

Préface

Au moment de la rédaction de cette préface, le monde agricole français et européen connaît un nouveau temps de tensions sociales, manifestant son inquiétude face aux changements à affronter. Et parmi les motifs clairement exprimés, la question des pesticides revient toujours et de façon lancinante. La publication du fruit d'une réflexion prospective orientée vers une agriculture sans pesticides peut donc apparaître comme profondément décalée vis-à-vis des attentes du monde agricole.

Et pourtant, il n'en est rien, bien au contraire. La prospective qui a été conduite de façon remarquable et avec des résultats très remarquables lors de sa publication au printemps 2023 est absolument indispensable pour préparer la protection des cultures de demain, tout en fournissant des éléments pour la conduite aujourd'hui.

Le thème de cette prospective est donc d'une acuité extrême et d'une pertinence totale, car il s'agit bien de préciser les conditions de la protection des cultures au milieu de ce siècle, protection des cultures qui doit assurer une performance productive pour fournir une alimentation saine et accessible à tous ; et environnementale, pour préserver, et même restaurer la biodiversité et tous les services qu'elle apporte à l'agriculture. Il faut de plus que la trajectoire de transition vers ces futurs possibles soit viable.

Une protection des cultures indispensable pour assurer une production de qualité et accessible à tous

En l'absence de protection des cultures, les pertes de rendement et de qualité peuvent être fortes, variables entre lieux et entre années, et imprévisibles. La protection des cultures contre les adventices, les champignons et les insectes est donc absolument indispensable. Elle repose aujourd'hui, et ceci depuis quelques décennies seulement, sur un usage massif de produits phytopharmaceutiques, même si le suivi longitudinal de l'usage des produits de protection des cultures sur les quinze dernières années montre des transitions marquées, avec une disparition des produits cancérigènes, mutagènes ou reprotoxiques les plus dangereux (CMR₁) et une réduction de 57 % des CMR₂¹, une trajectoire de réduction des autres produits de synthèse, et une augmentation continue de l'utilisation des produits de biocontrôle de 187 % en 15 ans. Aujourd'hui, on mesure clairement les limites d'une stratégie employant de grandes quantités de produits de synthèse. Ils ont un impact sur la santé humaine, la

1. Le règlement européen CE n° 1272/2008 (*Classification, Labelling and Packaging*) propose deux catégories de dangers (1 et 2) définissant le niveau de preuve de l'effet cancérigène, mutagène ou toxique pour la reproduction (CMR) observé.

qualité de l'eau et de l'air et ainsi que sur la biodiversité, et ceci conduit à des dynamiques de retrait potentiellement rapides, pouvant laisser les agriculteurs démunis si ce processus n'a pas été anticipé. Pour les substances actives massivement utilisées et relevant d'un même mode d'action, des phénomènes de résistance apparaissent. C'est le cas pour nombre d'herbicides ainsi que pour des insecticides. Ces substances deviennent alors inefficaces et le maintien de leur utilisation ne fait qu'accélérer la généralisation des populations résistantes, avec des effets collatéraux comme le retour de l'ergot du seigle dans les productions de céréales en 2024, ergot qui se développe sur les graminées adventices résistantes aux herbicides. Enfin, nous observons une quasi-absence de nouvelles options chimiques, faute de découverte de nouveaux modes d'action. Donc, il est impératif de chercher ailleurs, vers des systèmes de production où la pression des bioagresseurs est plus faible, vers de nouveaux modes de protection, vers des variétés résistantes ou encore vers des agroéquipements d'une nouvelle génération. L'exploration des futurs possibles est la fonction première d'une prospective. Dans le cas présent, ceci a été fait à l'échelle européenne, car la problématique posée est commune à l'ensemble des pays européens, qui partagent la même pharmacopée, les mêmes productions agricoles et les mêmes pressions parasitaires. Si on pointe parfois nos différences sous la forme des distorsions réglementaires, c'est oublier l'importance de ce que nous avons en commun. De ce point de vue, la prospective, en faisant le choix d'une visée européenne, s'inscrit une fois encore dans le sens de l'histoire.

Pourquoi cette prospective dans le cadre du programme prioritaire de recherche « Cultiver et protéger autrement » ?

Ce travail de prospective a été conduit dans le cadre du programme prioritaire de recherche (PPR) « Cultiver et protéger autrement », programme national soutenant la recherche académique pour explorer des questions de recherche totalement originales en matière de protection des cultures. Ce programme a été élaboré, et validé par le ministère de la Recherche en 2020, autour d'un scénario totalement disruptif, et non prescriptif, celui de l'absence d'utilisation de produits phytopharmaceutiques de synthèse. Pourquoi un tel scénario disruptif ? Comme cela est expliqué dans l'ouvrage *Zéro pesticide. Un nouveau paradigme de recherche pour une agriculture durable*², le fait de poser un tel paradigme a forcé la recherche académique à explorer des fronts de recherche nouveaux, au travers de dix projets sélectionnés par un jury international et prévus sur une durée de six ans. Ces fronts de science, comme l'écologie chimique ou le microbiote végétal, et leur intégration dans des systèmes sociotechniques révisés, pouvaient apparaître comme totalement inatteinables. Et pourtant, le bilan des avancées à mi-parcours montre bien que cette stratégie

2. Publié en 2022 aux éditions Quæ en langue française ; puis en langue anglaise en 2024 sous le titre *Towards pesticide-free agriculture. Research and innovations in a future crop protection paradigm*, également aux éditions Quæ.

s'avère réellement gagnante, offrant des options d'application à relativement court terme, et permettant aussi à la recherche française d'occuper les premières places européennes et mondiales dans les travaux sur la protection des cultures. Pour autant, ce scénario du zéro pesticide posé à la recherche n'est pas un scénario prescriptif. Il n'est pas dans l'objectif de ce programme de dire aux agriculteurs de se passer de toute molécule chimique demain. Les avancées permettront cependant d'élargir le champ des options, de contribuer à la démarche d'anticipation et d'éviter les impasses engendrées par des retraits, ainsi que d'identifier les conditions dans lesquelles une trajectoire ambitieuse peut être suivie.

Le travail de prospective a cherché à explorer toutes les options futures pour une protection durable des cultures, sans entrer dans le détail de différentes productions, mais en ayant une approche à l'échelle de toute la chaîne de valeur. C'est un choix particulièrement important. En effet, l'évolution des pratiques de protection des cultures et toutes ses incidences ne peuvent pas reposer sur les épaules des seuls agriculteurs. Il est inconcevable que l'on demande aux agriculteurs une évolution des pratiques de protection des cultures et des systèmes agricoles, tout en donnant simultanément une injonction paradoxale, en provenance des marchés, selon laquelle il faudrait produire les mêmes quantités de chaque matière première, et au même prix, voire à des prix toujours plus bas.

En conséquence, l'équipe qui a conduit ce travail de prospective a fait le choix d'une approche large. Ceci a permis d'identifier les conditions nécessaires pour permettre aux différents scénarios de pratiques et systèmes de protection des cultures de voir le jour. Ces conditions relèvent de trois grands champs.

1. Il s'agit d'abord de celui des innovations nécessaires dans les leviers de protection, et donc des connaissances à produire, si elles ne sont pas déjà disponibles. Ainsi, cette prospective donne une véritable feuille de route à la recherche et entre en résonance profonde avec les projets de recherche du PPR, et bien au-delà avec la programmation de la recherche en France et en Europe.
2. Il s'agit ensuite de la mobilisation de la chaîne de valeur et de l'évolution des comportements des acteurs et des consommateurs. La prospective explore ainsi comment les évolutions de consommation et la possible réduction des pertes et gaspillages (qui sont encore malheureusement aujourd'hui au-dessus de 30 % de la biomasse récoltée) offrent des marges de manœuvre pour repenser la protection des cultures.
3. Enfin, ce sont les politiques publiques qui sont mobilisées, comme de grands leviers de transformation, et notamment la cohérence entre les politiques agricoles, les politiques environnementales et les politiques de consommation, ainsi qu'entre les échelles européennes, nationales et régionales.

Quelques points remarquables du déroulement de cette prospective et de ses résultats

Alors que vous allez bientôt découvrir dans les pages qui suivent toute la richesse des enseignements de ce travail conduit sur plus de deux ans, je ne vais pas en faire un résumé. Je préfère livrer ici une analyse de quelques points remarquables.

Il existe tout d'abord une grande diversité des experts mobilisés qui assure une richesse et une complémentarité des regards. En effet, le principal risque d'une prospective est de se faire piéger par les effets de fixation, qui limitent les libertés que l'on se donne pour concevoir. La diversité des disciplines convoquées a été forte, de même que les horizons de métiers des experts. Plus encore, la diversité européenne a été une vraie ressource. Dans le même temps où se mettait en place cette prospective, une alliance européenne de recherche se mettait en place sous le titre « Vers une agriculture sans pesticides ». Elle regroupe aujourd'hui 38 organismes de recherche, académique ou appliquée, issus de 21 pays européens. Cette diversité de regards européens permet de prendre en compte la pluralité des situations géographiques, économiques et culturelles. Au long du projet, elle a constitué une source d'options nouvelles, mais aussi un défi de chaque instant pour les pilotes de ce travail. Que tous ces experts soient ici remerciés pour leur temps, leur contribution intellectuelle, leur créativité et leur adhésion à cet exercice qui n'a rien de simple !

Au fil des pages, vous allez découvrir une prospective qui a une structure originale, très différente de la structure d'une majorité de prospectives. En effet, il n'y a aucun scénario qui fasse l'hypothèse d'un statu quo, traduisant la continuation de la trajectoire existante. Cette hypothèse n'aurait pas de sens, car elle supposerait l'arrêt des processus réglementaires, ce qui est toujours possible, et l'arrêt des processus biologiques d'émergence de résistances et d'arrivée de nouveaux bioagresseurs, ce qui est là tout à fait impossible. L'autre possibilité pour une hypothèse de statu quo aurait été de poursuivre les processus réglementaires de retrait et de laisser faire les processus biologiques de résistance, conduisant à un scénario d'absence totale d'options de protection des cultures. Or, comme il est dit plus haut, la protection des cultures est obligatoire. En cohérence avec cela, l'ensemble des trois scénarios répondent à une même trajectoire qui consiste à passer d'une protection des cultures massivement réalisée par une lutte curative à une protection des cultures préférentiellement basée sur la prévention et la généralisation de la prophylaxie, la lutte curative reposant sur le biocontrôle ou les agroéquipements étant également mobilisée. Ainsi, en mettant la prophylaxie comme principe premier, les trois scénarios présentés posent un principe de changement paradigmatique fort.

Il est donc proposé trois scénarios globaux, qui ont une forte cohérence interne et sont obtenus par la combinaison d'options, dans chacun des compartiments de la chaîne de valeur. Ceci donne des constructions faciles à comprendre, et offre aussi la possibilité de combinaisons supplémentaires. Ainsi, en matière de leviers de protection des cultures, il est possible de combiner, au moins partiellement, les trois options puisqu'elles sont complémentaires, en visant principalement la maîtrise des adventices au travers des options mécaniques et numériques, la mobilisation de l'immunité végétale par le levier génétique, la maîtrise des maladies fongiques par la connaissance et l'utilisation du microbiote ou encore la régulation des insectes grâce aux paysages olfactifs. Les scénarios deviennent alors une source d'inspiration et une ressource de

leviers qu'il est possible de décliner plus précisément pour les différentes filières de production et les différents contextes économiques ou locaux.

Ces différents scénarios ont fait l'objet d'un chiffrage dans les dimensions productives et environnementales. Ceci a permis de quantifier les incidences de ces scénarios dans le champ des émissions de gaz à effet de serre, en les comparant à la situation actuelle. De même, une estimation des incidences sur les échanges de biomasse agricole et alimentaire a été réalisée et permet de démontrer que des scénarios cohérents correspondant à des évolutions profondes des modes de production et de consommation ne dégradent pas la souveraineté alimentaire et peuvent même conduire à l'améliorer. Ce n'était pas une contrainte imposée lors des étapes de conception, mais c'est tout de même une bonne nouvelle d'y parvenir !

Le travail de prospective est allé plus loin dans une démarche originale de mise en situation, en illustrant les différents scénarios dans quatre territoires européens : un territoire viticole en France, la production de blé dur en Toscane (Italie), la production légumière en Roumanie et de blé tendre en Finlande. Ce travail décliné au travers d'ateliers avec les acteurs de terrain s'est avéré très fertile. Il illustre deux dimensions majeures, et essentielles. D'une part, les mises en situation montrent sans ambages qu'il faut une mobilisation simultanée des différentes dimensions techniques, organisationnelles et de politiques publiques. Elles mettent aussi en évidence l'importance d'imaginer une trajectoire longue dans le temps. Ceci alimente la réflexion selon laquelle une visée à long terme d'une réduction forte de l'usage des pesticides peut apporter, tout au long de la trajectoire de transition, des outils, pratiques et méthodes permettant aux agriculteurs et aux autres acteurs de la chaîne de valeur de mobiliser de nouveaux modes de protection des cultures, sans jamais mettre en péril la viabilité économique.

L'ensemble de ce travail s'est déroulé en étroite collaboration avec les différents projets du PPR et avec les animations déployées par ses pilotes scientifiques, dans des colloques annuels pour le monde de la recherche ainsi que dans des rencontres chercheurs-professionnels à travers la France. Il s'est aussi articulé avec l'expertise scientifique collective « Protéger les cultures en augmentant la diversité végétale des espaces agricoles » (RegulNat) sur la contribution des régulations naturelles à la protection des cultures. Ceci a conduit à des échanges continus et fertiles. Ainsi, le scénario 3 a pu se confronter et s'enrichir des travaux conduits dans le cadre du projet Phero-Sensor sur l'écologie chimique et des conclusions de RegulNat montrant l'intensité croissante des régulations naturelles avec l'augmentation de la diversité à l'échelle des couverts, des parcelles et de leur environnement proche, ainsi que des paysages. De même, le scénario 2 s'est nourri des avancées rapides sur la connaissance des microbiotes végétaux (Deep impact, Vitae et Sucseed³) et leurs possibles fonctions de régulation. Enfin, le scénario 1 a bénéficié des progrès en matière de

3. Pour plus d'informations sur les projets, voir : <https://www.cultiver-protéger-autrement.fr/les-projets>

génétique de l'immunité, mais aussi des avancées en matière de robotique et de numérique venant d'une part du programme et équipement prioritaire de recherche « Agroécologie et numérique » et d'autre part du Grand défi Robotique agricole. En cela, ce travail de prospective a illustré la contribution possible d'une prospective dans les grands programmes de recherche qui structurent aujourd'hui le paysage de la recherche académique française.

Un encouragement à poursuivre

La mobilisation forte en France et en Europe sur ce projet et les résultats passionnants qui ont été produits et dont cet ouvrage est la traduction sont un encouragement à la poursuite et à l'approfondissement des réflexions. Les axes d'enrichissement ne manquent pas. Je n'en citerai que trois.

La première voie d'enrichissement pourrait être celle du chiffrage économique. Elle est complexe à parcourir, car tributaire des marchés et donc des hypothèses relatives aux échanges et aux évolutions de production ailleurs dans le monde. Mais cette quantification économique devrait ou pourrait prendre en compte les coûts cachés engendrés par les pratiques agricoles et en particulier les intrants. Dans un rapport publié en 2023⁴, l'Organisation pour l'alimentation et l'agriculture des Nations Unis (FAO) estime que les coûts cachés engendrés par l'agriculture, en particulier en matière de santé et d'environnement, représenteraient 2,4 fois le chiffre d'affaires de la production primaire. Il serait intéressant, bien sûr en acceptant des approximations fortes, de voir dans quelle mesure les scénarios proposés modifient ou non en profondeur ce ratio.

La seconde voie d'enrichissement serait la déclinaison de ces scénarios pour quelques filières en France. Cette déclinaison a été illustrée au travers de quatre études de cas dans des territoires et a permis de valider à la fois la pertinence de la démarche suivie et la cohérence interne des scénarios. Il serait donc possible de traduire ces scénarios pour une orientation productive donnée, en entrant davantage dans le détail des méthodes de protection des cultures disponibles et dans les indispensables évolutions du système sociotechnique pour que ces nouvelles protections des cultures puissent être développées.

Enfin, la grande inconnue à horizon 2050 est l'étendue des effets du changement climatique. Le travail de prospective qui est présenté dans cet ouvrage avait comme point focal la protection durable des cultures. Le choix a donc été fait de ne pas chercher à entrer dans le détail des effets du changement climatique, ce qui était légitime et pertinent pour parvenir à des scénarios contrastés et un résultat solide que les acteurs professionnels, les organismes de recherche et les décideurs publics puissent mobiliser.

4. FAO, 2023. *La Situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture 2023. Pour une transformation des systèmes agroalimentaires : connaître le coût véritable des aliments*, Rome, FAO, 166 p., DOI :10.4060/cc7724fr

Cette base étant posée, les effets du changement climatique peuvent être évalués en analysant comment la trajectoire climatique moyenne et les fortes variations interannuelles attendues vont ou non mettre en délicatesse les leviers évoqués dans chaque scénario. Il y a une seconde inconnue qui est celle liée aux organismes invasifs nouveaux qui pourront s'installer du fait de conditions climatiques qui leur seraient devenues favorables. Qu'il s'agisse d'adventices inconnues, de nouveaux pathogènes fongiques ou d'insectes jusqu'alors absents, comment les leviers mobilisés dans les trois scénarios, depuis les systèmes de culture, les technologies et agroéquipements ainsi que les structures d'exploitation jusqu'aux chaînes de valeur alimentaire, pourront être actionnés pour répondre très rapidement sans laisser les producteurs face à des situations non anticipées d'absence de protection des cultures ? S'il n'est pas possible d'y répondre dès à présent, le travail de prospective a accumulé un ensemble de ressources qui devraient permettre de traiter cette question.

Pour conclure cette préface, je tenais à remercier tous ceux qui se sont mobilisés pour rendre possible cette prospective, pour la conduire et pour l'alimenter. Que soient ici remerciés l'équipe de la Direction de l'expertise scientifique collective, de la prospective et des études d'INRAE, les pilotes scientifiques du programme prioritaire de recherche « Cultiver et protéger autrement » et les coordinateurs des dix projets ainsi que les très nombreux experts nationaux et européens ! Ce travail n'aurait pu voir le jour sans votre investissement et sans ce « lâcher prise » indispensable à toute activité de création et de prospective.

Je vous souhaite à tous un très bon moment de lecture.

Christian HUYGHE
Directeur scientifique Agriculture, INRAE