINEAU

Graphisme et mise en page: Lucile WARGNIEZ - **Photo de couverture:** © MAITRE Christophe / **INRAE**

Remerciements: Plusieurs groupes d'experts ont été mobilisés dans le cadre de ce projet, en plus des experts interrogés individuellement : un comité d'experts européens (Sari AUTIO, Paolo BARBERI, Pascal BERGERET, Oana BUJOR-NENITA, Stefano CARLESI, Henriette CHRISTENSEN, Roxana CICEOI, Jean-Philippe DEGUINE, Jérôme ENJALBERT, Gina FINTINERU, Laurent HUBER, Philippe JEANNERET, Steffen KOLB, Claire LAMINE, Guillaume MARTIN, Antoine MESSÉAN, Aline MOSNIER, Savine OUSTRAIN, Emmanuelle PORCHER, Yann RAINEAU, Elin RÖÖS), des groupes thématiques sur la protection des cultures, les systèmes de culture, les agroéquipements, un groupe de quantification, un groupe sur la transition européenne et quatre groupes régionaux sur les trajectoires régionales de transition, et un groupe de chercheurs du Projet Prioritaire de Recherche 'Cultiver et protéger autrement'.

Directeur de la publication: Guy RICHARD, depe-contact@inrae.fr

Ce document est couvert par la licence Creative Commons CC-BY-NC-ND, à l'exception de toutes les images.
Pour voir une copie de la licence : https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/fr/

Le rapport et le présent résumé sont mis en ligne sur le site internet d'INRAE. Droits réservés INRAE s'engage à retirer toute image donnant lieu à contestations en cas de demande.

Prospective : Agriculture européenne sans pesticides chimiques en 2050

Les impacts des pesticides chimiques sur l'environnement, notamment la biodiversité, l'eau, l'air et les sols, ainsi que sur la santé humaine, sont aujourd'hui une préoccupation majeure tant pour la société civile que pour les consommateurs. Ils compromettent également la durabilité des systèmes agricoles. Récemment, les stratégies européennes « De la ferme à la table » et « Biodiversité » ont fixé un objectif ambitieux : réduire de 50 %, d'ici à 2030, l'utilisation et les risques des pesticides chimiques.

Une agriculture sans pesticides chimiques est-elle possible à moyen terme tout en assurant la protection des cultures ? L'objectif, controversé, fixé par la stratégie « De la ferme à la table », est à l'origine d'un intense débat quant à sa faisabilité, certains considérant qu'il serait dommageable pour la production et la souveraineté alimentaire européennes, d'autres soulignant que l'évaluation de l'impact devrait tenir compte des évolutions des pratiques agricoles, des régimes alimentaires et de l'alimentation animale importée.

Les pesticides chimiques sont aujourd'hui essentiels pour les systèmes agricoles conventionnels. Réduire drastiquement leur utilisation jusqu'à les bannir complètement de l'agriculture est un problème épineux auquel il n'existe pas de solution simple. La présente prospective va plus loin en termes d'objectif et d'horizon, en s'interrogeant sur la faisabilité d'une protection des cultures efficace dans une agriculture sans pesticides chimiques en Europe en 2050 et sur les modalités d'une transition vers une telle agriculture. Dans quelles conditions une telle transformation serait-elle possible ? Quels seraient ses impacts sur la production, l'usage des terres, la balance commerciale et les émissions de gaz à effet de serre (GES) ? Cette Prospective, menée dans le cadre du programme prioritaire de recherche (PPR) « Cultiver et protéger autrement »[1] et en lien avec l'Alliance européenne de recherche « Towards a Chemical Pesticide-Free Agriculture », a pour but d'éclairer toutes ces questions et de proposer des trajectoires. Elle propose trois scénarios d'agriculture sans pesticides chimiques pour l'Europe en 2050, avec pour chacun une trajectoire de transition et l'illustration de ces scénarios et trajectoires dans quatre régions européennes, et l'évaluation quantitative de leurs impacts en Europe.

Deux grands principes ont guidé cette prospective. Premièrement, le constat des effets limités des politiques publiques européennes menées par le passé pour réduire l'usage des pesticides en agriculture, ce qui souligne la nécessité de **changer de paradigme** et de passer d'une **démarche incrémentale** de réduction de l'usage des pesticides en agriculture à une **démarche disruptive** visant à construire des systèmes de culture innovants sans pesticides chimiques. Deuxièmement, l'idée que les systèmes de culture sont des composantes des systèmes alimentaires et qu'il faut en tenir compte. Cette prospective déploie une **vision systémique**, considérant que la transition vers une agriculture sans pesticides chimiques nécessiterait la transformation simultanée des différentes composantes des systèmes alimentaires.

Une méthode prospective originale, combinant la construction de scénarios, la modélisation et le « backcasting »

La méthode employée pour cette prospective est une approche originale, combinant une méthode de construction de scénarios fondée sur une analyse morphologique, une approche par modélisation basée sur la version AE2050 de l'outil GlobAgri, et une approche de « backcasting »[2] aux échelles européenne et régionale. La démarche de « backcasting » consiste à travailler à rebours à partir d'un futur souhaitable pour déterminer les conditions possibles de réalisation de ce futur et les actions et politiques publiques nécessaires pour y parvenir. Cent quarante-quatre experts européens, scientifiques et parties prenantes (organisations non gouvernementales, conseil agricole, coopératives, agriculteurs, associations professionnelles, entreprises agroalimentaires et d'agroéquipement, collectivités territoriales), ont été associés aux différentes phases du processus au sein de huit groupes d'experts (en bleu dans la figure 1).

La construction des scénarios a reposé sur une analyse rétrospective de chaque composante du système (partie gauche de la figure 1), dégageant les grandes tendances, les signaux faibles et les ruptures possibles au moyen de revues de la littérature, d'entretiens et de groupes d'experts. Sur la base de ces analyses, les groupes d'experts ont élaboré des hypothèses alternatives décrivant les évolutions possibles de ces composantes à l'horizon 2050 (collectées dans le tableau morphologique, correspondant à la matrice de la partie centrale de la figure 1) et les ont combinées pour construire les scénarios qualitatifs (flèches dans la partie centrale de la figure 1). Ensuite, des simulations basées sur le modèle GlobAgri-AE2050 (partie droite) ont évalué les impacts de chaque scénario. Enfin, les scénarios ont été « backcastés »[1] au niveau européen et dans quatre régions européennes (partie basse de la figure) afin d'élaborer les trajectoires de transition qui pourraient conduire à ces scénarios à l'horizon 2050.

[1] https://www6.inrae.fr/cultiver-proteger-autrement_eng/
[2] D'après Robinson (1982).

Les 10 messages clés de l'étude prospective

1 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.

2 En plus de permettre la transition vers une agriculture sans pesticides chimiques, les trois scénarios pourraient améliorer le bilan des émissions de gaz à effet de serre, la biodiversité et l'état général des écosystèmes ; et deux scénarios sur trois pourraient contribuer à améliorer la souveraineté alimentaire, la nutrition et la santé des populations en Europe.

3 Par la modification de leurs régimes alimentaires, les consommateurs européens jouent un rôle considérable dans la transition vers une agriculture sans pesticides chimiques. Même sans une modification des régimes alimentaires, la transition reste possible, mais elle se ferait au détriment de la balance commerciale agricole européenne ou nécessiterait d'atteindre des rendements plus élevés ou d'étendre la superficie des terres cultivées en Europe.

4 Il convient de trouver un équilibre entre la réduction de la consommation de produits animaux et le maintien des prairies.

5 Une protection efficace des cultures sans pesticides chimiques repose sur plusieurs leviers qui doivent être associés : 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.

6 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.

7 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 exogènes).

8 Élaborer des stratégies de protection des cultures efficaces sans pesticides chimiques suppose de produire des connaissances et des 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[3] de la plante et les mécanismes d'immunité des plantes.

9 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 (PAC) 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.

10 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.

Une méthode prospective originale, articulant la construction de scénarios, la modélisation et le « backcasting »

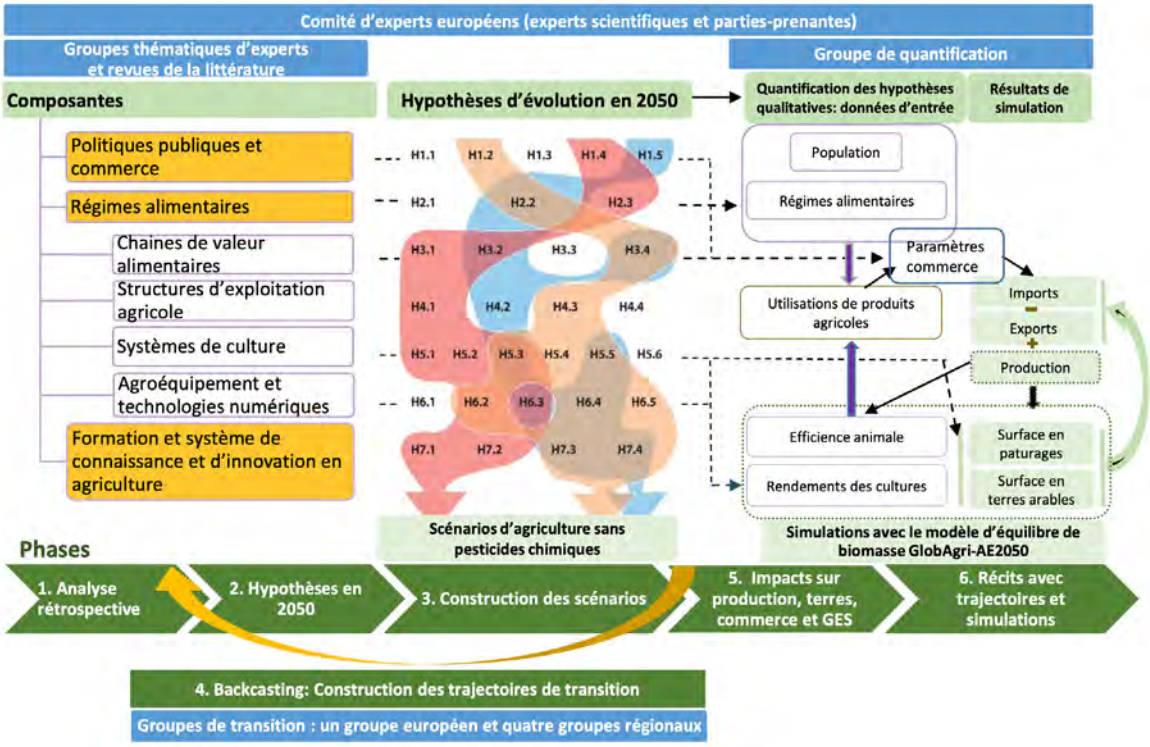


Figure 1. *Méthode générale de l'étude prospective basée sur un tableau morphologique (au centre) articulant une approche par scénario (partie gauche et centrale, sur la base des composantes en blanc, Phases 1-2-3), une approche de modélisation (à droite, Phase 5) et une approche de « backcasting » (partie basse du schéma, sur la base des composantes en jaune, Phase 4).*
Dans la partie centrale, les flèches colorées représentent les combinaisons d'hypothèses formant les scénarios. La méthode prospective est fondée sur un 'système' (partie gauche) divisé en composantes qui sont : politiques publiques et commerciales, régimes alimentaires, chaînes de valeur alimentaires, structures d'exploitation agricole, systèmes de culture, agroéquipements et technologies numériques, éducation et systèmes de connaissance et d'innovation en agriculture.

[3] L'holobionte correspond à une entité vivante naturelle constituée d'un organisme supérieur, une plante par exemple, et de son microbiote, c'est-à-dire de la cohorte de microorganismes qui lui est étroitement associée.

Une protection efficace des cultures sans pesticides chimiques en 2050

Les principaux enjeux d'une protection des cultures sans pesticides chimiques

En s'appuyant sur une revue de littérature, les groupes d'experts ont identifié six modes d'action (Fig. 2) pour protéger les cultures sans utiliser de pesticides chimiques, classés en deux catégories : les actions de lutte et les actions prophylactiques contre les bioagresseurs (ravageurs, agents pathogènes et adventices). Ces modes d'actions sont les suivants : **(1)** Biocontrôle ; **(2)** Lutte physique ; **(3)** Gestion temporelle par les pratiques culturales ; **(4)** Gestion spatiale de la diversité intraparcellaire ; **(5)** Gestion des paysages ; **(6)** Sélection variétale. L'épidémiosurveillance **(7)** n'est pas un mode d'action mais détermine la mise en œuvre d'un ou plusieurs modes d'action.

Dans une optique de protection des cultures sans recours aux pesticides chimiques, trois priorités se dégagent : (i) **repenser la protection des cultures et les systèmes de culture** car aucun mode d'action ne permet de remplacer à lui seul un pesticide chimique ; (ii) basculer d'une stratégie de lutte à une **stratégie prophylactique de protection des cultures**, fondée sur la surveillance de la dynamique des bioagresseurs ; (iii) mettre davantage l'accent sur les **processus biologiques** servant à réguler les bioagresseurs à l'échelle des **paysages, des peuplements, et des sols**.

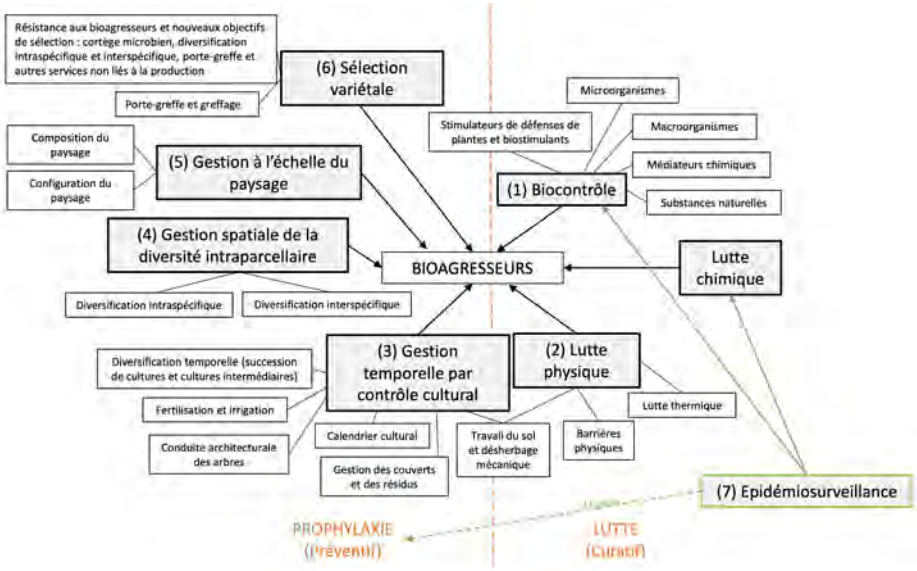


Figure 2. *Synthèse des stratégies de protection des cultures regroupant les six modes d'action. Chaque mode d'action (cases grises) est associé à différents leviers (cases blanches). L'épidémiosurveillance – aujourd'hui essentiellement utilisée pour le contrôle des produits chimiques et le biocontrôle – pourrait être utilisée à l'avenir en prophylaxie.*

Créer des stratégies disruptives pour la protection des cultures en 2050

Ces considérations ont donné lieu à un diagramme conceptuel. Dans la figure 3, les plantes cultivées et les bioagresseurs interagissent à l'échelle du paysage avec d'autres espèces naturelles et sont dans des réseaux trophiques, et à l'échelle du sol avec le microbiome du sol ainsi qu'avec les réseaux trophiques supérieurs (méso et macrobiote). En matérialisant ces interactions à différentes échelles (plante, sol, culture, paysage), ce diagramme conceptuel permet de visualiser les mécanismes d'interaction et les leviers potentiels pour la protection des cultures, en particulier ceux fondés sur les régulations biologiques au niveau du sol, de la parcelle et du paysage. Sur la base des trois voies qui se dégagent (Fig. 3), nous avons imaginé trois hypothèses de rupture dans la protection des cultures sans pesticides en 2050 : (i) en agissant sur la relation entre la plante et les bioagresseurs, en particulier sur l'**immunité** des plantes (cadre violet), (ii) en agissant sur la conception du **paysage** et les régulations biologiques à cette échelle (cadre vert), (iii) en repensant la relation de la plante avec le microbiote, à travers la perspective de l'**holobionte** (la plante et ses cortèges microbiens) (cadre ocre).

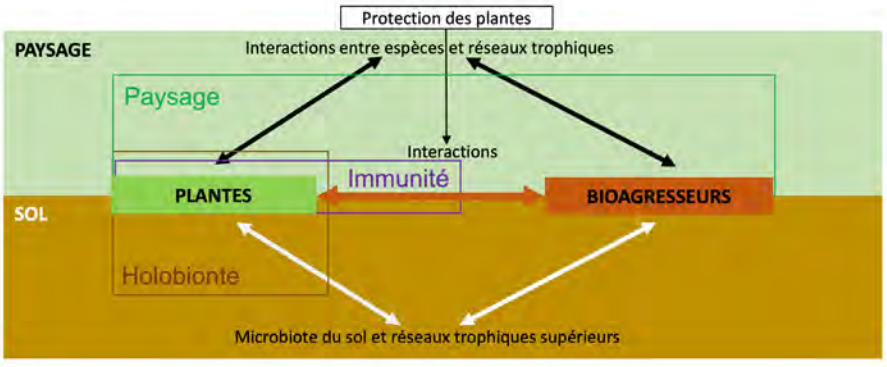


Figure 3. *Redéfinition des bioagresseurs et de leurs interactions avec les végétaux et l'environnement, et identification d'hypothèses de rupture dans la protection des cultures [par commodité, le climat et les pratiques culturales ne sont pas représentées sur la figure]*

3 STRATÉGIES DE PROTECTION DES CULTURES SANS PESTICIDES CHIMIQUES EN 2050 ONT ÉTÉ ÉLABORÉES

- **Renforcer l'immunité des plantes cultivées :** directement, grâce aux stimulateurs de défense des plantes, aux biostimulants et à la sélection variétale ; indirectement, grâce aux interactions avec le microbiote, d'autres cultures et l'introduction de plantes de service.

- **Gérer l'holobionte des cultures en renforçant les interactions hôte-microbiote :** cela suppose de renforcer l'adaptabilité de l'holobionte et les fonctions du microbiote en modulant le microbiome existant dans une stratégie systémique, intégrative et historique ; et de modeler l'holobionte par des inoculations de microorganismes et par la sélection variétale.

- **Concevoir des paysages complexes et diversifiés adaptés aux conditions locales et à leurs évolutions :** en augmentant la biodiversité et l'agrobiodiversité à tous les niveaux, de la parcelle au paysage, dans le temps et l'espace, et en s'appuyant sur la sélection variétale ; et en créant un paysage complexe conçu comme une mosaïque modulable de cultures diversifiées intégrées dans une matrice fixe d'habitats naturels et semi-naturels (20 % des surfaces).

Scénarios et trajectoires de transition vers une agriculture sans pesticides chimiques en 2050

Imaginer des scénarios d'agriculture sans pesticides passe nécessairement par une approche systémique du système alimentaire.
Pour parvenir à une agriculture sans pesticides chimiques d'ici à 2050, il faut, au-delà des **systèmes de culture**, transformer les différentes composantes des systèmes alimentaires. Les **chaînes de valeur alimentaires** sont impactées en aval, ce qui oblige à s'interroger sur les valeurs des consommateurs qui vont inciter à la production d'aliments sans pesticides chimiques, la gouvernance et l'organisation des activités au sein des filières alimentaires, l'information des consommateurs sur les aliments, ainsi que le stockage et la conservation des denrées alimentaires entre la récolte et leur consommation. Il faut aussi radicalement transformer les **agroéquipements et les technologies numériques** intervenant dans le déploiement des systèmes de culture. Il s'agit de concevoir des systèmes d'observation et de modélisation permettant de suivre et d'anticiper la présence de bioagresseurs et l'état de santé des plantes, de développer des équipements spécifiques adaptés aux nouveaux systèmes de culture grâce à une dynamique d'innovation pour définir leur utilisation. Enfin, l'évolution des **structures d'exploitation** en termes de gouvernance, d'organisation des facteurs de production (main d'œuvre, capital, surfaces agricoles) et de répartition spatiale des différents modèles d'agriculture influencera les conditions de réalisation d'une agriculture sans pesticides chimiques.
La transition vers une agriculture sans pesticides chimiques pourra être portée par un changement des habitudes alimentaires des consommateurs, qui pilotent la demande alimentaire et les pratiques agricoles, par une évolution des **systèmes de connaissance et d'innovation en agriculture**, ou encore par une évolution des **politiques publiques** relatives à la réduction de l'utilisation des pesticides et des risques afférents, à la santé et à l'alimentation des populations, à la transition des systèmes de culture et, au-delà, au commerce international.

Les scénarios ont été élaborés par un comité d'experts européens (Fig. 1) sur la base d'hypothèses d'évolution cohérentes.
Un tableau morphologique (Tab. 1) regroupe les hypothèses d'évolution à 2050 de quatre composantes : les chaînes de valeur alimentaires ; les structures d'exploitation agricole ; les systèmes de culture ; et les agroéquipements et les technologies numériques. À chaque composante correspond une hypothèse d'évolution à 2050, et ces hypothèses combinées constituent un scénario. La combinaison des hypothèses obéit à un certain nombre de critères qui sont : la cohérence des hypothèses, la plausibilité de la combinaison, et le contraste entre combinaisons. Pour les systèmes de culture, plusieurs hypothèses, dont une principale et une ou deux secondaires, ont été intégrées dans chaque scénario.
Au terme d'une analyse rétroprojective dite de « backcasting », nous avons ensuite défini une trajectoire de transition pour chaque scénario, en indiquant une chronologie d'actions, les résultats attendus (jalons intermédiaires) et les interactions entre les composantes du système d'ici à 2050. Les trajectoires de transition se fondent sur des hypothèses *ad hoc* d'évolution sur les politiques publiques, l'éducation et les systèmes d'innovation, et les changements de régime alimentaire.
Parallèlement, quatre études de cas régionales ont été menées dans quatre pays d'Europe (Italie, Finlande, Roumanie, France) pour tester et illustrer les trois scénarios.

Hypothèses d'évolution en 2050

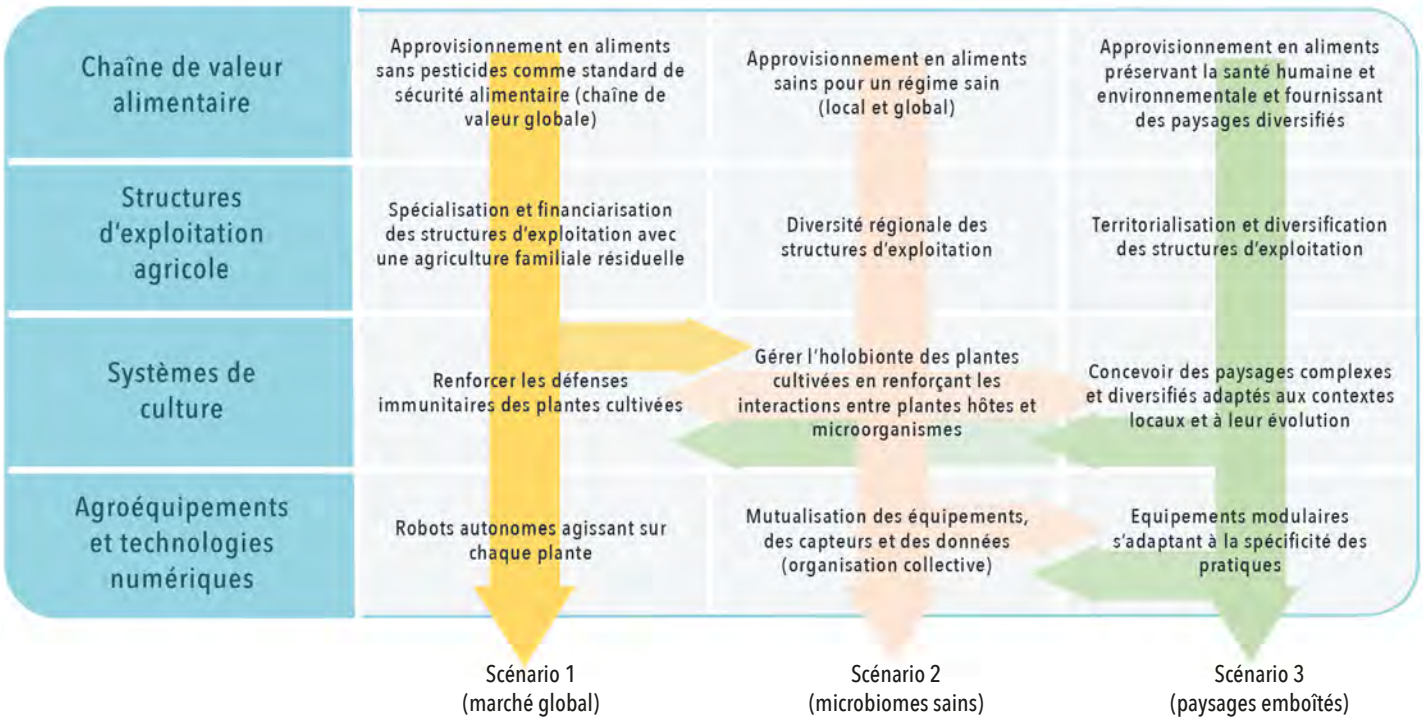


Tableau 1: *Tableau morphologique combinant les hypothèses d'évolution d'ici à 2050 pour chaque scénario*

Le scénario 1 S1 et sa trajectoire de transition :

Des chaînes alimentaires mondiales et européennes basées sur les technologies numériques et l'immunité des plantes pour un marché alimentaire sans pesticides chimiques

En 2050, les normes internationales du marché garantissent que les produits alimentaires proviennent d'une agriculture sans pesticides chimiques. La construction à l'échelle transnationale d'un marché alimentaire sans pesticides a été rendue possible par l'inclusion de standards de production sans pesticides chimiques pour les produits alimentaires dans des accords bilatéraux entre l'Union Européenne (UE) et ses partenaires commerciaux. Les chaînes de valeur européennes et mondiales, qui sont fortement concentrées, très capitalisées et à haute intensité technologique, ont mis en place des standards et des certifications privées et ont contractualisé avec les agriculteurs en leur proposant des prix bonifiés pour compenser les risques liés à la transition. Les filières sont dominées par la grande distribution et les grands acteurs de la transformation alimentaire, depuis la production et la fourniture d'intrants (semences, intrants et équipements) jusqu'à la distribution des aliments.

Sous la pression de la chaîne de valeur alimentaire, le passage des exploitations agricoles à une production sans pesticides s'est opéré grâce au numérique et à l'automatisation, qui permettent notamment la surveillance des bioagresseurs, et à l'utilisation de niveaux importants d'intrants exogènes. Les exploitations agricoles ont massivement investi dans la robotisation et les infrastructures numériques grâce à des capitaux extérieurs, et se sont spécialisées. Des entreprises privées du secteur amont ont développé et commercialisé des variétés (y compris de combinaisons de variétés) résistantes et tolérantes aux bioagresseurs, et ont permis l'accès à des intrants tels que les produits de biocontrôle (par exemple l'inoculation de microorganismes), les stimulateurs de défense des plantes et les biostimulants. Des équipementiers agricoles ont développé des robots utilisant l'intelligence artificielle et vendent ces équipements, du conseil et des services de surveillance aux agriculteurs.

Dans les systèmes de culture, la stratégie de protection des cultures consiste principalement à renforcer l'immunité de chaque plante cultivée en anticipant l'arrivée des bioagresseurs et en mesurant l'état physiologique des plantes. De grandes bases de données combinent les observations en temps réel obtenues par des capteurs, des drones, des systèmes de télédétection, la modélisation prédictive, et l'échantillonnage, à l'aide de systèmes autonomes comme des robots, robots compagnons et robots en essaims. Ainsi, chaque plante cultivée dans la parcelle est repérée pour recevoir un traitement individualisé. La protection des cultures est complétée, pour la gestion des adventices, par une diversification des cultures grâce à l'introduction de plantes « de services » dans les rotations. Par ailleurs, la gestion des ravageurs est assurée grâce à des produits de biocontrôle et des produits allélochimiques.

Les politiques européennes ont accompagné cette transition par une forte conditionnalité des aides de la Politique Agricole Commune (PAC) à la non-utilisation de pesticides chimiques dans les systèmes de culture, associée à une politique de reconversion des petits agriculteurs ne pouvant pas réaliser les investissements nécessaires à la transition.

Chaine de valeur alimentaire	Approvisionnement en aliments sans pesticides comme standard de sécurité alimentaire (chaîne de valeur globale)	Approvisionnement en aliments sains pour un régime sain (local et global)	Approvisionnement en aliments préservant la santé humaine et environnementale et fournissant des paysages diversifiés
Structures d'exploitation agricole	Spécialisation et financiarisation des structures d'exploitations 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
Agroequipements et technologies numériques	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 de production de blé dur en Toscane (Italie) en 2050

Le blé dur est produit sans pesticides chimiques, conformément à la norme du marché ; les produits à base de blé dur et les pâtes sont exportés de Toscane vers le monde entier. La production dans les plaines de Toscane est réalisée par de grandes exploitations spécialisées, équipées en technologies de pointe qui permettent aux exploitants de travailler à très grande échelle avec peu de main d'œuvre et à une cadence élevée. L'agriculture de précision s'est répandue et les équipements utilisés pour les interventions principales – semis, désherbage mécanique, récolte – sont presque tous pilotés par satellite.

© Stefano Carlesi

Le scénario 2 S2 et sa trajectoire de transition :

Des chaînes alimentaires européennes basées sur les holobiontes des plantes, les microbiomes du sol et des aliments, pour des aliments et des régimes sains

En 2050, l'exigence d'une alimentation saine a suscité le développement de chaînes de valeur régionales et européennes basées sur une agriculture sans pesticides chimiques. L'objectif d'avoir des régimes sains et une production sans pesticides chimiques a mobilisé tous les acteurs du système alimentaire. Ce changement a été favorisé par la mise en œuvre d'une politique européenne holistique associant les politiques en matière d'agriculture, d'alimentation, de nutrition et de santé, de biodiversité, des sols et de l'eau. Des accords commerciaux bilatéraux de l'Union Européenne ont contribué à l'émergence d'un marché européen proposant une alimentation saine et sans pesticides grâce à l'introduction de clauses de réciprocité en matière d'environnement et de santé. Les consommateurs européens, bien informés des bienfaits d'une alimentation saine et de l'importance du microbiote, ont adopté des régimes plus diversifiés et plus équilibrés, aidés par des subventions sur les aliments sains et des taxes sur les aliments contribuant à des régimes néfastes pour la santé. En 2050, les consommateurs européens mangent exclusivement des aliments produits sans pesticides chimiques, évitent les aliments ultra-transformés, consomment davantage de fruits et de légumes, de légumineuses, de céréales complètes et de fruits secs, et moins de sucres, de matières grasses, d'aliments d'origine animale et de sel.

Pour accroître la diversité de l'offre alimentaire, les acteurs de la distribution, de la transformation et les coopératives se sont coordonnés pour diversifier les chaînes de valeur régionales, notamment par la création de certifications et de labels, aboutissant au maintien d'un tissu d'exploitations agricoles diversifié. Pour la gestion des bioagresseurs, les cultures et les aliments sont protégés et préservés par la surveillance étroite et la gestion des microbiomes depuis le champ jusqu'à l'assiette, et en favorisant la transformation minimale combinée à la lutte biologique, au détriment des additifs alimentaires chimiques (notamment les conservateurs) et des biocides.

Des centres d'excellence sur les microbiomes ont développé de nouveaux outils pour surveiller la santé des microbiomes des sols et de l'holobionte des plantes au niveau des parcelles, ainsi que des microbiomes des aliments. Ils ont construit des infrastructures de données et développé les connaissances sur l'holobionte des plantes, le microbiome des sols et des aliments. A l'aide de ces outils, les agriculteurs ont défini des stratégies de gestion des systèmes de culture qui nécessitent un niveau élevé de compétences de gestion pour maîtriser les bioagresseurs.
La protection des cultures consiste à renforcer les fonctions des microbiomes du sol en accroissant leur biodiversité, à améliorer l'adaptabilité de l'holobionte de la plante face aux perturbations biotiques ou abiotiques, et à stimuler les protections de la plante. Des pratiques culturales spécifiques (amendements organiques supposant ainsi le maintien d'une activité d'élevage, gestion des résidus, diversification, rotation, travail du sol, cultures de couverture) et l'inoculation de certains microorganismes permettent de moduler le microbiome, et la sélection de certaines variétés renforce les interactions positives entre la plante et le microbiome. D'autres leviers sont mobilisés pour la protection des cultures : la diversification des cultures, notamment à travers leur rotation, le travail du sol pour la gestion des adventices, et le renforcement des régulations biologiques à l'échelle du paysage via les auxiliaires pour la gestion des ravageurs.

La politique holistique du système alimentaire européen a favorisé cette transition, en conditionnant les aides aux exploitations au basculement vers des systèmes de culture sans pesticides chimiques et au développement de productions agricoles compatibles avec les objectifs en matière de santé et de transition des régimes alimentaires.

Chaîne de valeur alimentaire	Approvisionnement en aliments sans pesticides comme standard de sécurité alimentaire (chaîne de valeur globale)	Approvisionnement en aliments sains pour un régime sain (local et global)	Approvisionnement en aliments préservant la santé humaine et environnementale et fournissant des paysages diversifiés
Structures d'exploitation agricole	Spécialisation et financiarisation des structures d'exploitations 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
Agroéquipements et technologies numériques	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 de production de légumes en Roumanie du Sud-Est en 2050

Des organisations d'agriculteurs cultivent un large éventail de légumes sans pesticides chimiques, en suivant quatre stratégies principales : la gestion des microbiomes depuis les sols jusqu'aux légumes, la surveillance des sols et des bioagresseurs, la diversification des cultures et les pratiques de fertilisation. La distribution des légumes s'effectue via des circuits courts, ainsi que via sur les marchés régionaux et nationaux. Aux yeux des autorités publiques et des consommateurs, les légumes sont des produits prioritaires, qui représentent désormais une part importante des régimes alimentaires sains des Roumains.

© Tudor Stanciu

Le scénario 3 S3 et sa trajectoire de transition :

Des paysages complexes et diversifiés et des chaînes alimentaires régionales pour un système alimentaire européen une seule santé

En 2050, les chaînes de valeur alimentaires fournissent des aliments respectueux de la santé humaine et environnementale dans le cadre d'une transition des territoires vers un système alimentaire One Health (une seule santé) dans toute l'Europe. Cette transition a répondu à deux enjeux : la demande d'une alimentation locale, saine et sans pesticides chimiques, et la prise de conscience de la nécessaire préservation de la biodiversité et de la santé de l'environnement.

La transition a été déclenchée par une action coordonnée entre des agriculteurs et des acteurs privés et publics. La coordination territoriale a conduit à une refonte des systèmes de production agricole reposant sur la complexité des paysages, des microbiomes du sol et la diversification des cultures, ainsi que sur la relocalisation et la diversification des chaînes de valeur afin de fournir des produits sains aux consommateurs et aux habitants. Des politiques inter-sectorielles et décentralisées ont été menées par les autorités territoriales pour réaménager les paysages, protéger les sols, l'eau et la biodiversité et relocaliser les chaînes de valeur alimentaires grâce l'aménagement du territoire et à un processus participatif.

La production agricole est commercialisée via des circuits courts et des chaînes d'approvisionnement longues. Outre la relocalisation de certaines chaînes alimentaires, une partie de la production est échangée entre régions européennes afin d'assurer dans toutes les régions d'Europe un accès constant à des aliments sains et diversifiés. La logistique a été adaptée à la diversification des cultures et à la saisonnalité des produits. Les aliments sont conservés avec un minimum de transformation et la lutte biologique est employée pour le stockage et la distribution.
Les systèmes de culture et la protection des cultures s'appuient sur des mécanismes biologiques de régulation au niveau des paysages et au niveau des sols, avec peu d'intrants exogènes. Dans des laboratoires vivants (living lab) territoriaux, différents acteurs, notamment des agriculteurs et des chercheurs, ont co-conçu et testé des systèmes de culture visant à renforcer la biodiversité et réguler les bioagresseurs, notamment par des stratégies de diversification des cultures et de reconception des paysages.

Cette diversification a été réalisée grâce à la sélection participative, et à la sélection de variétés adaptées à la diversification (mélange d'espèces et de variétés), par le développement d'habitats semi-naturels (20% des terres dédiées aux habitats naturels et semi-naturels), et par le développement partiel de systèmes agricoles mixtes réintégrant la production animale dans les exploitations. L'élevage extensif contribue au bouclage des cycles biogéochimiques indispensables à l'agriculture européenne. La mosaïque des cultures est adaptée dans sa composition et dans sa configuration, aux enjeux de la protection des cultures ; elle est diversifiée dans l'espace et dans le temps, et la taille des parcelles s'est réduite. La gestion des maladies des plantes s'appuie sur la prophylaxie, la connaissance des cycles des bioagresseurs et des agents pathogènes, et sur la régulation biologique assurée par les microorganismes du sol et les paysages. Pour la gestion des adventices, la stratégie consiste à trouver un compromis entre les pertes de récolte et les services assurés au niveau du paysage. Le recours aux méthodes mécaniques ou biologiques de lutte ne se fait qu'en dernier ressort ou de manière transitoire. Une nouvelle politique de l'UE est adoptée en remplacement de la PAC, rétribuant les services écosystémiques assurés par les agriculteurs, et au-delà, par tous les acteurs du territoire. Elle a accompagné la transition des exploitations et des territoires vers un système alimentaire une seule santé. Pour que l'environnement économique des marchés alimentaires soit propice à la transition, l'UE a fixé des taxes élevées sur les importations de produits alimentaires provenant de cultures utilisant des pesticides chimiques et mis en œuvre des clauses de réciprocité liées à l'objectif une seule santé dans des accords commerciaux bilatéraux.

Chaine de valeur alimentaire	Approvisionnement en aliments sans pesticides comme standard de sécurité alimentaire (chaine de valeur globale)	Approvisionnement en aliments sains pour un régime sain (local et global)	Approvisionnement en aliments préservant la santé humaine et environnementale et fournissant des paysages diversifiés
Structures d'exploitation agricole	Spécialisation et financiarisation des structures d'exploitations 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
Agroéquipements et technologies numériques	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 de production de céréales et d'oléagineux dans le sud de la Finlande en 2050

Céréales et oléagineux sont produits localement sans pesticides chimiques pour répondre aux préoccupations des Finlandais, à savoir la protection de l'environnement, la préservation des zones rurales et la souveraineté alimentaire. Des cultures diversifiées de céréales, d'oléagineux et de légumineuses sont protégées des bioagresseurs par des pratiques culturales préventives, exploitant les mécanismes biologiques de régulation et constituant une mosaïque de cultures au niveau du paysage. La Finlande est autosuffisante en protéines végétales destinées à l'alimentation animale puisque la production animale a été réduite et qu'elle est principalement consacrée aux produits laitiers bio et à la production de biogaz. Il existe une étroite coopération entre les agriculteurs, les organisations de conseil et les autres acteurs au niveau local pour le partage des équipements ainsi que pour le suivi des conditions météorologiques et des dynamiques des écosystèmes.

Scénario de production viticole en Bergerac-Duras (France) en 2050

Le secteur viticole a réussi sa transition agroécologique en mobilisant toutes les parties prenantes du territoire. Les processus écologiques au niveau du paysage sont favorisés et le vignoble est valorisé pour ses qualités œnologiques et environnementales, ainsi qu'en tant qu'élément du patrimoine culturel. La mosaïque des cultures (vigne, arbres fruitiers, noisetiers, céréales, prairies) et des habitats semi-naturels (haies, bosquets, bandes fleuries, zones humides) crée des paysages complexes et résilients, aptes à réguler les populations de bioagresseurs. Ces paysages sont totalement intégrés dans le territoire Bergerac-Duras. Un contrat social lie les acteurs de Bergerac-Duras – viticulteurs, vignerons, coopératives, collectivités locales, associations de riverains – autour d'un même projet territorial.

© IVBD

Serons-nous en mesure de créer des systèmes de culture sans pesticides chimiques à l'horizon 2050 ?

Différents systèmes de culture sont possibles …

La complémentarité des hypothèses de protection des cultures dans chaque scénario doit être envisagée en fonction du système de culture et de la chaîne de valeur alimentaire à laquelle il appartient. Cela va déterminer les modalités de la surveillance des bioagresseurs et de la sélection variétale, compte tenu du contexte local. Les systèmes de culture en 2050 peuvent être caractérisés selon différents gradients d'intensité en termes d'intrants exogènes (produits de biocontrôle, stimulateurs de défense des plantes et engrais), de services écosystémiques et de diversification spatiale (Fig. 4).

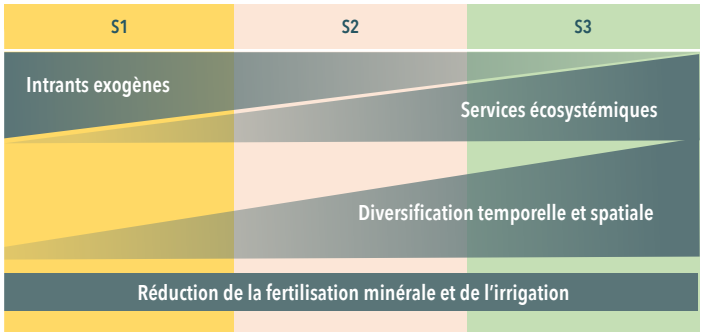


Figure 4. *Les caractéristiques des systèmes de culture pour chaque scénario*

D'un côté, dans le S1, les systèmes de culture reçoivent beaucoup d'intrants exogènes, les cultures sont assez peu diversifiées et il y a peu de services écosystémiques.
De l'autre côté, dans le S3, les systèmes de culture utilisent peu d'intrants exogènes et mobilisent un niveau élevé de diversification et de services écosystémiques.

… avec des niveaux variables de résilience aux bioagresseurs, face au changement climatique

Le changement climatique sera caractérisé en 2050 par une augmentation de la température à la surface du globe et des concentrations en CO_2. Il devrait aussi entraîner une augmentation des précipitations (respectivement une diminution) dans les latitudes nordiques et tempérées de l'Europe (respectivement dans les latitudes sud et méditerranéennes) avec des variations spatiales et temporelles». Le changement climatique aura une incidence sur la pression exercée par les insectes ravageurs des cultures, dont la physiologie et les dynamiques sont principalement influencées par la température, mais aussi par l'humidité et par le vent. Il aura également une incidence sur les agents pathogènes dont l'ensemble du cycle de vie est fortement déterminé par la température et l'humidité. La pression des adventices sera aussi modifiée puisque leur croissance et leur développement dépendent, comme pour les cultures, de la température, des précipitations et des concentrations en CO_2. Le changement climatique entraînera aussi des évolutions dans la répartition géographique des bioagresseurs et des cultures en Europe, avec un risque accru d'introduction de bioagresseurs devenant invasifs, ainsi que des synchronies de développement entre les bioagresseurs et leurs plantes-hôtes. Le changement climatique va également accroître les aléas climatiques et les épisodes extrêmes (canicules et sécheresses, pluies diluviennes et inondations, tempêtes…), ce qui rend plus difficile la prédictions des effets des bioagresseurs sur les cultures. Il est donc préférable de s'intéresser à la résilience [4] des systèmes de culture, face aux ravageurs dans le contexte du changement climatique à l'horizon 2050, laquelle peut être mesurée au travers de leur robustesse et de leur adaptabilité (Tab. 2).

… et divers besoins en connaissances et en technologies

Le niveau actuel de connaissances varie selon l'hypothèse de protection des cultures retenue en 2050 [5]. L'hypothèse « Renforcement de l'immunité des plantes cultivées » peut s'appuyer sur les connaissances existantes des mécanismes d'action moléculaires et sur la résistance partielle aux ravageurs (stimulateurs de défense des plantes, plantes de services ou flash UV-C). Les besoins de recherches concernent les interactions entre les différents leviers pour stimuler l'immunité des plantes, l'identification des marqueurs d'immunité de la plante, et une cartographie des gènes de résistance aux principaux bioagresseurs pour une large gamme d'espèces végétales. L'hypothèse « Gestion de l'holobionte des plantes cultivées en renforçant les interactions hôte-microbiote » nécessite de développer des connaissances pour mieux comprendre le lien entre une structure particulière d'une communauté microbienne et ses caractéristiques fonctionnelles, afin d'identifier les communautés microbiennes importantes pour les différentes cultures et leurs dynamiques, et pour déterminer les moyens de moduler les microorganismes du sol. A l'appui de l'hypothèse « Conception de paysages complexes et diversifiés adaptés aux contextes locaux et à leur évolution », il existe déjà un important corpus de connaissances sur les principes et mécanismes associés à la diversification des cultures et à la conception paysagère ; plusieurs projets de recherche sont en cours pour comprendre comment les mettre en œuvre. Des outils de modélisation permettant d'anticiper l'impact quantitatif des bioagresseurs sur les cultures ainsi que la mise au point de solutions pour les cultures pérennes sont nécessaires.

	Robustesse	Adaptabilité
S1	• Sélection végétale visant à produire des cultures (notamment associations d'espèces et/ou mélanges variétaux) plus tolérantes/résistantes aux stress et aux chocs.	• Fourniture exogène de biostimulants, de stimulateurs de défense des plantes, de communautés microbiennes au sol et aux plantes.
S2	• Renforcement de la diversité biologique et fonctionnelle des microbiomes, afin de mobiliser le recrutement par la plante cultivée de microorganismes fonctionnels pour faire face aux perturbations biotiques et abiotiques. • Suppression des agents pathogènes du sol par des microorganismes de la rhizosphère. • Sélection végétale visant à accroître les interactions bénéfiques entre plantes et microorganismes et leurs processus de coévolution.	• Adaptation des pratiques culturales afin de moduler les structures et les fonctions du microbiome dans l'espace et dans le temps. • Adaptation locale et temporelle par la fourniture exogène ou endogène d'intrants microbiens.
S3	• Accroissement de la diversité et de la redondance fonctionnelles dans les paysages (diversité spatiale et temporelle, complexité, connectivité) afin de favoriser les services de régulation biologique, et de stabiliser la production en réponse aux stress et aux chocs. • Sélection végétale adaptée à la diversification (notamment association de cultures) et aux conditions pédologiques et climatiques locales. • Modification des pratiques culturales et des paysages pour créer des discontinuités pour les bioagresseurs et des continuités pour les auxiliaires.	• Changement au cours du temps de la mosaïque des cultures et des pratiques culturales afin d'anticiper les risques de développement de bioagresseurs. • Anticipation des stress et des chocs grâce à des systèmes de surveillance (des bioagresseurs, des plantes, des conditions météorologiques).

Tableau 2: *Facteurs de robustesse et d'adaptabilité des systèmes de culture dans les trois scénarios (S1, S2, S3)*

[4] La résilience est la capacité d'absorber un changement et d'anticiper une perturbation future par une capacité d'adaptation (Urruty et al., 2016, basé sur Darnhofer, 2010). La capacité de résilience peut être appréciée par (i) la robustesse qui est la capacité intrinsèque d'un système à supporter les stress et les chocs non anticipés, et (ii) l'adaptabilité qui est la capacité d'un système à modifier la composition des intrants, la production, les modes de commercialisation et la gestion du risque en réponse aux stress et aux chocs, mais sans modifier sa structure et ses processus de rétroaction (Meuwissen et al., 2019, basé sur Holling et al., 2002).

[5] Ces éléments proviennent de l'évaluation des chercheurs qui sont engagés dans les projets du programme prioritaire de recherche « Cultiver et protéger autrement », sur l'état actuel des connaissances et les connaissances manquantes pour réaliser les hypothèses de protection des cultures sans pesticides chimiques.

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

Les scénarios ont des impacts contrastés sur la production agricole européenne. Par rapport à 2010, la production domestique européenne 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). **De plus, les caractéristiques de la production varient d'un scénario à l'autre car l'agriculture européenne est intégrée à des systèmes alimentaires complètement différents dans ces trois scénarios.** Étant donné notre approche de modélisation, les structures de la production sont étroitement liées aux structures des régimes alimentaires. Cela signifie que si les caractéristiques de la production en 2050 ne se distinguent pas fondamentalement de celles observées en 2010 dans le scénario S1, elles sont radicalement différentes dans les scénarios S2 et S3 (Fig. 5). En particulier, comme les régimes alimentaires dans les scénarios S2 et S3 sont moins riches en produits animaux, la production animale européenne diminue sensiblement, de même que celle d'aliments pour animaux, y compris les fourrages, de même que l'usage de l'herbe des prairies permanentes. La superficie consacrée aux prairies permanentes est en net recul dans S2 (-28% en 2050 par rapport à 2010) et encore plus dans le S3 (-51%, Fig. 6), les prairies ainsi libérées devenant des zones de végétation arbustive ou de forêts.

Une transition vers une agriculture sans pesticides chimiques en Europe en 2050 serait possible sans transformation des régimes alimentaires européens, mais ce serait au détriment des exportations européennes (S1). Sachant que les surfaces cultivées sont constantes, et en poursuivant l'évolution tendancielle des régimes alimentaires, une réduction du volume de production de l'agriculture européenne (hypothèse de rendement lb) entraînerait une forte réduction des exportations européennes. Si l'Europe souhaitait conserver sa position d'exportateur sur les marchés mondiaux, de plus hauts rendements ou une extension des superficies cultivées seraient nécessaires.

L'adoption de régimes sains (S2) ou de régimes sains et plus respectueux de l'environnement (S3) laisserait à l'Europe une certaine marge de manœuvre pour équilibrer ses usages et ses ressources tout en devenant exportateur net de calories. Dans les scénarios S2 et S3, les Européens consomment moins de calories, avec moins d'aliments d'origine animale. Ce régime plus frugal entraîne une diminution de l'utilisation de produits agricoles pour la consommation humaine (-13% dans le S2, -20% dans S3) et animale (respectivement -24% et -43% dans les scénarios 2 et 3) par rapport à 2010 (Fig. 7). Dans ces scénarios, même avec une réduction du volume de production, les usages domestiques diminuent plus que la production domestique et l'Europe n'est plus importatrice nette comme en 2010 (200 10^{12} kcal) mais exportatrice nette en 2050 (près de 40 10^{12} kcal dans le S2 et près de 240 10^{12} kcal dans S3) (Fig. 7).

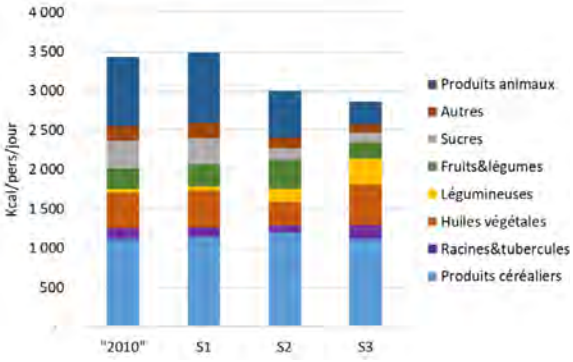


Figure 5. *Régime alimentaire en « 2010 » et en 2050 dans les scénarios S1, S2 et S3 (kcal/pers/j), moyenne des 8 sous-régions européennes*

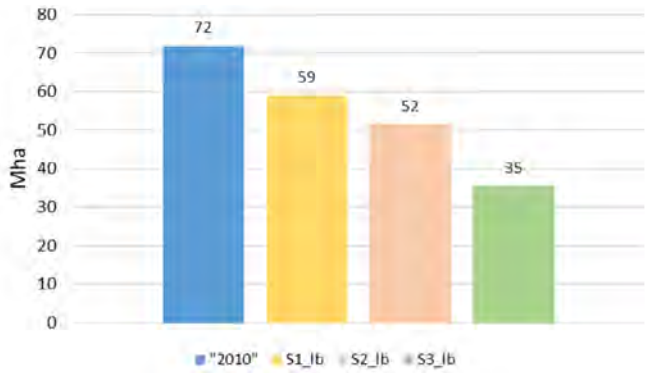
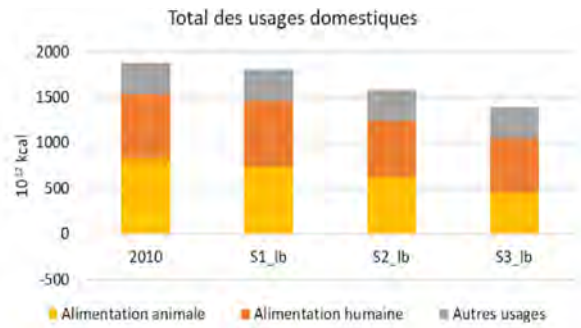
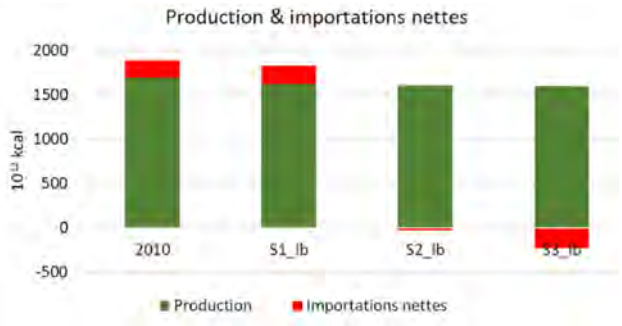


Figure 6. *Superficie en prairies permanentes en Europe en « 2010 » et en 2050 dans les scénarios S1, S2 et S3 (Mha)*





Figures 7 and 8. *Equilibre usages-ressources en Europe en « 2010 » et en 2050 dans les scénarios S1, S2 et S3 (10^{12} kcal)*

lb pour hypothèse de limite basse de rendement

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

Pour répondre aux enjeux climatiques et environnementaux qui menacent l'Europe et le monde, le Pacte vert pour l'Europe vise à transformer l'UE en une économie moderne, économe en ressources et compétitive, atteignant la cible de zéro émission nette de gaz à effet de serre d'ici à 2050, avec un découplage de la croissance économique par rapport à l'utilisation de ressources, et sans délaisser des populations ni des territoires.

Les trois scénarios (sauf S1 avec l'hypothèse de rendement Ih) **contribuent positivement à la diminution des émissions agricoles européennes de gaz à effet de serre (GES) et à l'augmentation du stockage de carbone dans les sols et la biomasse.** Dans l'hypothèse de rendement en limite basse, les trois scénarios supposent une diminution des émissions de GES par l'agriculture en 2050 par rapport à 2010 : de -8 % dans S1, -20 % dans S2 et -37% dans S3 (Fig. 9). Quel que soit le scénario, la majeure partie de la diminution des émissions de GES agricoles provient principalement de la réduction des émissions liées à la production animale. Dans l'hypothèse d'un rendement en limite haute, la réduction des émissions de GES d'origine agricole est moindre dans les trois scénarios, aboutissant même une augmentation des émissions de GES dans le scénario S1 (+9%). De plus, par rapport à 2010, les trois scénarios entraînent une diminution des émissions liées aux changements d'affectation des terres en Europe, ce qui renforce la capacité de stockage du carbone de l'Europe pendant toute la période de projection : elle est de -9 millions de tonnes d'équivalent CO_2 par an dans le S1, de -17 millions de tonnes dans le S2 et de -43 millions de tonnes dans S3 (Fig. 10).

Les trois scénarios contribuent probablement à une amélioration de la biodiversité terrestre en Europe. Le premier impact positif découle de l'élimination des pesticides chimiques dans les trois scénarios. Le deuxième impact positif s'explique par la diversification accrue que l'on retrouve dans les trois scénarios, avec un impact probablement plus important dans le scénario S3 que dans les scénarios S1 et S2. D'autres impacts résultent des changements d'affectation des sols induits par les trois scénarios qui, en moyenne, devraient avoir un impact positif sur la biodiversité (une stabilité de la superficie cultivée, une augmentation des espaces dédiés à des habitats semi-naturels dans S3, et éventuellement une transformation de certaines prairies permanentes en forêts). Cette amélioration de la biodiversité pourrait renforcer les mécanismes naturels de régulation dans les trois scénarios, ce qui rend l'objectif du zéro pesticides chimiques encore plus atteignable.

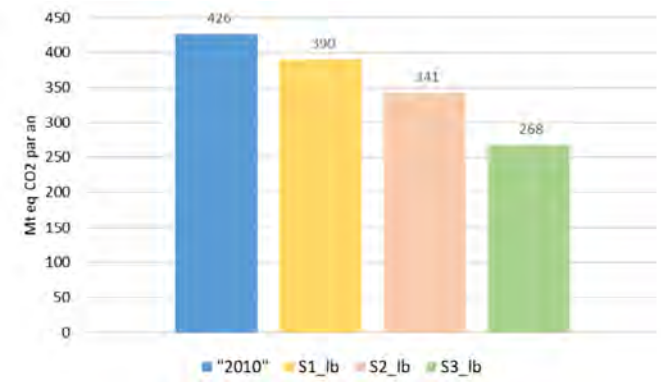
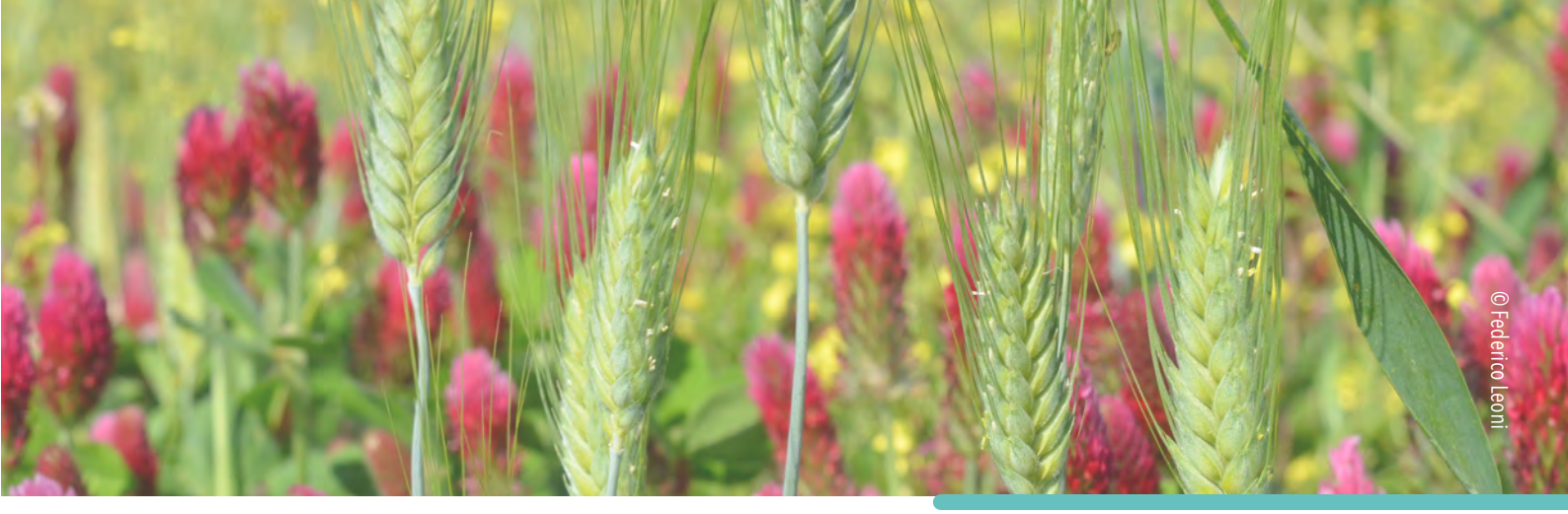


Figure 9. *Émissions agricoles de GES en Europe en "2010" et 2050 dans les scénarios S1, S2 et S3 (Mt eq CO_2)*

Ib pour hypothèse de limite basse de rendement

Figure 10. *Emissions de GES dues au changement d'affectation des sols en Europe dans les scénarios S1, S2 et S3 (Mt eq CO_2 par an), sous l'hypothèse que les prairies permanentes libérées deviennent des zones de végétation arbustive*

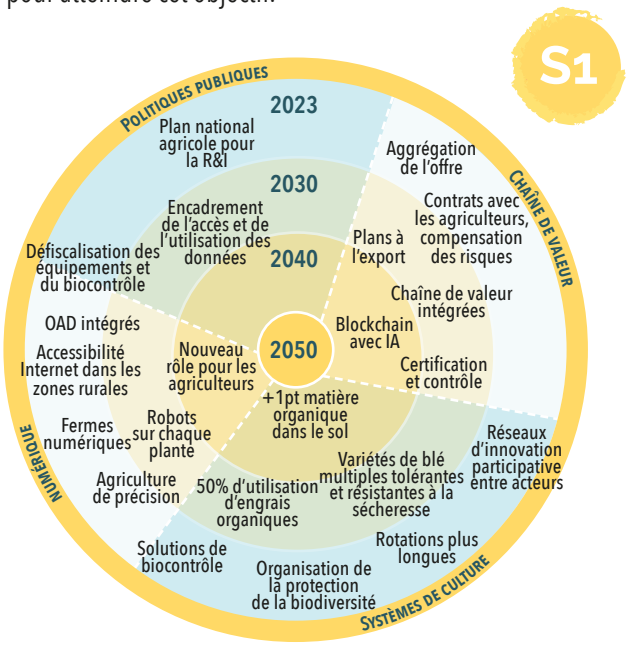
© Stefano Carlesi

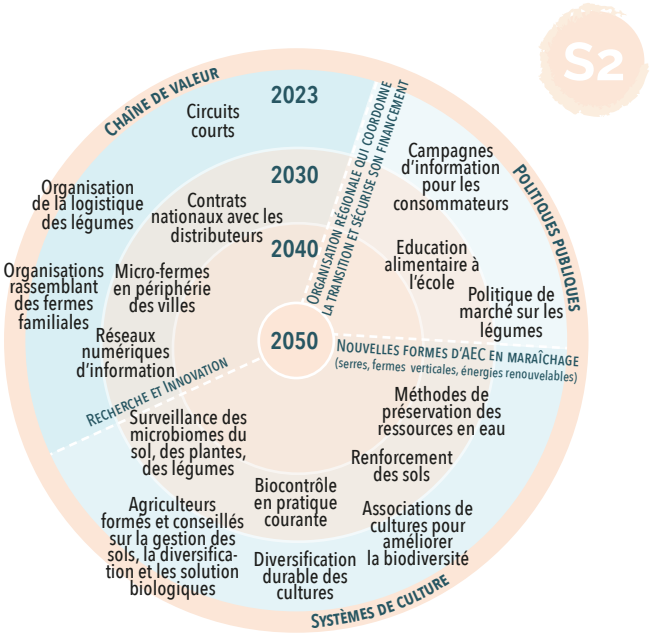


Comment opérer la **transition** vers une agriculture sans pesticides chimiques d'ici à 2050 ?

Mobiliser les scientifiques et les acteurs parties-prenantes au niveau local, pour imaginer des trajectoires de transition dans quatre régions d'Europe

Des ateliers participatifs de prospective, réunissant chacun 15 à 20 chercheurs et parties prenantes au niveau local (scientifiques, agriculteurs, techniciens et conseillers agricoles, représentants d'organisations non gouvernementales, d'entreprises de l'agroalimentaire et des agroéquipements, et de collectivités locales), ont été menés dans quatre régions d'Europe, afin de construire des trajectoires de transition vers une agriculture sans pesticides chimiques d'ici à 2050, en utilisant la méthode de « backcasting ». Ils illustrent la manière dont les trois scénarios européens peuvent être mobilisés par les acteurs locaux publics et privés, notamment les agriculteurs, pour construire ensemble des trajectoires vers une vision commune d'une agriculture sans pesticides chimiques, et ainsi définir les étapes clés et les mesures nécessaires pour atteindre cet objectif.





Production de blé dur en Toscane

Les acteurs mondiaux de la production et de la distribution alimentaires fixent des standards de production couvrant, entre autres, l'utilisation des pesticides chimiques. Ils passent contrat avec des agriculteurs de Toscane pour la compensation du risque lié à la transition. Les agriculteurs sont regroupés en grandes coopératives qui agrègent l'offre de produits. Ils sont certifiés conformément aux standards privés, et ont accès à un réseau d'innovation participative ainsi que de soutien technique. Un plan national d'agriculture finance des activités de recherche et d'innovation concernant la sélection variétale, le numérique, et la défiscalisation des 'investissements des agriculteurs dans ces domaines. Ces derniers mobilisent ces nouvelles technologies d'agriculture de précision pour réduire progressivement l'usage des pesticides. Ils gèrent également la santé des sols pour les enrichir en matière organique. La filière blé dur toscane est pleinement intégrée, et exporte sur les marchés internationaux.

R&I : Recherche et Innovation; OAD :Outils d'Aide à la Décision; IA : Intelligence Artificielle

Production de légumes en Roumanie

L'adoption d'un régime alimentaire sain par les consommateurs est facilitée par des politiques de marché visant à rendre les légumes plus accessibles, et par l'ajout de cours de nutrition dans les programmes scolaires. Les exploitations familiales, soutenues par des programmes nationaux et des fonds européens se sont regroupées pour la mise en commun d'agroéquipements et de données. Elles sont en contrat avec des distributeurs nationaux et régionaux et développent des circuits courts. Les agriculteurs bénéficient de formations sur l'holobionte, qui sont financées par les pouvoirs publics, ainsi que de conseils de spécialistes publics pour les accompagner dans la diversification, l'utilisation d'engrais organiques et l'augmentation de la biodiversité dans le maraîchage. Ils utilisent les outils de pointe pour surveiller les nutriments du sol et les micro-écosystèmes, et adaptent leurs systèmes de culture pour préserver la santé des sols. L'agriculture en environnement contrôlé se développe en utilisant les énergies renouvelables, et se diversifie notamment avec les fermes verticales.

AEC : agriculture en environnement contrôlé

Figures 11 et 12. *Cadrans présentant les principales étapes de la transition vers les scenarios d'agriculture sans pesticides chimiques en Toscane et Roumanie entre 2023 et 2050*

Mobiliser les scientifiques et les acteurs parties-prenantes au niveau local, pour imaginer des trajectoires de transition dans quatre régions d'Europe

Céréales et oléagineux en Finlande

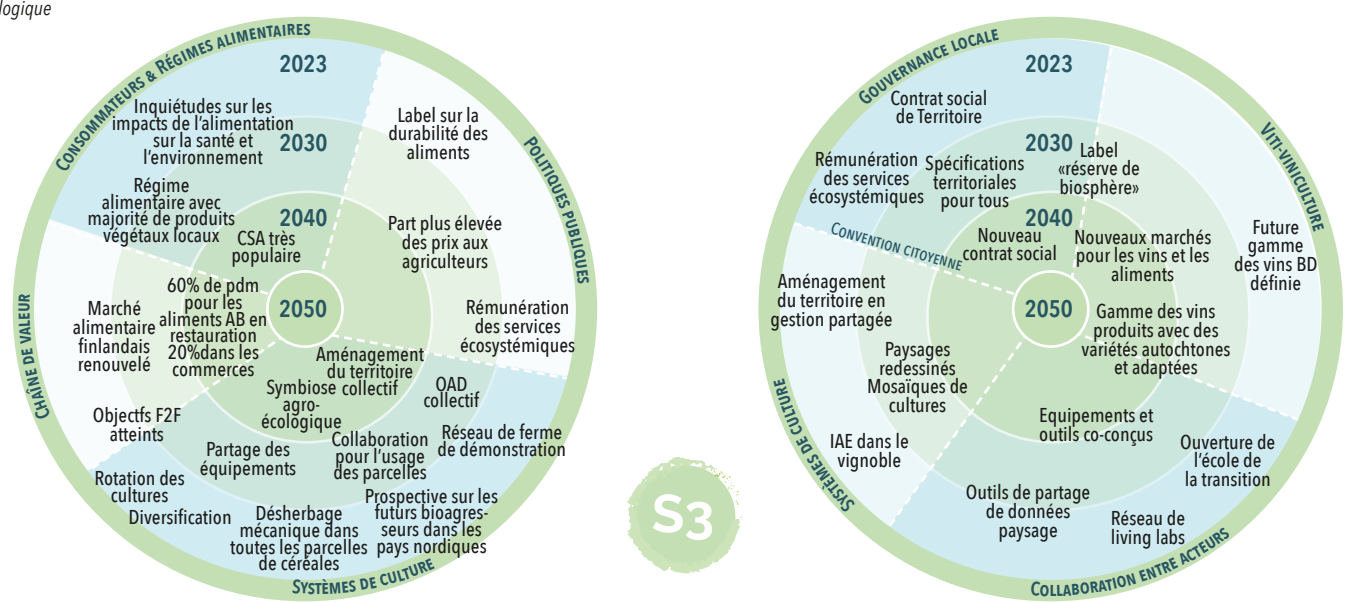
Les consommateurs finlandais se préoccupent de l'impact de leur régime alimentaire sur l'environnement, ce qui induit des changements dans la chaîne de valeur alimentaire : la part des produits issus de l'agriculture biologique s'accroît et le marché évolue vers une plus grande diversité d'aliments, produits localement. Les consommateurs finlandais soutiennent cette transition de l'agriculture locale, vers davantage de produits bio, avec une plus grande diversification des productions céréalières, oléagineuses et de légumineuses. La transition des systèmes de culture est facilitée par l'échange de bonnes pratiques via un réseau de fermes de démonstration, la rémunération des services écosystémiques, un partage plus équitable des prix au profit des agriculteurs, et une collaboration accrue entre agriculteurs et acteurs locaux, et conduit à l'implémentation de dispositifs de symbiose agroécologique rassemblant producteurs agricoles, transformateurs et fournisseurs d'énergie.

CSA : agriculture soutenue par la communauté (community supported agriculture en anglais); F2F : farm to fork ; OAD: Outil d'Aide à la Décision; pdm : part de marché; AB : agriculture biologique

Production viticole dans le Bergerac Duras

La transition débute par la validation du projet de transition agro-écologique par les acteurs locaux, suivie par la mise en place d'une gouvernance participative autour d'un contrat social de territoire, intégrant les riverains. Elle organise la transition, l'aménagement du territoire, et le financement via la rémunération des services écosystémiques. Les acteurs coopèrent de plus en plus, partagent leurs connaissances, leurs pratiques, co-développent et testent les solutions adaptées à leurs besoins, dans le but commun d'obtenir la certification « réserve de biosphère » pour le territoire. Cette certification ouvre de nouveaux marchés pour les vins de Bergerac Duras et des aliments issus de la diversification des cultures.

IAE: infrastructures agro-écologiques ; BD : Bergerac Duras



Figures 13 et 14. *Cadrans présentant les principales étapes de la transition vers les scenarios d'agriculture sans pesticides chimiques en Finlande et à Bergerac Duras (France) entre 2023 et 2050*

Références citées dans le document

Darnhofer I, 2010. Strategies of family farms to strengthen their resilience. Environmental Policy and Governance, 20(4), 212–222. doi:10.1002/eet.547

Holling CS, Gunderson LH, Peterson GD, 2002. In: Gunderson LH, Holling CS (eds), Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural Systems, Island Press, pp. 63-102.

Meuwissen MPM, Feindt PH, Spiegel A, Termeer CJAM, Mathijs E, De Mey Y, Finger R, Balmann A, Wauters E, Urquhart J et al., 2019. A framework to assess the resilience of farming systems. Agricultural Systems, 176, 102656.

Urruty N, Tailliez-Lefebvre D, Huyghe C, 2016. Stability, robustness, vulnerability and resilience of agricultural systems. A review. Agronomy for Sustainable Development, 36, 15. doi 10.1007/s13593-015-0347-5

Robinson JB, 1982. Energy backcasting. A proposed method of policy analysis. Energy policy, 10(4), 337-344.

Pour en savoir plus :

Mora O (coord.), Berne JA, Drouet JL, Le Mouël C, Meunier C (avec la contribution de Forslund A, Kieffer V et L Paresys), 2023. Agriculture européenne sans pesticides chimiques en 2050. Rapport de la prospective – INRAE (France).

Le rapport et le résumé sont mis en ligne sur le site internet d'INRAE.

Existe-t-il une stratégie robuste pour la transition vers une agriculture sans pesticides chimiques à l'horizon 2050 ?

La transition vers une agriculture sans pesticides chimiques nécessite une multitude d'initiatives et de transformations de la part de différents acteurs, à des échelles variées. Toutefois, à la lumière de l'analyse des trajectoires construites pour chacun des trois scénarios européens, on peut dégager quelques éléments robustes d'une transition, consistant en étapes et en actions communes, notamment par le biais de politiques publiques, d'évolutions des chaînes de valeur, d'éducation et de systèmes de connaissance et d'innovation en agriculture.

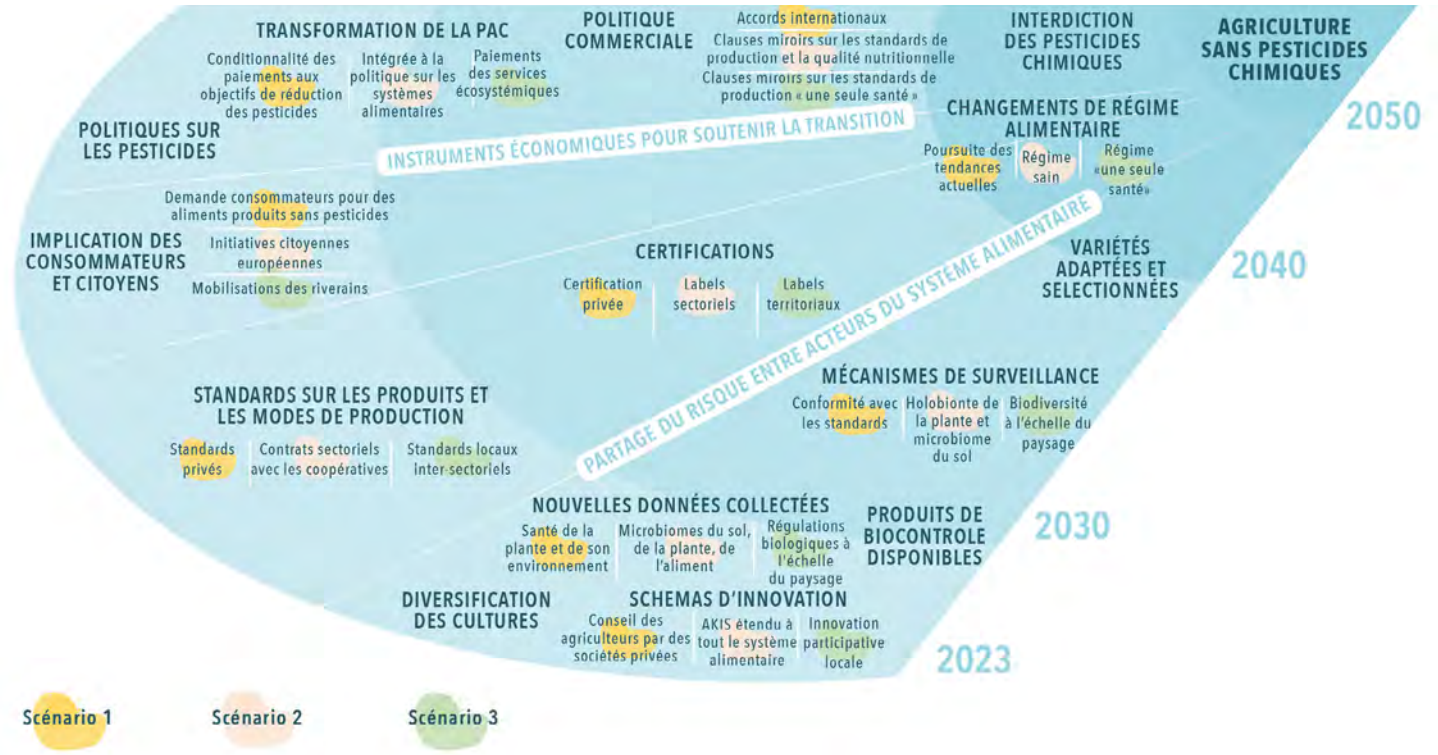


Figure 15. *Eléments robustes de la transition vers une agriculture sans pesticides chimiques*

Dans tous les scénarios, la transition nécessite des mesures fortes et coordonnées pour réussir :

- L'engagement des consommateurs, des citoyens et des habitants qui ont un rôle crucial à jouer. Au début de la transition, ils expriment leurs inquiétudes sur les pesticides chimiques et leurs conséquences sur la santé humaine, l'environnement et la biodiversité. A un stade plus avancé, l'évolution des habitudes alimentaires et des régimes soutient la transition (S2 et S3).
- L'articulation entre les politiques publiques de réduction (et, à terme, d'interdiction) des pesticides chimiques et les politiques publiques de soutien des agriculteurs (et des autres acteurs) dans la transition, avec une transformation ou une refonte de la Politique Agricole Commune (PAC), et des politiques alimentaires pour soutenir les changements de régimes (S2 et S3).
- De nouveaux accords commerciaux avec les partenaires non-européens afin d'appliquer des standards de production identiques à chaque produit présent sur le marché européen.
- De nouveaux standards de production et de certification des produits, permettant la certification des productions et leur valorisation par des labels.
- Des mécanismes pour organiser le partage des risques entre les différents acteurs de la chaîne de valeur à travers des contrats, ou à l'échelle du territoire.
- Des systèmes d'information et de connaissances en agriculture pour la production de connaissances et la co-conception, avec les agriculteurs, de systèmes de culture sans pesticides chimiques.

Centre-siège Paris Antony

Direction de l'expertise scientifique collective,
de la prospective et des études

147 rue de l'Université - 75338 Paris cedex 07
Tél. +33 (0)1 42 75 94 90

Rejoignez-nous sur :

inrae.fr

Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté Égalité Fraternité

FRANCE 2030

anr® INRAE CULTIVER PROTÉGER *autrement*