



## **STRATEGIE NATIONALE RECHERCHE & INNOVATION DU PLAN ÉCOPHYTO II**

**Éclairer et accompagner la transition vers de nouveaux modèles  
limitant l'utilisation des produits phytopharmaceutiques et les  
risques associés**

Le plan Écophyto II consolide les actions structurantes de la première période du plan comme le réseau de fermes et d'expérimentation DEPHY, le dispositif de certificat individuel Certiphyto, les outils de diffusion d'information comme les bulletins de santé du végétal ou le portail de la protection intégrée (ÉcophytoPIC), la sécurisation des utilisations, etc. Il crée par ailleurs les conditions de la dynamique nécessaire au changement d'échelle.

Pour atteindre l'objectif d'une réduction de 50% de l'utilisation des produits phytopharmaceutiques en 2025, garantir une baisse de la dépendance de l'agriculture et une meilleure maîtrise de l'ensemble des risques liés à ces produits, des actions de recherche et innovation mobilisant l'ensemble des parties prenantes demeurent nécessaires.

L'axe recherche et innovation bénéficie pleinement des cinq ans d'antériorité que la période couverte par Écophyto I ainsi que des 16 années d'expérience du programme Pesticides ont constitués. L'expérience acquise au cours de cette période montre que s'il reste encore de vraies impasses scientifiques et technologiques pour pouvoir se passer complètement des pesticides, de nombreuses initiatives démontrent que des alternatives agronomiques sont aujourd'hui possibles. Souvent encore à l'état de prototype efficace dans un contexte donné, il est nécessaire de poursuivre les travaux pour améliorer leur potentiel d'appropriation et de généralisation, leur facilité d'utilisation ainsi que réduire leur coût. L'évolution des différents modèles agricoles montre que le recours aux produits phytopharmaceutiques n'est pas une fatalité si une reconnaissance par le marché vient contrebalancer les surcoûts actuels de la mise en œuvre des approches alternatives et des reconceptions en profondeur. Il est probable que les décisions des consommateurs et la mobilisation des filières seront, à terme, un levier complémentaire plus efficace pour atteindre les objectifs d'Écophyto que l'acquisition de connaissances et de nouvelles technologies agronomiques. Pour autant, cela ne signifie nullement qu'il faille désertier ces pistes, notamment pour identifier selon le contexte pédoclimatique, des stratégies agronomiques globales déclinées dans les nouvelles régions, efficaces à la fois à l'échelle de l'exploitation comme des territoires. Enfin, comme en fait état le rapport *Agriculture Innovation 2025*, les potentialités ouvertes par l'agriculture numérique ainsi que les évolutions des agroéquipements constituent autant d'atouts pour appuyer les innovations. La mise en place des certificats d'économie de produits phytopharmaceutiques avec un objectif de 20 % de substitut aux produits phytopharmaceutiques à l'horizon 2021, vient accompagner ces changements de pratiques et appuyer les démarches de progression vertueuse dans tous les secteurs. L'amont et l'aval sont sans doute plus que jamais mobilisés pour prendre en charge une partie de l'effort pour faire évoluer notre agriculture.

La stratégie présente l'ensemble des axes de progrès pour les connaissances sur le territoire métropolitain et les outre-mer. Elle illustre ces axes de progrès à travers quelques exemples emblématiques des pistes à poursuivre. Ces exemples ont retenu notre attention à cause de leur potentiel d'effet, de facilité d'emploi, de sobriété ou de vertu partagée. Si l'agriculteur reste au cœur du dispositif, la préoccupation de réduction souhaite résolument embarquer les filières amont et aval dans la démarche.

De manière préventive, la recherche de modalités de mise en place de territoires plus résilients vis-à-vis des pressions de bioagresseurs dans un contexte de changement climatique via notamment une reconception des systèmes, reste de tout premier ordre dans les préoccupations car elle permet de limiter la dépendance de l'agriculture aux produits phytopharmaceutiques.

Inhérent à leur mode d'action et à leur finalité, l'impact des produits phytopharmaceutiques sur l'environnement, les animaux et les êtres humains ne semble plus à démontrer. De ce point de vue, l'évaluation de leurs impacts potentiels, que ce soit sur la santé ou l'environnement, doit devenir une clé régulière, voire omniprésente, des décisions de conduite et d'adaptation des systèmes. Un chantier majeur consiste tout d'abord, à bien réaliser le couplage des pratiques et des risques. Il y aura également lieu de poursuivre les travaux sur l'évolution des systèmes de culture et sur les risques et impacts de ces molécules quand cela vient couvrir un déficit de connaissances.

Enfin, l'interdiction de l'utilisation des produits phytopharmaceutiques dans les jardins, espaces végétalisés et infrastructures constitue le franchissement d'un cap marquant, car il accroît d'un facteur important le nombre d'acteurs concernés. Ainsi, Écophyto ne s'adresse pas aux seuls 400 000

agriculteurs, mais à toute la société qu'il faut accompagner et éclairer avec des connaissances scientifiques et techniques.

Pour cela, la stratégie est organisée autour de 5 thèmes :

- 1. L'accompagnement du changement et l'évaluation de sa mise en œuvre, pour appuyer les acteurs, les filières, les consommateurs et les politiques publiques.** Les recherches permettront d'identifier les pratiques actuelles de réduction d'utilisation et de réduction des risques des produits phytopharmaceutiques les plus efficaces ou d'accompagner la mise en place de pratiques innovantes prometteuses. La portée des dispositifs publics existants sera étudiée et des pistes d'amélioration des leviers pour aider les utilisateurs dans cette démarche, notamment à l'échelle des régions, filières et territoires, seront proposées.
- 2. Les risques et impacts en lien avec les choix et les stratégies de protection des cultures.** Les recherches permettront d'améliorer les connaissances sur les contaminations des milieux et organismes, ainsi que les expositions aux produits phytopharmaceutiques et à leurs résidus et les pistes pour les limiter. L'étude des impacts sur l'environnement et les populations humaines permettra d'accompagner les politiques de réduction des risques de ces produits.
- 3. La gestion des jardins, espaces végétalisés et infrastructures (JEVI) et les interactions avec les espaces agricoles.** Les recherches viseront à améliorer les outils de diagnostic de la protection des plantes, à accompagner les actions participatives et proposer des aménagements ou des techniques permettant de se passer des produits phytopharmaceutiques dans ces espaces sans accroître les besoins d'intervention.
- 4. L'innovation, l'intégration et la durabilité en protection des plantes.** Les recherches permettront d'améliorer, de développer et de combiner des méthodes de prophylaxie et de lutte (notamment le biocontrôle) à la fois pour les cultures majeures, mineures et les JEVI, tout en assurant une évaluation globale des solutions proposées. La co-construction des solutions et l'effort pour accompagner les développements jusqu'à permettre leur applicabilité constituent deux particularités auxquelles nous avons porté une attention toute particulière.
- 5. Les approches globales couplant le préventif et le curatif, et les dimensions territoriales.** Ce dernier thème a une vocation intégratrice en réfléchissant à une échelle beaucoup plus globale. Il ambitionne notamment d'explorer les marges de progrès qui peuvent nécessiter une coordination entre plusieurs types d'acteurs. Il se concentre aussi sur les nouveaux risques liés aux scénarios de changement climatique, la gestion adaptée des variétés et des résistances à l'échelle territoriale, l'évaluation des modèles et des outils d'aide à la décision de déclenchement des traitements, et les interactions humaines et les transferts de connaissances et de compétences.

Enfin, deux focus décrivent les recherches européennes menées sur la protection intégrée auxquelles l'axe recherche et innovation du plan Écophyto contribue ainsi que sur les spécificités des outre-mer.

Une des ambitions majeures de cette stratégie est de poursuivre le décloisonnement entre les sciences de la santé, de l'environnement, de l'agronomie, de la sociologie, du droit ou encore de l'économie afin de porter une vision globale des enjeux et solutions pour diminuer notre consommation de produits phytopharmaceutiques et les risques associés.

Le document complet étant long, nous faisons l'hypothèse que le lecteur ira en premier lieu consulter les parties qui l'intéressent. Aussi, pour maintenir la cohérence des thématiques identifiées, une légère redondance entre parties a été maintenue. Dans la mesure du possible, les délais d'obtention des résultats ont été identifiés pour chaque priorité<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> [CT] Résultats attendus à court terme ; [MT] moyen terme ; [LT] long terme ; [TR] Action de transfert

## **Focus : spécificités des outre-mer qui influenceront les priorités de recherche**

Dans les départements d'outre-mer, les agrosystèmes tropicaux se caractérisent par certaines spécificités qui conditionnent à la fois le développement des bioagresseurs, mais aussi leur gestion technique et socio-économique, ainsi que les impacts des produits phytopharmaceutiques sur le milieu.

En climat tropical la nature des interactions biotiques est souvent plus riche et plus complexe qu'en climat tempéré. Les cycles biologiques des bioagresseurs sont souvent ininterrompus et polycycliques du fait de l'absence de repos hivernal. Ces spécificités doivent être prises en compte pour leur gestion : elle est souvent plus difficile et les leviers d'action sur les réseaux d'interactions biotiques plus complexes et variables.

Par ailleurs, les départements d'outre-mer sont pour la plupart des situations insulaires caractérisées par d'importants problèmes de gestion de l'espace foncier et une forte anthropisation. Ces systèmes insulaires sont fragiles et le mitage agricole est susceptible d'exacerber les conflits d'usage des ressources à l'échelle du territoire (ressources en eau, surface agricole utile) et générateur d'impacts environnementaux. Cette situation a engendré de graves crises sanitaires à fort impact sociétal.

D'autre part, la réglementation est peu spécifique et souvent mal adaptée à ces contextes tropicaux. Les solutions de biocontrôle sont généralement peu adaptées aux filières tropicales pour lesquelles les industriels ont généralement peu d'intérêt (handicap géographique et marchés étroits, exception faite de quelques filières industrielles).

Enfin, les filières souffrent de l'absence de structures fortes pour l'encadrement technique et la formation. De fait, les cultures locales souffrent la plupart du temps d'une concurrence forte avec d'autres régions tropicales dans lesquelles les coûts de main d'œuvre sont plus faibles et la législation sur les produits phytopharmaceutiques assez permissive. De plus, le recours à ces produits dans les JEV y est important et à fort impact à l'instar de l'emploi d'insecticides rémanents pour lutter contre la fourmi manioc.

# TABLE DES MATIERES

<b>Focus : spécificités des outre-mer qui influenceront les priorités de recherche.....</b>	<b>4</b>
<b>.1 <i>Accompagnement du changement et évaluation de sa mise en œuvre, en appui aux acteurs, aux filières, aux consommateurs et aux politiques publiques.....</i></b>	<b>7</b>
...1.1. Périmètre, enjeux et objectifs.....	7
...1.2. Priorités de recherche au bénéfice du plan Écophyto .....	8
...1.2.1. Aider à cerner les raisons et conditions réelles d’usage des produits phytopharmaceutiques [CT] .....	8
...1.2.2. Aider les utilisateurs à réduire l’utilisation des produits phytopharmaceutiques grâce au matériel agricole innovant et au numérique [CT] [TR] .....	8
...1.2.3. Identifier les pratiques actuelles les plus efficaces pour réduire les impacts, les risques et la dépendance aux produits phytopharmaceutiques [CT] [MT] [TR] .....	9
...1.2.4. Réaliser une évaluation comparée de la durabilité des systèmes de culture actuellement déployés [MT] .....	9
...1.2.5. Etudier la portée des dispositifs publics existants pour appuyer la réduction des impacts, des risques et des utilisations des produits phytopharmaceutiques [CT] [MT] .....	9
...1.2.6. Appuyer la formation des utilisateurs à des pratiques moins consommatrices de produits phytopharmaceutiques et à moindre impact sur la santé et l'environnement [CT, MT] [TR].....	10
...1.2.7. Penser les changements de pratiques dans le cadre élargi des filières et des territoires [MT, LT] .....	10
...1.2.8. Étudier la cohérence des réglementations et politiques publiques européennes, nationales et territoriales [LT] .....	11
<b>.2 <i>Risques et impacts en lien avec les choix et les stratégies de protection des cultures .....</i></b>	<b>13</b>
...2.1. Périmètre, enjeux et objectifs.....	13
...2.2. Priorités de recherche au bénéfice du plan Écophyto II .....	14
...2.2.1. Documenter les contaminations des milieux et des organismes à toutes les échelles [CT] [MT] [LT] .....	14
...2.2.2. Caractériser les expositions tout au long de la vie pour alimenter la notion d’exposome [CT] [MT] .....	14
...2.2.3. Connaître l’impact écotoxicologique pour permettre d’envisager sa réduction et développer l’écoépidémiologie [CT] [MT] [LT] .....	15
...2.2.4. Analyser les risques pour les populations humaines [CT] [MT] [LT].....	15
...2.2.5. Prendre en compte des facteurs de vulnérabilité des espèces et des individus [MT] [LT] .....	16
<b>.3 <i>Gestion des jardins, espaces végétalisés et infrastructures (JEVI) et interactions avec les espaces agricoles.....</i></b>	<b>18</b>
...3.1. Périmètre, enjeux et objectifs.....	18
...3.2. Priorités de recherche au bénéfice du plan Écophyto II .....	18
...3.2.1. Produire des références et méthodes pour accompagner des actions participatives [MT] ....	18
...3.2.2. Appuyer l’organisation du diagnostic de la protection des plantes [MT] .....	19
...3.2.3. Etudier l’articulation entre les pratiques des professionnels et celles des amateurs pour aller vers une épidémiosurveillance généralisée [CT] .....	20
...3.2.4. Recherche sur la conception et sur les possibilités d’aménagement ou de ré-aménagement des JEVI pour une gestion sans produits phytopharmaceutiques [TR] .....	20
...3.2.5. Développement des techniques alternatives de protection intégrée et certification [MT] [CT] .	20
...3.2.6. Appuyer la mise en place de formation et transfert de connaissance [CT] [MT] .....	21
...3.2.7. Alimenter les liens entre amont et aval par une contribution à la production des références [MT] [TR] .....	21
...3.2.8. Cas particulier de l’agriculture urbaine [MT].....	21
<b>.4 <i>Innovation, intégration et durabilité en protection des plantes .....</i></b>	<b>23</b>

...4.1.	Périmètre, enjeux et objectifs.....	23
...4.2.	Priorités de recherche au bénéfice du plan Écophyto II .....	23
...4.2.1.	Renforcer et structurer les méthodes de biocontrôle [CT] [TR].....	24
...4.2.2.	Adapter, intégrer et combiner les méthodes et outils existants [CT] [MT] [LT] [TR] .....	25
...4.2.3.	Accompagner le développement et l'intégration des méthodes [CT] [MT] [TR] .....	25
...4.2.4.	Intensifier l'exploration technologique [MT] [LT] .....	27
...4.2.5.	Produire des connaissances sources d'innovation et d'amélioration générique des pratiques [MT] [LT] .....	27
<b>.5</b>	<b><i>Approches globales couplant le préventif et le curatif, et dimensions territoriales.....</i></b>	<b>29</b>
...5.1.	Périmètre, enjeux et objectifs.....	29
...5.2.	Priorités de recherches au bénéfice du plan Écophyto II.....	30
...5.2.1.	Accompagner les approches pour une gestion adaptée et durable des variétés et des résistances aux produits phytopharmaceutiques.....	30
...5.2.2.	Réévaluer les modèles et outils d'aide à la décision de déclenchement des interventions dans le nouveau contexte .....	31
...5.2.3.	Identifier les nouveaux risques liés aux scénarios de changement climatique et global .....	31
...5.2.4.	Appuyer une approche territoriale.....	31
...5.2.5.	Mettre à la disposition des outils de transfert de connaissances et de compétences.....	32
	<b>Focus sur le réseau européen de recherche sur la protection intégrée des cultures ERA-NET C-IPM .....</b>	<b>33</b>

## **.1 Accompagnement du changement et évaluation de sa mise en œuvre, en appui aux acteurs, aux filières, aux consommateurs et aux politiques publiques**

### **...1.1. Périmètre, enjeux et objectifs**

Pour parvenir à réduire de moitié l'usage des produits phytopharmaceutiques, de simples ajustements des pratiques actuelles d'utilisation de ces produits ne suffiront pas, qu'il s'agisse des pratiques agricoles ou des pratiques de jardiniers amateurs ou de professionnels non agricoles. Il est nécessaire de repenser profondément ces pratiques. Le rapport que les utilisateurs de produits agricoles, ou en tout cas une partie d'entre eux, entretiennent avec les produits phytopharmaceutiques va nécessairement évoluer en réaction aux sollicitations de la société ou à une prise en compte plus aigüe des risques sur la santé.

Par ailleurs, les acteurs qui interviennent dans le développement agricole et les filières agricoles en amont et aval des agriculteurs (semenciers, fournisseurs d'intrants, industries de transformation agricoles et distributeurs notamment) joueront un rôle primordial dans l'évolution des pratiques agricoles. Pour cela, les filières aval (circuits courts et longs), notamment, auront non seulement à intégrer mais aussi à proposer des débouchés pour des cultures économes en intrants. Il s'agit là d'un levier majeur qui peut à lui seul induire plus de changements que beaucoup d'innovations touchant directement les pratiques agricoles.

Dans les outre-mer, les filières sont peu organisées et l'accompagnement du changement est particulièrement difficile à mettre en œuvre. Il faudra renforcer les interactions entre acteurs au sein de plateformes d'innovation, notamment au travers des réseaux d'innovation et de transfert agricole (RITA). Les interactions avec la société civile devront également être renforcées afin de revaloriser l'activité agricole dans le paysage global.

Enfin, le rapport qu'une partie des consommateurs entretient avec le monde agricole et les produits d'origine agricole mériterait également d'être suivi et accompagné dans ces évolutions par la mise à disposition d'informations venant l'aider dans ses choix.

Si des évolutions de la part des différents acteurs concernés sont déjà constatées, elles restent en décalage par rapport aux objectifs fixés par le plan Écophyto. C'est notamment pour modifier cela que le dispositif d'octroi de certificats d'économie de produits phytopharmaceutiques instaure à présent des obligations à certains acteurs « obligés ».

De manière plus générale, l'appropriation des thèmes, des approches ou des innovations pourra nécessiter de renforcer le processus de co-construction des questions de recherche, ce qui conduit plus largement à repenser la manière dont les choix relevant de la protection phytopharmaceutique seront posés et insérés dans un contexte plus large incluant le système alimentaire et les choix de politique agricole (démarche de science action, appropriation conceptualisée et approches systémiques). Ainsi, les sciences humaines et sociales ne devront pas survenir uniquement en fin de processus pour appuyer une démarche d'appropriation mais bien tout au long du processus, de la co-construction des questions à leur accompagnement. Les dimensions systémiques et d'éclairage des choix pourront, ici, utilement prévaloir.

La mise à disposition de références sur les pratiques actuelles de réduction d'emploi des produits phytopharmaceutiques, des risques associés ainsi que sur la performance des outils publics mis en place, concourt aux efforts de changement de notre rapport aux produits phytopharmaceutiques. L'efficacité de ces outils devra être évaluée de leur construction institutionnelle jusqu'à leur application par les acteurs sur le terrain. Une capacité accrue des acteurs à mieux se situer relativement à d'autres est à même de faciliter l'adoption de bonnes pratiques en connaissance de leur intérêt tant économique qu'environnemental. Tout ceci nécessitera donc que l'accompagnement du changement puisse mobiliser plusieurs disciplines, en articulant les sciences humaines et sociales aux sciences biophysiques.

Par ailleurs, le secteur agricole est souvent considéré comme assez ouvert à l'adoption d'innovations. La manière dont les avancées technologiques (robotique, agriculture de précision, agriculture numérique), agronomiques (systèmes de culture à faibles intrants, méthodes de lutte biologique opérationnelles, renouvellement des variétés...) mais aussi organisationnelles et sectorielles sont

adoptées, en fait autant de cibles privilégiées de recherche (articulation aux débouchés, incidence des choix de commercialisation en circuits courts, production sous label ou cahier des charges, nouveaux modes de gouvernance impliquant la société civile, modalités de mises en marché, etc.).

## **...1.2. Priorités de recherche au bénéfice du plan Écophyto**

### **...1.2.1. Aider à cerner les raisons et conditions réelles d'usage des produits phytopharmaceutiques [CT]**

Les conditions d'usage des produits phytopharmaceutiques, énoncées par l'autorisation de mise sur le marché (AMM), se font sur la base d'une absence connue d'effets nocifs sur la santé humaine, animale ainsi que pour les eaux souterraines, et plus largement d'effet inacceptable pour l'environnement (règlement (CE) 1107/2009, article 4). Cependant, certaines de ces conditions sont parfois difficiles à appliquer par les utilisateurs de produits phytopharmaceutiques, ce qui soulève des questions de recherche dans le champ de l'ergonomie. Les connaissances acquises pourraient notamment permettre :

- ▶ d'aider les utilisateurs à mettre en œuvre, le cas échéant, de nouvelles conditions d'application, comme par exemple en cultures pérennes où l'expression des doses non plus par hectare cadastral mais en tenant compte du développement végétatif de la culture est une piste en discussion reprise au niveau européen ;
- ▶ d'identifier les facteurs pouvant sous-tendre les écarts entre le prescrit et le réel, en vue de les corriger. Les situations des outre-mer où il semble que les écarts entre les prescriptions d'emploi des produits phytopharmaceutiques et les conditions d'emploi réelles soient potentiellement importants (notamment parce que les équipements pour la protection individuelle (EPI) sont souvent inadaptés au climat tropical) pourraient constituer un bon cadre d'étude. Ces écarts étant mieux caractérisés et compris il y aurait matière à développer des solutions adaptées aux contextes;
- ▶ d'identifier les situations à risques de développement des résistances déclenchant une augmentation des doses utilisées ; l'impact de l'utilisation de doses réduites sur l'accroissement du risque d'émergence des résistances n'est, par exemple, pas tranché.

Tous ces éléments, ainsi que d'autres concernant la mise en œuvre de la phytopharmacovigilance, seront susceptibles de générer le besoin de réviser les conditions d'octroi de l'AMM. Aussi, les approches déployées devront-elles tenir compte de l'ensemble des sources d'évolution ou d'harmonisation des réglementations françaises et européennes.

### **...1.2.2. Aider les utilisateurs à réduire l'utilisation des produits phytopharmaceutiques grâce au matériel agricole innovant et au numérique [CT] [TR]**

Il existe un réservoir de progrès dans l'adaptation des équipements et matériels de pulvérisation, notamment au niveau des cultures pérennes (viticulture, arboriculture). Des progrès ont été accomplis en cultures annuelles en termes de matériel d'application mais commencent encore timidement en cultures pérennes alors même que le nombre d'applications y est important. En lien avec les règles explicites ou tacites de choix des utilisateurs, il y a sans doute des pistes à explorer afin de réduire encore les doses utilisées ou le nombre de passages ainsi que l'exposition des personnes concernées (utilisateurs, travailleurs agricoles, riverains), et de l'environnement. Ce point fait d'ailleurs l'objet de propositions dans le rapport *Agriculture et Innovation 2025*. Un point essentiel sera de croiser les avancées techniques (y compris dans ces différentes facettes technologiques et numériques) et le ressenti exprimé par les utilisateurs.

Les outils numériques (systèmes d'information, réseaux d'alerte, réseaux sociaux, ...) pourront aussi appuyer les utilisateurs dans leur démarche de moindre recours aux produits phytopharmaceutiques. Il s'agira de préciser les marges de progrès et d'aborder les questions nouvelles que soulèvent par exemple l'usage généralisé des technologies de l'information et de la communication (TIC) ou l'émergence de médias sociaux ciblés sur le diagnostic et l'épidémiosurveillance. En étant éventuellement informés de façon plus précise et plus fiable des menaces de ravageurs et des conditions climatiques, les utilisateurs pourront potentiellement ajuster au plus près la quantité et la nature des produits phytopharmaceutiques utilisés, mais ils pourront, paradoxalement, aussi être poussés à accroître leur dépendance. Aussi, pour être réellement utiles, ces outils numériques devront être conçus de façon adaptée à leurs destinataires, à leurs pratiques et à la couverture de



leurs besoins. Envisager comment ce recours à la technologie pourra être au service d'approches préventives et pas seulement curatives constitue en soi un défi.

Par ailleurs, le numérique permettra également le partage d'information et le fonctionnement en réseau. Par là même, il contribuera à la construction possible de nouveaux référentiels utiles encore à concrétiser. Il permettra également d'imaginer concevoir des stratégies collectives d'emploi des produits phytopharmaceutiques à l'échelle d'un territoire qui dépasseront la parcelle ou l'exploitation. Fortement axé sur la modélisation, ce thème pourra susciter des avancées majeures que l'on souhaite promouvoir. Il contribuera à mettre la santé des utilisateurs, la protection des cultures et de l'environnement dans leurs dimensions de bien commun. De nombreux travaux scientifiques, notamment autour de la coopération, pourront venir étayer la manière de limiter la « tragédie des biens communs »<sup>2</sup>.

### **...1.2.3. Identifier les pratiques actuelles les plus efficaces pour réduire les impacts, les risques et la dépendance aux produits phytopharmaceutiques [CT] [MT] [TR]**

L'efficacité et l'efficience des pratiques actuelles de réduction des utilisations et des risques liés aux produits phytopharmaceutiques, tant dans le monde agricole qu'au niveau des jardins, espaces végétalisés et infrastructures (JEVI), pourront maintenant être mieux évaluées grâce à l'effort déjà entrepris dans Écophyto I, de réaliser un suivi étendu et d'en standardiser quelques mesures. Le dispositif des fermes DEPHY illustre ce point. Sur la base des jeux de données, des équipes devraient être en capacité d'identifier les pratiques les plus efficaces sur les différentes facettes de la durabilité : économique, sociale et environnementale. Cette priorité pourra aussi bénéficier de la dynamique européenne C-IPM qui prévoit de favoriser la mutualisation des expériences acquises à partir des fermes de démonstration. A moyen terme, les données des agriculteurs engagés dans l'action des 30 000 fermes DEPHY du plan Écophyto II viendront conforter ces jeux de données et étendre la gamme des situations suivies.

### **...1.2.4. Réaliser une évaluation comparée de la durabilité des systèmes de culture actuellement déployés [MT]**

Des systèmes prototypes ainsi que le réseau DEPHY FERME ont apporté la preuve que des systèmes résilients et peu dépendants de l'usage des produits phytopharmaceutiques étaient possibles. Disposant d'un jeu de données conséquent collecté au cours des programmes Pesticides et Écophyto I, et pouvant profiter des avancées réalisées dans l'évaluation multicritère de la durabilité des systèmes conduits à l'aide des approches DEXi, MASC, INDIGO ou AgriBalyse, par exemple, il est devenu possible d'éclairer les avantages et limites associées aux grandes modalités de conduite et caractéristiques des exploitations. Rapprocher les bases de données sur les pratiques à l'évaluation multicritère s'avérera une avancée majeure pour éclairer et orienter les choix futurs. Nos partenaires européens semblent particulièrement intéressés pour mener ensemble des études comparées à large échelle.

### **...1.2.5. Etudier la portée des dispositifs publics existants pour appuyer la réduction des impacts, des risques et des utilisations des produits phytopharmaceutiques [CT] [MT]**

Nous commençons à disposer du recul suffisant pour évaluer de manière factuelle l'efficacité et l'efficience des dispositifs mis en place dans le cadre du plan Écophyto I (en particulier Certiphyto, les bulletins de santé du végétal – BSV - et DEPHY).

D'autres dispositifs, en dehors du plan Écophyto, entendent promouvoir des pratiques moins consommatrices de produits phytopharmaceutiques et/ou moins exposantes. Elles mériteraient d'être également évaluées. Il s'agit notamment :

- ▶ des dispositifs environnementaux de la PAC (règles en matière de conditionnalité des aides et aides agroenvironnementales de la PAC, en particulier les mesures agroenvironnementales et climatiques du 2<sup>ème</sup> pilier et les aides en faveur de l'agriculture biologique) ;
- ▶ des dispositifs de certification, notamment HVE (« Haute valeur environnementale ») ;
- ▶ des aides françaises à l'agriculture biologique (hors PAC) ;

---

<sup>2</sup> Hardin G., 1968, The Tragedy of the Commons. *Science*, **162**, 1243-1248.

- ▶ des conseils en prévention, selon les secteurs d'activité ;
- ▶ des outils de sensibilisation et d'appropriation vers des pratiques et des leviers d'actions vertueux (outil agro-écologique,...).

Les actions de recherche porteront sur l'évaluation de ces dispositifs au regard des objectifs en termes de réduction d'impact, de risque et de dépendance aux produits phytopharmaceutiques. Elles pourront identifier les leviers mobilisables et les stratégies sous-jacentes susceptibles d'être déployées pour une utilisation plus généralisée des dispositifs existants ou pour la mise en place de nouveaux dispositifs adaptés aux régions (dont les outre-mer). Il sera essentiel d'identifier l'environnement dans lequel ces dispositifs sont mis en œuvre et de le corréliser avec la réduction d'usage, de risque ou d'impact qui a pu avoir lieu (type d'accompagnement individuel, collectif, type de structure d'accompagnement, indépendance vis-à-vis des distributeurs de produits...).

La mise au point et l'évolution des modèles qui servent à élaborer les BSV pourront faire l'objet d'une attention particulière à l'aune des risques à circonscrire et des opportunités qu'offrent les avancées du numérique pour remonter l'information du terrain. La mise en place d'un dispositif d'observateurs pour alimenter les BSV couvrant les JEVI sera à construire, sans doute sur la base d'une action participative encadrée.

Enfin la question du renforcement des réseaux d'épidémiosurveillance institutionnels, via leur connexion avec les réseaux amateurs ou le cadrage de la collecte des observations individuelles faites avec des applications embarquées (sur smartphones, tablettes, ...), soulève d'intéressantes questions de recherche (standardisation, portée statistique, validation, etc.) et de faisabilité (portail d'enregistrement, modélisation issue de ces observations, construction des alertes, détection de signaux faibles, etc.).

#### **...1.2.6. Appuyer la formation des utilisateurs à des pratiques moins consommatrices de produits phytopharmaceutiques et à moindre impact sur la santé et l'environnement [CT, MT] [TR]**

La formation initiale et tout au long de la vie à la mise en place de pratiques moins exposantes et moins consommatrices de produits phytopharmaceutiques est une voie intéressante pour accompagner le changement des pratiques. Elle se concrétise dans la mise au point de référentiels de formation (dont Certiphyto) et des programmes associés pour rendre compte des besoins et contraintes des différents acteurs concernés. A l'articulation avec les actions pédagogiques, elle doit tirer profit de l'émergence des nouveaux canaux de communication (place d'internet, montage de formations à distance du type MOOC, forums d'échange et portail de présentation de pratiques, etc.). Il y a aussi moyen de s'appuyer sur les réseaux tels que DEPHY, mais aussi le travail réalisé au sein des groupements d'intérêt économique et environnemental (GIEE), ou des groupements d'agriculture durable ou biologique pour documenter les raisonnements. La contribution de la formation initiale et continue est majeure et soulève des questions de recherche sur, par exemple, l'évolution de la perception du risque, la place et la valeur accordée aux actions préventives dans les messages d'alerte destinés à la profession.

Ainsi, des outils pédagogiques innovants pourront en particulier être imaginés et mis en place de façon adaptée, non seulement aux différentes cultures et publics concernés (élèves de l'enseignement agricole, agriculteurs déjà installés, agents intervenant dans les JEVI, jardiniers amateurs) mais aussi aux spécificités territoriales. Ces actions pourront s'inscrire dans l'action du plan « *Enseigner à produire autrement* ». La voie du numérique semble intéressante à explorer, afin de former les utilisateurs de produits phytopharmaceutiques à l'appropriation de ces outils (y compris ceux utiles pour dresser un diagnostic) et faciliter ainsi leur généralisation.

Il s'agira vraiment d'une action prioritaire dans les outre-mer, y compris dans les JEVI où le besoin de connaissance dans ce domaine reste fort.

#### **...1.2.7. Penser les changements de pratiques dans le cadre élargi des filières et des territoires [MT, LT]**

Les choix individuels des agriculteurs de recourir aux produits phytopharmaceutiques découlent largement de la nécessité de stabiliser leur production mais aussi de répondre aux exigences imposées par les acteurs des filières, depuis les collecteurs et transformateurs jusqu'aux consommateurs. Les labels, les cahiers des charges et d'autres changements organisationnels tels

que la vente directe ou en circuit court génèrent autant de pistes nouvelles qui, en bouleversant les standards, autorisent des changements profonds de conduite. Ainsi, les acteurs qui interviennent en aval des filières agricoles, en particulier les industries de transformation agricole et les distributeurs agroalimentaires, influent fortement les choix d'assolement et de pratiques (via les cahiers des charges, les contrats d'intégration agricoles, la normalisation, les démarches qualité, ...). Trop peu d'efforts ont été jusqu'à présent consacrés à relier les itinéraires de conduite des cultures aux itinéraires de transformation des produits ou modalités de leur commercialisation par le négoce. Différents exemples montrent qu'une partie des difficultés rencontrées par les agriculteurs peut être décalée ou effacée par l'amont et l'aval (la qualité visuelle des fruits constitue un exemple emblématique). Des travaux seront donc à mener pour combler le déficit d'articulation entre les maillons, générer de nouveaux leviers ou mieux qualifier l'effort consenti par les acteurs pour produire autrement. De même, la réflexion sur les conditions pour sortir d'une standardisation des produits (encourageant l'emploi de produits phytopharmaceutiques ou tout du moins constituant un frein à sa baisse) vers le « zéro défaut » sera à conduire avec un panel élargi d'acteurs des filières et des territoires. Enfin, une réévaluation de la contrainte que peuvent faire peser les labels pour modifier les pratiques sera à inscrire au calendrier de cette thématique. Un prolongement de ces questions se situe du côté de l'évolution du métier de conseiller, de la reconnaissance de la diversité du conseil et de l'évolution de ses supports.

#### ...1.2.8. Étudier la cohérence des réglementations et politiques publiques européennes, nationales et territoriales [LT]

L'encadrement juridique français de la mise sur le marché et de l'utilisation des produits phytopharmaceutiques a précédé la réglementation européenne. Par ailleurs, les différents pays européens ont pu varier dans leur interprétation et déclinaison nationale des directives adoptées. Des incohérences peuvent donc en résulter. A une échelle plus restreinte, des dispositions ont également pu être prises par les collectivités territoriales pour intégrer les spécificités locales ou restaurer la qualité de l'eau. Il peut en résulter un ensemble de règles et dispositifs complexes plus ou moins emboîtés et pas forcément cohérents entre eux, ce qui peut freiner leur application. Cet aspect est particulièrement important dans les outre-mer pour lesquels la réglementation européenne est très différente (plus restrictive) que celle de la plupart des pays où les mêmes cultures tropicales sont produites et importées en Europe.

Les variations des réglementations et politiques publiques entre les États Membres de l'Union Européenne sur les produits phytopharmaceutiques constitueront une réelle opportunité de comparaison de l'efficacité respective des différents dispositifs et des conséquences induites sur les pratiques, ainsi que les impacts sur la santé et l'environnement. L'ERA-NET C-IPM (cf. [focus 1](#)) ou le réseau qui lui succédera sera un instrument précieux pour faire partager cette priorité et la relayer de façon efficace.

Ainsi, au-delà des règles et dispositifs publics propres aux produits phytopharmaceutiques, différentes règles et dispositifs européens, nationaux voire territoriaux viennent cadrer les quantités de produits phytopharmaceutiques employées et/ou les risques liés à leur utilisation. Tout ceci méritera d'être bien analysé, caractérisé et diffusé.

#### Liens avec les autres thèmes de la SNRI Écophyto

Ce thème s'articule avec le **thème 4**. Il sera important que des travaux soient menés sur l'accompagnement aux changements des pratiques et des nouvelles technologies proposées par ce dernier. En effet, le thème 4 explore des pistes de solutions et leur évaluation en termes d'impacts pour tout ce qui touche aux interactions entre les plantes et les bioagresseurs, de façon à favoriser la durabilité des solutions imaginées et une réduction maximale des risques quant à la perte de contrôle sur les bioagresseurs. Ceci appelle des travaux pluridisciplinaires qui croisent les sciences de la santé du végétal, de l'environnement et les sciences humaines et sociales. Cette interaction sera susceptible de susciter un autre regard sur le rapport des humains à la protection des plantes. Cela pourra inclure des réflexions sur la possibilité de vivre avec les bioagresseurs sans viser leur éradication, tout en réduisant le plus possible leur impact (au même titre que la médecine privilégie parfois de limiter les effets délétères plutôt que de vouloir éliminer la cause).

Comme dans beaucoup d'autres domaines touchant par exemple la vaccination ou l'usage de différents moyens de transport, identifier et mettre en avant l'effet majeur des actions préventives n'est jamais acquis. De nombreuses références seront à accumuler pour accréditer le bien fondé de faire

porter en amont l'effort de gestion des risques phytosanitaires. En lien avec la perception de la responsabilité, le thème 1 se retrouve fortement en lien avec **le thème 5 sur l'articulation du préventif et du curatif** ainsi qu'avec le **thème 3 sur les JEVI** où les amateurs peuvent par leur méconnaissance adopter des pratiques à risque (multiplication des inoculums primaires, introduction d'espèces invasives, etc.). Ce thème semble tout particulièrement désigné pour faire l'objet d'actions participatives.

A travers ces exemples, on perçoit que les travaux interdisciplinaires à conduire ne devront pas se limiter à l'accompagnement des seuls agriculteurs, mais plutôt se concentrer sur tous les collectifs qui gravitent autour des décisions touchant les modes et standards de production. Ainsi le numérique, les contenus et les modes d'organisation des circulations de données, d'informations, de connaissances, d'expériences utilisant les technologies du numérique seront à intégrer.

Enfin, le thème 1 s'articule naturellement avec le **thème 2**, par les besoins de nouveaux modes de formation et de sensibilisation des acteurs à la réduction des expositions des opérateurs, des travailleurs, des riverains et des impacts sur l'environnement.

Ce thème permettra de proposer des outils d'accompagnement au changement et des outils d'évaluation. Ces outils pourront être déployés à différentes échelles du territoire et nécessiteront de tenir compte des spécificités des différents territoires, de la parcelle, d'une exploitation agricole, d'un groupe d'agriculteurs vis-à-vis d'un territoire, afin, comme proposé dans le **thème 5**, de mieux cerner l'écart entre les intérêts des individus et celui des collectifs, identifier l'encadrement des usagers, l'ensemble des réglementations constituant un levier pour permettre que les individus s'alignent sur les mêmes ambitions partagées.

## **.2 Risques et impacts en lien avec les choix et les stratégies de protection des cultures**

### **...2.1. Périmètre, enjeux et objectifs**

L'usage des produits phytopharmaceutiques pour la protection des cultures s'accompagne de l'exposition non seulement des milieux et des organismes non cibles, mais aussi des populations animales et humaines. Aussi, il importe de considérer les effets non-intentionnels de ces molécules, sélectionnées pour être toxiques vis-à-vis d'organismes vivants et présentant de ce fait un effet potentiel intrinsèque pour les organismes non cibles et, plus généralement l'ensemble des écosystèmes. La délivrance d'une autorisation de mise sur le marché fait logiquement l'objet d'une évaluation préalable des risques sanitaires et environnementaux. Sans mettre en doute la valeur du cadrage apporté par les procédures réglementaires d'homologation et d'autorisation de mise sur le marché, certains effets restent difficilement discernables avant l'usage avéré en vraie grandeur (tels que des effets cumulatifs, des effets d'interaction, la découverte d'organismes non cibles particulièrement sensibles dans une phase de leur cycle, etc.). Mener ces observations constitue l'objet du suivi post-homologation. Ainsi, les notions d'exposition et éventuellement de danger restent fondamentales pour pouvoir mieux cerner les risques et les impacts découlant des usages. De nombreuses populations et une gamme élargie de systèmes sont susceptibles d'être exposés aux produits phytopharmaceutiques. Un déficit de références demeure et Écophyto peut contribuer à le combler surtout quand la dynamique induite par l'ambition de réduire les impacts et les usages vient remobiliser les questions en les éclairant sous un nouvel angle (typiquement, l'impact des faibles doses, par exemple). De nombreuses populations et systèmes sont susceptibles de subir les effets des expositions aux produits phytopharmaceutiques :

- ▶ l'ensemble des écosystèmes et des espèces présentes dans les milieux contaminés. Les risques d'exposition concernent l'ensemble des compartiments des écosystèmes à différentes échelles spatiales et temporelles. Ainsi, les sols, l'eau, l'air, les végétaux (cultures traitées et produits récoltés, mais aussi plantes non cibles) et les espèces animales non cibles (entre autres ennemis naturels et espèces concernées par les réseaux trophiques impactés) peuvent être affectés. Il paraît important de dépasser l'échelle de l'organisme et d'étudier la réponse globale des systèmes écologiques (résistance, résilience), y compris des communautés et éléments des réseaux trophiques qui jouent un rôle de régulation.
- ▶ la diversité des personnes susceptibles d'être exposées :
  - dans la filière en charge de la production et de la distribution de ces produits ainsi que les personnels chargés de la collecte et du retraitement des déchets issus de l'utilisation de ces produits ;
  - travaillant dans le domaine de l'agriculture, manipulant les produits phytopharmaceutiques, au contact du matériel traité, œuvrant dans les zones traitées (chefs d'exploitation, salariés, permanents, saisonniers, main d'œuvre familiale) ou dans les jardins, espaces végétalisés et infrastructures. Tout acteur amené à intervenir sur les exploitations dans le cadre de sa profession est donc également susceptible d'être concerné (techniciens, conseillers, vétérinaires, distributeurs de matériel,...) ;
  - comme riverains ou résidents des exploitations agricoles, potentiellement plus exposés aux substances appliquées sur les cultures suite aux transferts aériens et dans le réseau hydrographique ;
  - susceptibles de connaître une exposition aux produits phytopharmaceutiques agricoles essentiellement par voie digestive par l'intermédiaire des résidus présents sur ou dans les aliments, les boissons et dans l'air, comme toute personne de la population générale.

Pour ces différentes populations, les voies et les niveaux d'exposition sont divers, incluant des situations directement liées aux périodes et modalités d'application des produits phytopharmaceutiques, et des situations différées dans le temps et l'espace impliquant des phénomènes de transfert, de stockage/relargage dans certains compartiments de l'environnement, de dilution ou d'accumulation/élimination, et de transformations biotiques et abiotiques. La question particulière de l'articulation de l'exposition (notamment des applicateurs) avec les choix et modalités de conduite agricole mérite tout particulièrement d'être soulignée. Actuellement trop peu de travaux

tentent de faire le lien entre les options de conduite agronomique dans différents contextes et les expositions résultantes, notamment au moyen de modèles de simulation de l'effet des pratiques sur ces expositions. Les réflexions devront viser un équilibre entre les aspects impacts sur l'environnement et les écosystèmes et ceux plus ciblés sur la santé humaine. Idéalement, ils seraient traités conjointement, même si les communautés scientifiques sont actuellement distinctes.

La diversité des situations génère autant de questions de recherche relatives aux fréquences et durées d'exposition. La nature chimique et l'état physique des produits phytopharmaceutiques et de leurs produits de dégradation, incluant les mélanges complexes de molécules, constituent un domaine d'étude tant pour l'homme ou les animaux que pour l'environnement en général. La comparaison entre pays ayant déployé des usages et des gammes différentes de produits phytopharmaceutiques pourra prendre ici tout son sens.

Des connaissances sur l'ensemble de ces domaines restent donc encore à acquérir en incluant notamment l'objectif de réduire les expositions, de développer des actions de prévention adaptées, de réduire les impacts et d'appuyer le dispositif de phytopharmacovigilance. Ces recherches intéressent une gamme élargie de disciplines aussi bien fondamentales, d'écotoxicologie ou de santé publique, que des sciences humaines et sociales. Dans la dynamique soutenue par Écophyto, ces avancées constituent autant d'éléments à même de justifier la démarche et sont susceptibles d'encourager le partage des thématiques avec nos partenaires européens et internationaux. Le concept de 'one health' y est notamment régulièrement soulevé.

Les recherches porteront sur les produits utilisés actuellement (y compris les nanoparticules présentes dans les produits phytopharmaceutiques) sans pour autant négliger les substances qui ne sont plus autorisées (et leurs produits de dégradation) dès lors qu'on suspecte que ces dernières continuent à avoir un effet.

## **...2.2. Priorités de recherche au bénéfice du plan Écophyto II**

### **...2.2.1. Documenter les contaminations des milieux et des organismes à toutes les échelles [CT] [MT] [LT]**

Il s'agira de poursuivre la caractérisation des niveaux de contamination des milieux et des organismes, ainsi que les phénomènes impliqués dans le devenir des produits phytopharmaceutiques tant au moment de l'application des produits de protection des plantes qu'en post-application. Les recherches basées sur des modèles représentatifs, tant à l'échelle locale (*i.e.*, à proximité des lieux d'application des produits phytopharmaceutiques) qu'à des échelles plus larges devront être encouragées. Ainsi, des approches multi-échelles, spatiales, temporelles mais aussi en termes de niveau d'organisation biologique (y compris entre générations successives d'une même espèce) seront à promouvoir car elles permettront une intégration dans l'espace et dans le temps des conditions de multi-expositions à des contaminations ponctuelles ou chroniques, et de leurs conséquences. Une capacité à réaliser une telle intégration fait actuellement largement défaut et il s'agira notamment de développer des indicateurs, des méthodes, des outils caractérisant ces expositions ou leur cumul. La stratégie nationale pourra s'appuyer en priorité sur certains dispositifs Écophyto (DEPHY FERME) et tirera profit des divers sites déjà instrumentés tels que les zones ateliers (ZA) et les systèmes d'observation et d'expérimentation au long terme pour la recherche en environnement (projet de SOERE RECOTOX par exemple). Des recherches sur de nouvelles campagnes et stratégies de mesures (capteurs, senseurs, biomarqueurs, bioindicateurs, etc.) gagneront à être mises en œuvre à une grande échelle et sur une longue durée pour combler le déficit actuel de références. Les travaux pourront aussi s'attacher à comparer les résultats des modèles et les résultats issus du monitoring afin d'objectiver la réduction des risques. De tels travaux relevant globalement des approches toxicologiques et écotoxicologiques sont d'ailleurs parfaitement en phase avec la programmation de l'agence nationale de la recherche (ANR) et son équivalent européen (H2020), et donc éligibles à ces appels (comme par exemple sur les défis ciblés sur la gestion sobre des ressources ou la sécurité alimentaire).

### **...2.2.2. Caractériser les expositions tout au long de la vie pour alimenter la notion d'exposome [CT] [MT]**

Pour aller plus loin dans l'évaluation du risque et des impacts, une caractérisation de l'exposition des organismes ou des individus devra tenir compte de la multiplicité des voies d'exposition, de la diversité des molécules et de leurs combinaisons dans des mélanges complexes, de leurs caractéristiques

intrinsèques, des variations géographiques et temporelles, de la nature des usages, ou encore de l'interaction possible avec d'autres contaminants. Les besoins de connaissances concernent ainsi les niveaux d'exposition des organismes ou des individus mais également l'identification des déterminants de ces expositions. Ces recherches devront tout particulièrement viser à faire progresser la connaissance de l'exposome.

La chronicité de l'exposition sur le long terme et les co-expositions (plusieurs produits phytopharmaceutiques, produits de dégradation, adjuvants, autres nuisances environnementales) seront des paramètres nécessaires à prendre en compte. Pour cela, les travaux sur les méthodes d'estimation rétrospectives des expositions (questionnaires historiques, matrices cultures-expositions, techniques d'expertise), notamment dans le cadre de la recherche épidémiologique, devront être poursuivis et s'attacher à la validation des indicateurs qu'elles permettront de construire afin d'améliorer le suivi des parcours actuels et futurs des personnes exposées. Pour la dimension environnementale, les travaux sur divers traceurs (métabolites, composition isotopique, éléments traces, etc.) pourraient aussi s'avérer utiles pour reconstruire des historiques et des flux. L'ambition consistera notamment à mieux couvrir la dimension d'hétérogénéité temporelle pour aller au-delà de la prise en considération de l'hétérogénéité spatiale plus couramment documentée.

### **...2.2.3. Connaître l'impact écotoxicologique pour permettre d'envisager sa réduction et développer l'écoépidémiologie [CT] [MT] [LT]**

De façon complémentaire à une réduction de l'utilisation de produits phytopharmaceutiques, il y a matière à conduire une stratégie de recherche et d'innovation visant des solutions techniques à même de réduire les impacts, notamment autour des effets non-intentionnels sur la biodiversité, allant de la diversité génétique à celles des écosystèmes.

Ces avancées devront combiner différentes approches visant tout aussi bien à réduire le risque à travers le choix de ce qui est utilisé, qu'à réduire les dispersions ou la rémanence des produits. Ainsi, ces propositions seront basées sur la caractérisation du devenir des produits phytopharmaceutiques, ainsi que sur la réduction de leur transfert vers l'environnement et entre ses différents compartiments.

De son côté, la stratégie de réduction des impacts devra inclure le développement et l'adaptation aux contextes locaux spécifiques des infrastructures écologiques (zones tampons, bandes enherbées, haies) favorisant la dégradation des produits phytopharmaceutiques, permettant de réduire leurs transferts hydrologiques et atmosphériques, et diminuant leurs impacts. La recherche de solutions intégrées à des échelles pertinentes (bassins versants, territoires, paysages) et faisant notamment appel à des solutions fondées sur la nature (*nature-based solutions*) visera à favoriser l'émergence d'agroécosystèmes avec une résilience optimisée au travers d'une gestion conjointe des objectifs de maintien de la production et de durabilité de ces systèmes, de la lutte contre les bioagresseurs et contre l'ensemble des contaminations d'origine agricole. Des approches globales, abordant le continuum zones traitées – zones de régulation / atténuation – zones impactées, et étudiant la réponse des communautés et des réseaux trophiques qui participent à un service écosystémique seront encouragées (notamment en lien avec les populations de régulateurs de bio-agresseurs ou de pollinisateurs). De manière complémentaire, les processus impliqués dans la survenue d'effets délétères sur les organismes devront être analysés et hiérarchisés, d'un point de vue temporel et/ou en termes de nature et de sévérité des effets induits. L'un des objectifs sera de parvenir à la formalisation des enchaînements qui conduisent à l'apparition d'effets indésirables à différents niveaux d'organisation biologique (par exemple, identification de chemins de l'effet néfaste ou *Adverse Outcome Pathways-AOPs*, reliant des mécanismes moléculaires à des effets sur l'individu et la population, voire la communauté ou l'écosystème) et de les traduire dans des indicateurs et modèles les plus génériques possibles.

### **...2.2.4. Analyser les risques pour les populations humaines [CT] [MT] [LT]**

Afin d'étudier le lien entre les expositions aux produits phytopharmaceutiques et la santé humaine, notamment pour des effets à long terme, il conviendra de poursuivre la documentation des effets de matières actives spécifiques, de leurs produits de dégradation et des co-formulants, en s'appuyant mieux sur des historiques d'exposition. Pour réaliser des mesures biologiques répétées dans le temps dans le cadre d'études longitudinales, et prendre en compte l'évolution des niveaux et de la nature des expositions au cours du temps, il pourra être nécessaire de poursuivre les études épidémiologiques sur des cohortes en collaboration avec l'axe 3 du plan. La quantification des expositions pour des molécules spécifiques sera très importante pour établir des relations dose-effet



et pour éclairer le jugement de causalité des associations entre les symptômes et un niveau d'exposition. Il y aura sans doute aussi lieu de stimuler les travaux d'amélioration de l'analyse des matrices et marqueurs biologiques pour mieux évaluer l'exposition réelle et connaître les effets sanitaires. Ceci viendra alimenter le « lien de causalité » entre expositions et pathologies.

L'étude des effets sur la santé devra s'appuyer également sur le développement d'études toxicologiques apportant des résultats pour des niveaux et des voies d'exposition pertinents par rapport aux conditions auxquelles sont effectivement soumises les populations, ainsi que leurs modalités : faibles doses répétées sur le long terme, associations de plusieurs substances, etc. Les données toxicologiques devront permettre de distinguer les effets selon l'état solide, liquide ou gazeux des substances, moléculaire ou particulaire, par rapport aux voies d'exposition, ainsi que les associations de substances y compris de nanoparticules dont l'effet serait additif, synergique ou potentialisateur pour certains impacts. Ici aussi, l'identification de chemins de l'effet néfaste semble une priorité. Le croisement de bases de données d'origine diverses (santé, produits phytopharmaceutiques, ...) sera nécessaire pour observer des mécanismes d'apparition complexe au long de périodes d'exposition parfois interrompues. Ce point constitue, en lui-même un sujet de recherche.

Les sciences humaines et sociales devront également apporter des données précieuses concernant les impacts associés aux usages des produits phytopharmaceutiques. A titre d'illustration, l'approche économique permet une évaluation de l'impact de ces usages via les conséquences néfastes sur l'environnement et sur la santé humaine ou les surcoûts de traitement générés (notamment de l'eau potable). Ces effets négatifs se traduisent par des coûts dont la quantification peut apporter un éclairage économique à la décision publique. Des méthodes de quantification comme les fonctions dose-réponse ou les méthodes de préférences révélées ou déclarées pourront constituer des bases d'analyse de cette dimension qui souffre actuellement d'un manque de références.

#### ...2.2.5. Prendre en compte des facteurs de vulnérabilité des espèces et des individus [MT] [LT]

Que ce soit en écotoxicologie ou en toxicologie, la mesure des expositions et des impacts devra impérativement être associée à l'identification et à la prise en compte de divers facteurs de vulnérabilité en lien avec (i) les caractéristiques des individus ; (ii) les caractéristiques génétiques et/ou démographiques des populations ; (iii) l'existence de fenêtres de sensibilité spécifiques ; (iv) les éventuels effets transgénérationnels/épigénétiques ; (v) la localisation spatiale ; (vi) les caractéristiques des milieux ; et (vii) le rôle des co-expositions. Chez l'humain, les facteurs de vulnérabilité à prendre en compte seront, par exemple, l'âge, le sexe, les antécédents médicaux personnels, les prédispositions génétiques, le mode de vie, la capacité à accumuler ou dégrader les substances. Certaines fenêtres d'exposition peuvent correspondre à une plus grande vulnérabilité, comme par exemple, la vie foetale, la petite enfance ou la puberté, mais aussi l'exposition professionnelle nocturne ou encore le rythme de vie.

La plupart de ces facteurs pourront être assez directement transposés à l'exposition des écosystèmes, avec néanmoins des spécificités liées à la sensibilité différentielle des espèces, associée notamment à certains traits biologiques ou écologiques ou à des considérations d'ordre phylogénétique, et/ou à leur rôle écologique (par exemple, dépendance vis-à-vis d'autres espèces, rôle clé dans certains processus, place dans les réseaux trophiques, ...). D'autres notions seront aussi à considérer comme par exemple celles susceptibles de venir moduler les incidences via des mécanismes de protection face à des stress chimiques, une certaine redondance fonctionnelle qui permet le maintien du fonctionnement des écosystèmes, ou les boucles de rétroaction négative des effets des produits phytopharmaceutiques sur les auxiliaires et autres services apportés par la biodiversité associée aux espèces cultivées (notamment les pollinisateurs). Pour plusieurs questions abordées ci-dessus, des rapprochements seront sans doute à concrétiser avec les approches conduites en phytopharmacovigilance.

#### Liens avec les autres thèmes de la SNRI Écophyto

Ce thème s'articule avec le **thème 4** dans la mesure où les innovations pourront induire une réduction significative des utilisations et des impacts et ce, de manière concomitante avec les avancées sur l'exposition aux produits phytopharmaceutiques pouvant venir nourrir l'évaluation des solutions proposées. Des modèles de simulation de l'effet des pratiques sur les niveaux de contamination et les expositions permettront de relier le thème 4 et le thème 2. Les êtres humains comme les écosystèmes



seront concernés. Ceci implique de poursuivre le décroisement des disciplines, notamment entre les sciences de la santé et celles de l'environnement et l'agronomie.

Par ailleurs, le développement de connaissances sur les impacts aura des retombées en matière de prévention, d'évaluation et de gestion des risques. De ce fait, une articulation avec le **thème 1** est à creuser. Cette interface concerne notamment les mesures de prévention permises via la conception du matériel (cabines des tracteurs, pulvérisateurs, etc.), des équipements de protection individuelle (combinaison, gants, masque), mais aussi l'organisation du travail, la formation et le conseil aux personnes travaillant en agriculture. La manière dont le matériel vieillit constituera aussi un thème générique qui dépasse le simple cadre Écophyto mais gagnera à être mieux documenté (obsolescence du matériel et nécessité d'entretien, modification des propriétés après plusieurs lavages, etc.). Parallèlement, des avancées sur la psychologie des opérateurs (déli du risque, représentations individuelles et sociales de la prévention, etc.) pourront générer un besoin important de recherche évaluative pour connaître l'impact réel des mesures existantes, en croisant des approches d'épidémiologie, d'agronomie, d'ergonomie, d'expologie, de sociologie, de psychologie, d'ethnologie, voire même de sciences de l'éducation.

Le thème étant pourvoyeur d'outils d'évaluation de l'exposition et des impacts liés à la contamination des milieux à différentes échelles, ses sorties seront utilisables dans le cadre du **thème 5**. Des modèles ou des indicateurs spatialisés pouvant en rendre compte le long de la chaîne pratique – pressions – impacts à différentes échelles seront appréciés. Enfin, la réflexion sur la notion de paysages et de territoires résilients pourra utilement être menée conjointement entre thèmes.

Enfin, la problématique des effets non intentionnels des produits phytopharmaceutiques ainsi que l'analyse des perceptions et des comportements des acteurs par rapport aux risques trouvent bien évidemment un écho dans le contexte des JEVI, en lien avec le **thème 3**.

## **.3 Gestion des jardins, espaces végétalisés et infrastructures (JEVI) et interactions avec les espaces agricoles**

### **...3.1. Périmètre, enjeux et objectifs**

L'usage des produits phytopharmaceutiques (hors produits de biocontrôle, produits autorisés en agriculture biologique et produits à faible risque) sera interdit dès le 1<sup>er</sup> janvier 2017 pour les collectivités territoriales, l'État et ses établissements publics, pour l'entretien des espaces verts, des forêts, des voiries (sauf exceptions) ou des promenades, accessibles ou ouverts au public. De leur côté, les jardiniers amateurs ne pourront plus utiliser de produits phytopharmaceutiques (hors produits de biocontrôle, produits autorisés en agriculture biologique et produits à faible risque) dès le 1<sup>er</sup> janvier 2019, quelles que soient les surfaces concernées. Par ailleurs la vente en libre service sera interdite aux amateurs dès le 1<sup>er</sup> janvier 2017 (sauf produits de biocontrôle et substances de base).

Les jardins, espaces végétalisés et infrastructures (JEVI) comprennent l'ensemble des espaces et compartiments constituant le cadre de vie des citoyens autres que les espaces dédiés aux productions agricoles. Ces espaces couvrent à la fois les jardins espaces verts urbains, voiries urbaines et voies de communication (infrastructures (auto)routières, ferroviaires, aéroportuaires, etc.), terrains de sport, cimetières, les sites industriels entretenus par des personnels techniques professionnels publics ou privés, et les millions de jardins espaces privatifs des habitations individuelles et collectives entretenus respectivement par les jardiniers amateurs ou par les syndicats de copropriété.

L'entretien des jardins amateurs, espaces verts urbains et du végétal en ville a longtemps été raisonné sous un angle horticole relativement interventionniste. Une évolution vers une gestion plus naturaliste de ces espaces s'impose progressivement et s'accompagne de la promotion d'une dimension « durable ». La réduction des interventions pour la maîtrise de la nature en ville et dans les jardins vise à recouvrir les attentes en termes de désir de nature et d'effets bénéfiques sur l'environnement, la santé physique et morale, ainsi qu'au besoin de sécurité exigé par les citoyens, tout en évitant de donner l'impression de défaut d'entretien ou d'espaces abandonnés. Une ambition majeure est que les gestionnaires de ces espaces soient en phase avec les principes élémentaires de protection des personnes comme de l'environnement et pratiquent une approche préventive de gestion des risques phytosanitaires. Il est en effet à craindre que, non soumis à la nécessité de commercialiser une production, les « amateurs » n'appliquent que peu les préconisations d'usage. Se faisant, ils pourraient contribuer à entretenir des foyers primaires ou s'avérer une voie privilégiée d'entrée d'espèces invasives.

En travaillant sur de petites surfaces sans contrainte de temps, les jardiniers amateurs ont testé et mis au point différentes approches de fertilisation et de protection des plantes. Trois questions générales se posent : Y a-t-il des pratiques efficaces dont on pourrait imaginer l'adoption sur de plus grandes surfaces ? Peut-on appuyer les démarches de clarification de ce qui marche et de ce qui relève d'un remède généralement sans effet ? Y a-t-il des stratégies alternatives aux produits phytopharmaceutiques propres aux JEVI (on peut notamment penser aux paillages ainsi qu'aux pièges susceptibles d'être assez efficaces quand ils sont déployés pour protéger de petites surfaces) ? Sans doute cette thématique d'arrêt d'usage des produits phytopharmaceutiques dans les JEVI sera-t-elle particulièrement propice à des actions participatives ainsi qu'à la mobilisation de communautés qui se sont senties jusqu'à présent peu concernées et aussi peu ciblées : réseaux amateurs mais aussi services municipaux et donc indirectement services en charge des infrastructures urbaines, etc.

Enfin le développement de l'agriculture urbaine tend à faire bouger les frontières entre les JEVI et les espaces agricoles et pose des questions spécifiques qu'il faudra étudier dans le cadre d'une réduction de l'emploi des produits phytopharmaceutiques pour ce nouveau type d'agriculture.

### **...3.2. Priorités de recherche au bénéfice du plan Écophyto II**

#### **...3.2.1. Produire des références et méthodes pour accompagner des actions participatives [MT]**

Pour les JEVI professionnels, diverses actions contribuent à une gestion participative et durable :

- ▶ une communication interne et externe réactualisée,

- ▶ une adaptation de qualification professionnelle par la formation des personnels des collectivités territoriales à des pratiques différentes et à la médiation avec le public,
- ▶ une plus grande implication des habitants sur l'aménagement de leur quartier par des chartes d'engagement,
- ▶ une labellisation écologique des espaces traduisant la coordination et la mobilisation des équipes dans une perspective d'amélioration continue et progressive, et de respect des engagements vis-à-vis du public,
- ▶ la prise en charge de l'organisation d'un réseau d'observateurs venant soutenir les besoins d'épidémiologie et mobilisant éventuellement des amateurs formés,
- ▶ des actions pédagogiques pour les scolaires autour de l'environnement, pouvant contribuer à inscrire les principes d'une gestion participative et durable.

Des besoins d'animation basés sur une expertise scientifique des organismes bioagresseurs et auxiliaires, ainsi que sur l'efficacité et la robustesse des solutions à déployer sont à encourager. Ce thème engendre donc des besoins de références qui font actuellement défaut. Celles-ci pourront s'inspirer de ce qui est réalisé sur les espaces agricoles. On a aussi pu constater que certains besoins étaient propres aux JEVI à l'instar de la capacité d'accueil ou de relais de certains ravageurs spécifiques pouvant poser des problèmes de santé publique (cas des processionnaires). Les collectivités territoriales seront donc très intéressées par le bénéfice d'un appui pour, par exemple, organiser les espaces verts de manière à réduire au maximum l'entretien et les risques pour les habitants. La couverture du thème impliquera aussi la mise en place d'outils tels que différentes applications de téléphonie mobile d'appui à la reconnaissance (PI@ntNet, par exemple), au diagnostic et au conseil, ainsi qu'au suivi participatif de la surveillance. Dans tous les cas, cela nécessitera le développement de modèles et d'outils de cartographie ainsi que le déploiement d'algorithmes d'analyse d'images qui font actuellement défaut. La couverture de ce besoin balayera donc un continuum allant d'approches très fondamentales jusqu'à d'autres sectorielles et plus finalisées.

Les gestionnaires de linéaires de transport ont, de leur côté, à assurer la maîtrise de la végétation pour des raisons de sécurité. Ils souffrent d'un déficit majeur d'alternatives déployables et sont donc demandeurs d'un appui massif pour les aider dans leur démarche de changement. Des solutions concrètes pourront recouvrir : des produits dés herbants de biocontrôle homologués, l'adaptation d'outils mécaniques aux spécificités des besoins, des innovations ciblant l'écoconception des ouvrages concernés, l'évaluation des pratiques d'écopâturage ou encore tout ce qui pourra venir en soutien préventif d'entrée d'espèces exotiques qui colonisent fréquemment de nouveaux territoires en progressant via ces milieux.

### ...3.2.2. Appuyer l'organisation du diagnostic de la protection des plantes [MT]

Le diagnostic de la protection des plantes en JEVI nécessite :

- ▶ L'élaboration et le développement d'outils d'aide au diagnostic pour les problèmes parasitaires et non parasitaires sur les grandes espèces végétales cultivées en JEVI, la mise à disposition au niveau individuel et collectif d'outils d'aide au diagnostic, et de géo-référencement des organismes émergents.
- ▶ Le développement d'outils de diagnostic à haut débit des organismes nuisibles, de leurs vecteurs et de leurs plantes hôtes. Ces outils fonctionnant, si possible, en autonomie seront nécessaires pour déterminer avec une plus grande précision la distribution géographique des bioagresseurs, des vecteurs infectieux et des principales espèces hôtes. Les données produites pourront servir à modéliser les progressions spatio-temporelles des organismes nuisibles, à prédire des expansions futures, à définir des zones à risque, à optimiser les efforts de surveillance, à alimenter les bibliothèques de code-barres génétiques pour identifier les organismes nuisibles eux-mêmes, leurs organismes vecteurs, voire leurs hôtes. Ces mêmes outils pourront être mis à contribution pour tester (dans des dispositifs de comparaison appariée entre situations contrastées) la portée de pratiques prophylactiques telles que celles réalisées par des jardiniers.

### ...3.2.3. Etudier l'articulation entre les pratiques des professionnels et celles des amateurs pour aller vers une épidémiologie généralisée [CT]

Ce point est sans doute majeur et nécessitera des avancées sur le court terme et opérationnel localement. Diverses crises sanitaires récentes viennent illustrer l'importance d'une mobilisation généralisée (*Xylella fastidiosa*, *Drosophila suzukii*, mouche de l'olive, ...).

Si la rédaction de BSV destinés aux JEVI couvre progressivement l'ensemble du territoire national, il reste de nombreuses questions et thématiques autour de : i) l'optimisation des **réseaux d'observation pour alimenter les alertes** ; ii) la couverture de référentiels adaptés à différents publics, que ce soit pour couvrir les besoins de formation comme d'organisation d'une saisie participative de surveillance ; et iii) de qualification des messages et voies de diffusion pour qu'ils soient adaptés aux non professionnels.

Par ailleurs, des modélisations territorialisées de la coexistence de zones agricoles et de JEVI pourront s'avérer éclairantes et appuyer les démarches de protection concertée<sup>3</sup> en zone péri-urbaine, par exemple. Il existe notamment un risque que les amateurs n'appliquent que peu les recommandations d'usage alors même que les épidémies entretenues par ce défaut d'actions pourraient être en mesure de gêner considérablement des professionnels.

### ...3.2.4. Recherche sur la conception et sur les possibilités d'aménagement ou de réaménagement des JEVI pour une gestion sans produits phytopharmaceutiques [TR]

Il existe encore un déficit de connaissances pour appuyer les démarches préventives ainsi que les approches d'aménagements durables dans le cadre du retrait d'AMM des produits phytopharmaceutiques. Les propriétés des paillis, les propriétés attractives, allélopathiques ou répulsives de plantes ornementales, potagères ou susceptibles de constituer des haies sont autant d'alternatives qu'il faudra, entre autres, explorer davantage. Ces recherches devront prendre en compte les facteurs d'adaptation des végétaux, le choix des aménagements et des matériaux pour faciliter l'entretien, empêcher ou orienter le développement de la flore spontanée. Outre la question de l'efficacité des nouvelles démarches, il s'agira aussi d'intégrer l'évaluation de leurs effets non intentionnels. Ces possibilités d'aménagement ou de réaménagement des JEVI devront prendre en compte l'environnement de ces JEVI et les interactions qui peuvent s'opérer entre différents types d'espaces imbriqués à l'échelle de petits territoires.

### ...3.2.5. Développement des techniques alternatives de protection intégrée et certification [MT] [CT]

**Des recherches sur la disponibilité et l'insertion des méthodes de biocontrôle et de piégeage dont l'action pourra s'avérer suffisamment efficace pour protéger des surfaces limitées seront nécessaires.** Cette thématique inclut :

- ▶ Une meilleure intégration des produits de biocontrôle dans des schémas de protection intégrée mobilisant l'ensemble des techniques culturales prophylactiques, pour les grands couples hôtes/parasites consommateurs en produits phytopharmaceutiques.
- ▶ Une production nationale de qualité à renforcer non seulement pour la qualité sanitaire des plants et semences mais aussi pour les principaux produits de biocontrôle et de piégeage. Ces derniers pourront couvrir ou non les principes de l'écologie chimique, doublée d'une amélioration de la distribution sur le territoire national pour faciliter une utilisation plus systématique et rapide par les jardiniers et gestionnaires d'espaces verts.
- ▶ **La production de références pour qualifier l'efficacité des innovations proposées, ce qui pourra nécessiter la mise en place de plateformes d'expérimentation dédiées comparant les différentes méthodes de lutte pour une mise en avant de résultats objectifs.** Ces actions pourraient *in fine* déboucher sur une forme de certification de substances de base avec éventuellement une adaptation réglementaire. L'adaptation de solutions utilisées à faible échelle pour des usages professionnels sur de grandes surfaces sera également à aborder.

<sup>3</sup> On pourra par exemple s'inspirer des cas d'études partagés entre forestiers et mairies pour la gestion concertée d'insectes nuisibles tels que la processionnaire du pin, pouvant conduire à réévaluer le choix des espèces végétales utilisées pour les espaces végétalisés communaux, les aménagements d'infrastructures, voire les espaces privés.

### ...3.2.6. Appuyer la mise en place de formation et transfert de connaissance [CT] [MT]

Les besoins de formation sont importants et destinés à une grande diversité de publics (amateurs, conseillers vendeurs, etc.). Ils recouvrent la sensibilisation au parasitisme présent dans les jardins amateurs, aux éléments de nuisance, aux principes de protection intégrée préventif, avec une connaissance élémentaire des dangers et des risques des produits phytopharmaceutiques, ainsi qu'aux réglementations d'interdiction. Cela engendre donc des besoins de recherche en pédagogie ainsi que sur le rôle de médiation des conseillers. La question de la contribution possible des TIC à cet objectif sera sans doute posée. Dans la continuité de cette démarche, il conviendra d'étudier la pertinence de la mise en place de réseaux de jardiniers amateurs sur le modèle DEPHY pour partager des références et accompagner la mise en place d'essais thématiques en parallèle sur plusieurs sites.

Un champ d'application concernera la capacité des amateurs à conduire par eux-mêmes une démarche expérimentale afin d'adopter les solutions les plus adaptées à leur situation locale. Si cette ambition est générale, l'application à la protection intégrée des plantes constitue sans doute un champ porteur pour une telle démarche.

Des besoins d'actions ciblées pourront concerner les outils de prévention en productions agricoles adaptés au contexte des JEVI. Des relais pourront être faits via les plateformes *Jardiner autrement* ou *ZNA Pro, Jardiner autrement* ou encore celles de Plante & Cité et la Société Nationale d'Horticulture de France (SNHF).

Enfin, on ne pourra négliger le rôle joué par la formation à destination des consommateurs, des opérateurs économiques ou politiques pour accompagner des évolutions des modes de consommation en phase avec les standards de production et réciproquement. L'exemple souvent avancé est une meilleure acceptation de quelques défauts superficiels sur les fruits et légumes sans doute à même de permettre de baisser significativement les quantités de produits phytopharmaceutiques utilisées, tout en maintenant la qualité nutritive. Il y aura lieu de voir dans quelle mesure ces cas d'étude sont étayés et généralisables.

### ...3.2.7. Alimenter les liens entre amont et aval par une contribution à la production des références [MT] [TR]

Cet objectif pourra se décliner de manière multiple. Peuvent être notamment cités :

- ▶ La caractérisation de la sensibilité des végétaux mis en vente aux principales affections phytosanitaires, aux stress édapho-climatiques, ainsi que celle des intérêts de la biodiversité fonctionnelle tout particulièrement sur les aspects de plante de service comme support d'auxiliaires ou ayant un pouvoir répulsif ou nettoyant.
- ▶ Les changements réglementaires visant à s'assurer que les nouvelles variétés créées seront évaluées sur les critères de résistances vis-à-vis des organismes nuisibles les plus consommateurs en produits phytopharmaceutiques ou présentant les risques les plus élevés, ainsi que la prise en compte du critère de résistance dans le processus de création et la publication des informations sur ces critères de résistances lors des inscriptions aux catalogues variétaux.
- ▶ La R&D pour les conceptions écologiques d'espaces publics paysagers ou de jardins amateurs, afin de générer des résultats visant à favoriser l'installation d'une biodiversité fonctionnelle la plus autonome possible, avec des auxiliaires de conservation, et ne recourir qu'avec parcimonie aux techniques et intrants de régulation des organismes nuisibles.
- ▶ L'adaptation des réglementations phytopharmaceutiques visant à ne plus limiter la délivrance de passeports phytosanitaires aux professionnels de la production végétale, mais à l'ensemble des destinataires.

### ...3.2.8. Cas particulier de l'agriculture urbaine [MT]

Il s'agira ici de réfléchir dans une optique de réduction de l'utilisation des produits phytopharmaceutiques ou de leurs risques associés, aux statuts réglementaires destinés à encadrer l'agriculture urbaine, d'analyser les dangers et risques inhérents et d'élaborer des modules de formation initiale et continue sur la mise en œuvre de cette agriculture dans ses diverses déclinaisons.

Les grands problèmes liés à l'agriculture urbaine qui mériteront d'importantes actions de recherche développement touchent notamment :

- Différents problèmes liés à l'agriculture urbaine pouvant mériter des actions de recherche développement, notamment : l'évaluation et à la maîtrise des risques sanitaires et phytosanitaires particuliers ainsi qu'une connaissance des transferts des polluants sols – plantes – atmosphère pour un meilleur contrôle de la qualité des milieux de production ;
- le choix des types de végétaux cultivés résistants adaptés aux contraintes et spécificités des sites de cultures (friches industrielles, pieds, toits, terrasses et sous sol d'immeubles, supports verticaux ou systèmes de cultures hors sol à multi-étages) ;
- la structuration et le fonctionnement de réseaux écologiques des villes mixant espaces construits et cultivés, visant à favoriser les services écosystémiques tout en réduisant l'exposition humaine aux polluants ;
- le développement d'outils pédagogiques dédiés aux urbains pour qu'ils s'approprient les enjeux et le développement de formations spécifiques professionnalisantes dans le cadre du développement des agricultures urbaines.

#### Liens avec les autres thèmes de la SNRI Écophyto

Ce thème s'articule avec le **thème 1** en ce qui concerne la perception de la responsabilité, dans la mesure où les amateurs peuvent par leur méconnaissance adopter des pratiques à risque (multiplication des inoculum primaires, introduction d'espèces invasives, etc.). Ce thème semble tout particulièrement désigné pour faire l'objet d'actions participatives.

En lien avec le **thème 2**, la problématique des effets non intentionnels des produits phytopharmaceutiques ainsi que l'analyse des perceptions et des comportements des acteurs par rapport aux risques trouvent bien évidemment un écho dans le contexte des JEVI.

En adéquation avec les priorités du **thème 4**, des actions de recherche et innovation concernant la mise au point et l'utilisation durable de méthodes de prophylaxie, d'analyse des risques phytosanitaires et de **lutte** contre les bioagresseurs seront mises en œuvre dans les JEVI, en tenant compte de leurs spécificités et de l'adéquation des différentes perspectives de développement de méthodes dans leur contexte. Par ailleurs, les JEVI doivent être pris en compte dans la dimension territoriale de développement des bioagresseurs.

Le lien avec le **thème 5** se fait dans le contexte de l'analyse spatialisée des situations et la formulation de préconisations qui intègrent la proximité des JEVI par rapport aux espaces agricoles et les modalités de leur gestion.



## **.4 Innovation, intégration et durabilité en protection des plantes**

### **...4.1. Périmètre, enjeux et objectifs**

Ce thème inclut l'ensemble des actions de recherche, développement et innovation contribuant à la mise au point et l'utilisation durable de méthodes de **prophylaxie**, d'**analyse des risques** phytosanitaires et de **lutte** contre les bioagresseurs, tant pour la métropole que pour les outre-mer. Le périmètre couvre l'ensemble des leviers agronomiques, technologiques et écologiques (pratiques agronomiques, gestion des fonctionnalités écologiques des agrosystèmes, techniques de biocontrôle, innovations variétales, agroéquipements et notamment des matériels de pulvérisation plus performants, TIC et numérique) ainsi éventuellement qu'une adaptation des standards de collecte et de commercialisation.

Les actions de recherche pourront être conduites à différents niveaux d'intégration et échelles spatiales (sol, plante, parcelle, exploitation, paysage, territoire). Elles veilleront à mobiliser une approche systémique, combiner différents leviers et analyser les conditions de déploiement à l'échelle des territoires et des marchés. Elles mobiliseront des expertises complémentaires dans différents domaines (agronomie, biologie, écologie, microbiologie, physiologie, etc.). Les actions de recherche visant à une meilleure combinaison des leviers à mettre en œuvre et s'inscrivant dans l'agroécologie seront à privilégier.

Les actions à mettre en place devront prévoir des modalités de partenariat assurant un dialogue entre acteurs positionnés aux différents niveaux pertinents de la filière agro-alimentaire (notamment post récolte, stockage et transformation), et une implication optimale et partagée de chacun d'entre eux. Dans la mesure du possible, les recherches et innovations devront également être connectées dès leur élaboration et leur mise en œuvre aux structures assurant le développement, le transfert, la mise en application et le conseil sur le terrain.

Afin de faciliter la mise en œuvre sur le terrain des innovations répondant aux attentes du plan, il sera important de concevoir et d'expérimenter des stratégies innovantes en associant l'ensemble des facteurs qui peuvent intervenir dans leur fonctionnement, leur durabilité à travers les possibles externalités (impact sur l'environnement, la santé, l'économie, etc.) et leur appropriation par les acteurs (intérêt à la fois social et économique).

Le plan Écophyto II alimentera en priorité les actions susceptibles d'avoir un impact significatif sur la réduction des risques et de l'utilisation des produits phytopharmaceutiques. Il permettra également de lever des verrous techniques pour les filières agroalimentaires dont celle de l'agriculture biologique. La prévention de l'apparition de la maladie ou des bioagresseurs (prévention primaire, évitement de situations à risques) sera privilégiée à la lutte qui ne devrait être envisagée que si les stratégies d'évitement n'ont pas suffi. Elle devrait faciliter une évolution ou un changement majeur des pratiques agricoles en mettant en lumière les bénéfices de pratiques combinant différents leviers d'évitement. De plus, un lien est à faire avec les Certificats d'Economie de Produits Phytosanitaires (CEPP) dans la mesure où ces derniers concentrent l'ensemble des solutions donnant droit à certificat à la hauteur des économies de produits phytopharmaceutiques permises. Des déficits de références pour qualifier l'efficacité des innovations proposées rendent encore parfois difficile une juste évaluation des avancées permises et donc leur mobilisation sur le terrain. Cet outil novateur d'Écophyto II qui sera expérimenté jusqu'en 2020 devrait soutenir des avancées majeures. Son succès implique une mobilisation de l'ensemble des acteurs (recherche, distributeurs et agriculteurs). Il sera donc essentiel d'appuyer ce système, en orientant la recherche à court terme vers des solutions éligibles aux CEPP, gage de réussite de cette action.

La stratégie proposée comporte cinq types d'actions appuyant la recherche et l'innovation à tous les niveaux de maturité technologique (échelle *Technology Readiness Level – TRL*). Elle associe par ailleurs des actions apportant des résultats de recherche et développement à court terme et des recherches ouvrant des perspectives d'innovation sur le long terme. Les cinq types d'actions sont détaillés ci-dessous.

### **...4.2. Priorités de recherche au bénéfice du plan Écophyto II**

Une priorité sera donnée aux alternatives à la lutte chimique en privilégiant si possible les cultures les plus consommatrices ou les situations sujettes à débat (à l'instar des néonicotinoïdes, par exemple).

Puisque des produits phytopharmaceutiques continueront à être utilisés, la recherche produite pourra inclure des solutions visant aussi à réduire le plus possible l'impact sur la santé et l'environnement, en s'assurant de la durabilité des mesures proposées. Dans tous les cas les projets de recherche nationaux seront utilement articulés avec des projets de recherche européens en cours ou à venir, afin de mutualiser les moyens et développer des synergies quand cela fait sens. Les thématiques ci-dessous ont été retenues sur la base du croisement de critères couvrant leur portée potentielle, la couverture d'un déficit de références ainsi que la capacité de mobilisation par la recherche et le développement. C'est en cela que ces projets sont considérés comme stratégiques.

#### ...4.2.1. Renforcer et structurer les méthodes de biocontrôle [CT] [TR]

L'objectif est de faire profiter l'agriculture française d'actions mettant en œuvre des méthodes de biocontrôle dont les retombées pourront être visibles à court et moyen terme (déploiement durant la période couverte par le plan Écophyto II). Ces méthodes de biocontrôle incluent à la fois l'usage de macro- et de micro-organismes, de médiateurs chimiques (phéromones, kairomones), de substances naturelles, mais également l'emploi de plantes de service. Une attention particulière sera portée à la combinaison de ces méthodes de biocontrôle entre elles et avec d'autres pratiques culturales du système de culture telles que la prophylaxie ou des pratiques permettant de renforcer la tolérance des cultures aux bioagresseurs.

Certaines méthodes, sous-utilisées en France malgré un contexte scientifique et réglementaire favorable, gagneront notamment à être mises en avant. Sans être exhaustif :

- ▶ La lutte autocide contre les ravageurs de culture, couplant surveillance et lâchers d'insectes stériles. Des programmes menés à l'étranger à l'échelle de territoires ont démontré une efficacité et une durabilité remarquables de ce type de lutte. L'agriculture française ne bénéficie pour l'instant pas de l'apport de telles approches. Deux ou trois projets pilotes pourraient être lancés sur des cibles biologiques et des contextes environnementaux, socio-économiques et géographiques *a priori* favorables à leur succès dont un en situation tropicale insulaire. Ces projets pilotes pourront servir à identifier les barrières à la mise en œuvre des stratégies territoriales, à évaluer l'impact environnemental de la technique considérée, à produire des démonstrations permettant la généralisation de leur utilisation. Il y aura donc lieu de cibler des activités de R&D optimisant les méthodes à employer. De tels projets sembleraient bien en phase avec la création de nouvelles entités de droit privé à l'échelle régionale, à connecter à des plateformes au niveau national ou européen.
- ▶ L'acclimatation d'auxiliaires ciblant les espèces invasives et utilisant des organismes ne conduisant pas à des impacts négatifs sur la biodiversité endogène. A l'arrivée d'un ravageur exotique, la lutte biologique par acclimatation vise à restaurer une partie du cortège d'ennemis naturels spécifiques du ravageur afin de réguler ses densités de population de façon pérenne sans coûts récurrents. Des procédures réglementaires nationales encadrent cette pratique depuis 2012, qui incluent la vérification des externalités, notamment environnementales, de ces techniques. La communauté scientifique française possède une expertise reconnue dans le domaine. La France est donc particulièrement bien positionnée pour être motrice sur l'implémentation sûre et efficace de cette approche. Comme Écophyto I, Écophyto II vise à soutenir de tels programmes, si possible en cofinancement avec les groupements de producteurs afin d'en faciliter l'applicabilité.
- ▶ La lutte par conservation vise à modifier l'environnement ou les pratiques existantes pour protéger et favoriser la présence de populations des ennemis naturels des organismes phytophages des plantes cultivées. Assurant une régulation des épidémies, ces auxiliaires permettent souvent de réduire l'impact des ravageurs sur les cultures. Ce type d'approche préventive permet d'éviter le recours à des produits phytopharmaceutiques et valorise la biodiversité endogène (haies, bandes fleuries, cultures intermédiaires, sol). Les habitats gérés en conséquence peuvent appartenir à différents compartiments du paysage et doivent être adaptés aux espèces que l'on souhaite favoriser. Les recherches à mener sur ce domaine devront particulièrement s'attacher à combiner la lutte par conservation avec d'autres méthodes (y compris les autres types de lutte biologique) et plus généralement avec l'ensemble des pratiques diminuant le recours aux produits phytopharmaceutiques. Ce travail d'intégration pourra notamment être effectué dans le cadre des projets d'intégration présentés en 4.2.2.



- ▶ L'utilisation de plantes de service dans la culture comme dans l'interculture constitue un levier important pour limiter le recours aux herbicides tout en permettant de mobiliser d'autres services comme : (i) la gestion des habitats des ennemis naturels ; (ii) la pollinisation des cultures ; (iii) la couverture du sol pour en limiter l'érosion ; et (iv) la gestion de la fertilité des sols (matière organique, efficacité de l'eau).

Par ailleurs, il sera important d'encourager les méthodes de biocontrôle pour les maladies fongiques et bactériennes (pour lesquelles peu de solutions sont disponibles), d'explorer les pistes envisageables pour les cultures orphelines et d'accompagner également leur développement pour les cultures mineures, que ce soit en jardin potager ou encore dans le contexte tropical où : (i) il existe des verrous techniques importants dans la plupart des filières ; (ii) les interactions biotiques sont particulièrement complexes ; et (iii) les situations insulaires nécessitent une attention particulière vis-à-vis des risques invasifs.

#### ...4.2.2. Adapter, intégrer et combiner les méthodes et outils existants [CT] [MT] [LT] [TR]

Des projets de conception et test de systèmes innovants, associant pratiques agronomiques (leviers d'action sur les cycles biologiques des bioagresseurs et sur le renforcement de la tolérance de la culture), mélanges variétaux/spécifiques (y compris les variétés « population ») et aménagement des parcelles et paysages, exploreront les marges d'économie de produits phytopharmaceutiques dans des contextes de diversification plus larges tels que les rotations, les assolements et les terroirs. Ils pourront évaluer le potentiel des plantes de service et de la gestion des couverts. De manière sans doute encore assez ambitieuse, ils pourront explorer comment un changement de composition de l'assolement induit des effets bénéfiques en limitant certaines épidémies, ou en accroissant la résilience générale des systèmes mis en place via un meilleur étalement des risques phytosanitaires.

Ces projets pourront par ailleurs bénéficier des avancées en matière d'agroéquipement, d'outils de détection des bioagresseurs, d'agriculture numérique et des méthodes de prophylaxie et de biocontrôle dans une approche de protection intégrée. Les travaux déjà réalisés sur la protection intégrée des cultures devront être mobilisés et valorisés dans les réflexions proposées. Ils pourront se traduire par la production d'outils de modélisation pouvant appuyer la prévision comme l'aide au meilleur usage (outils d'aide à la décision – OAD) ou ouvrant droit à la délivrance de Certificats d'Economie de Produits Phytopharmaceutiques.

Les projets devront être conduits majoritairement sur des surfaces agricoles (parcelles, exploitations) ou sur des sites expérimentaux représentatifs des pratiques d'un territoire, les micro-parcelles sur sites expérimentaux devant être considérées plutôt comme des compléments aux résultats obtenus. L'existence des réseaux DEPHY EXPE et DEPHY FERME faciliteront d'ailleurs cette exploration en conditions réelles. L'implication des agriculteurs devra être prise en compte dans la construction des projets afin d'en appuyer la pertinence et l'utilité. Ces projets auront l'ambition d'acquiescer des références scientifiques démontrant l'efficacité des solutions proposées et leur faisabilité pour réduire l'usage des produits phytopharmaceutiques et les risques associés.

**L'implication des acteurs, des obtenteurs, de la collecte-stockage et de la transformation, du conseil mais aussi des producteurs**, semble indispensable à la réalisation de ces projets. La co-construction des stratégies assurera une meilleure compatibilité entre les solutions proposées (par exemple les mélanges de variétés) et les contraintes induites à tous les maillons des filières (disponibilité amont, prise en charge pour la collecte et la transformation aval). Ces projets semblent par ailleurs particulièrement adaptés à la mise en place d'organisations de type « living lab » : multi-acteurs, ancrés sur des territoires, mobilisant des efforts aux différents niveaux de la maturité technologique, etc. Les innovations développées sur le terrain de manière collaborative pourraient également être testées sur une échelle plus large et, si nécessaire, impliquer les transformateurs comme les consommateurs.

#### ...4.2.3. Accompagner le développement et l'intégration des méthodes [CT] [MT] [TR]

Il s'agit ici de tirer profit de l'existence de structures collaboratives telles que les GIS « Biotechnologies Vertes » ou « Relance Agronomique », des réseaux expérimentaux impliquant les acteurs tels que les RAD-CIVAM ou équivalents, le consortium public-privé sur le biocontrôle et des structures multi-acteurs déjà impliquées dans des programmes de recherche public-privé sur ces thématiques (comme par

exemple l'association Promosol) susceptibles d'accueillir, financer, porter et relayer des avancées sur ces thèmes.

Au sein de ces partenariats, une vigilance pourra être plus aisément portée sur l'évaluation globale (agronomique, économique, sanitaire, environnementale et sociale) des solutions proposées. Certaines actions pourront logiquement donner lieu à un financement partagé permettant de décupler leur portée.

Le développement et l'intégration de nouvelles solutions seront facilités et accélérés par des projets d'accompagnement bénéficiant à plusieurs acteurs du développement et mettant notamment l'accent sur la R&D des méthodes et des outils pour leur opérationnalité (cf. ci-dessous la liste, non exhaustive, de thèmes identifiés).

### **Thèmes identifiés comme porteurs et fédérateurs (liste non exhaustive)**

- ▶ Proposer des méthodes et outils de diagnostic et surveillance (état de la plante, du sol, détection de bioagresseurs et auxiliaires, surveillance des stocks post-récolte).
- ▶ Intégrer aux méthodes d'observation un diagnostic des situations dans lesquelles la maladie ne se développe pas et/ou n'a pas de conséquences sur la conduite de la culture en place, afin de bâtir les références qui s'avéreront précieuses pour préciser les situations à risque (du fait d'une utilisation généralisée des produits phytopharmaceutiques, il existe de forts déficits de connaissance en la matière).
- ▶ Mener l'évaluation et la comparaison des situations favorisant le non développement des maladies afin de faire progresser les approches prophylactiques.
- ▶ Conduire une évaluation multicritère des techniques de biocontrôle comme la lutte biologique, la stimulation de défense des plantes, l'écologie chimique, et plus généralement l'évaluation des stratégies et produits mobilisant des mécanismes naturels.
- ▶ Explorer les apports des microbiotes ou communautés endophytes sur la protection des plantes et leur protection.
- ▶ Poursuivre l'évaluation des apports des plantes de service en protection des plantes.
- ▶ Décrire via des méthodes appropriées le devenir des produits (molécules, organismes) dans les différents compartiments de l'environnement, à des fins d'étude d'impact mais aussi d'étude des facteurs influençant leur efficacité et leur durabilité.
- ▶ Outiller et réaliser l'observation du devenir des produits selon les choix de conduite agricole.
- ▶ Participer à la production de données sur les produits développés ou en développement, de leur mode d'action à la production de références pour combler des usages vides ou mal pourvus sur les cultures mineures, production de matrices d'interaction entre les nouveaux produits et les autres méthodes de lutte, en vue de faciliter la modélisation et la conception de systèmes.
- ▶ Développer des méthodes et outils d'analyse des données obtenues dans les réseaux d'expérimentation et d'observation (par exemple réseaux DEPHY, ENI, SBT) mais aussi celles issues d'exploitations agricoles hors réseau DEPHY.
- ▶ Produire des modèles appuyant la conception de systèmes et l'utilisation durable des méthodes de prophylaxie (résistances variétales incluses) et de lutte dans une logique de protection intégrée multi-leviers.
- ▶ Mettre au point des OAD adaptés à la nouvelle diversité de méthodes de protection intégrée.
- ▶ Elargir ou déplacer l'effort de contrôle des adventices sur d'autres phases de leur cycle que le seul stade de la germination levée. Affecter le stock dans le sol, exercer une compétition au sein du couvert ou éviter de réalimenter le stock des semences produites en les interceptant ont déjà donné lieu à des prototypes prometteurs qu'il s'agit de généraliser.
- ▶ Produire des données permettant d'appuyer l'évolution des réglementations, des cahiers des charges et des labels.

- ▶ Evaluer et comparer les leviers et les politiques publiques favorisant l'implication de l'aval des filières (transformation notamment) dans la dynamique Écophyto.
- ▶ Concevoir, évaluer et comparer des systèmes assurantiels facilitant la prise de risques liés à des changements de pratiques moins consommatrices d'intrants.
- ▶ Développer des méthodes et des outils en entomologie (auxiliaires et prédateurs) permettant de nourrir les recherches appliquées dans le domaine de l'innovation variétale pour les résistances, en permettant d'identifier les plantes les plus adaptées.
- ▶ Travailler sur le changement de certaines pratiques culturales ayant un fort impact sur la sensibilité de la plante à la contamination par les agents pathogènes et/ou toxinogènes, ou sur la conservation d'un inoculum virulent en période d'interculture.
- ▶ Poursuivre l'exploration de voies de résistance ou tolérance des plantes à intégrer dans les schémas d'amélioration variétale.

Par ailleurs, le plan Écophyto II pourra stimuler la R&D de nouvelles solutions par l'industrie (en bonne complémentarité avec l'investissement privé et les dispositifs nationaux de financement de type FUI ou PIA) via, par exemple, (i) des accès facilités à l'expérimentation sur les systèmes de culture et les JEVI français ; (ii) l'animation de plateformes d'innovation ouverte (ciblant des besoins communs à un grand nombre d'entreprises) comme, par exemple, des plateformes collaboratives sur le phénotypage et la sélection génomique (voir *Plan Agriculture et innovation 2025*) ; et (iii) des actions ciblées contribuant à faciliter des initiatives de R&D en partenariat public-privé ou, le cas échéant, attirant l'intérêt des industriels sur des besoins des utilisateurs finaux identifiés par Écophyto II.

#### ...4.2.4. Intensifier l'exploration technologique [MT] [LT]

Le dynamisme de la communauté R&D, en termes de mise au point et d'intégration de nouvelles méthodes, bénéficierait d'efforts accrus de recherche technologique exploratoire. Écophyto pourra faciliter la compréhension des phénomènes qui limitent le développement des maladies et des insectes ravageurs ainsi que les moyens de les défavoriser. La maîtrise ou l'intérêt des adventices devra également être abordé. Une inflexion spécifique pourrait être donnée dans les outre-mer pour stimuler l'implication des acteurs privés et/ou l'émergence de micro-entreprises locales pour compenser le relatif manque d'attrait du secteur industriel sur des problématiques où les marchés sont étroits. Quelques filières industrielles (canne à sucre, banane) pourraient servir de locomotive pour les autres.

Écophyto pourra inciter le lancement de ces activités, notamment sur les thèmes ouverts dont beaucoup font écho à des dépôts de CEPP comme les nouvelles techniques de sélection génétique pour lesquelles l'aspect réglementaire sera à prendre en compte, les nouvelles technologies de diagnostic (état de la plante, détection de bioagresseurs/auxiliaires, etc.) ou d'aide à la décision, les technologies de formulation, de production « vertes » et d'épandage de produits de biocontrôle - dont les stimulateurs de défense des plantes (SDP) -, les capteurs, la robotique agricole, la pulvérisation de précision, l'agriculture numérique, les agroéquipements. Les recherches financées devront utilement inclure l'évaluation de leurs performances économiques, environnementales et sociales. Cette intensification passera par la mobilisation de tiers innovants (start-up, CEA Tech, membres de pôles de compétitivité, écoles et universités,...) avec selon l'opportunité de nouvelles modalités de mobilisation (concours d'idées, hackathons et mise au point de prototypes en étroite relation avec les opérateurs de R&D de la sphère agronomique pour faire rapidement la preuve du concept). A noter que ces thématiques font aussi l'objet d'un intérêt marqué des programmes européens (actions de recherche et d'innovation par exemple) et qu'il y a donc, là, autant de relais possibles aux initiatives qu'Écophyto pourra aider à engager.

#### ...4.2.5. Produire des connaissances sources d'innovation et d'amélioration générique des pratiques [MT] [LT]

Cette partie du plan d'action vise à promouvoir des recherches sources d'idées et savoir-faire nouveaux pour la protection durable des cultures dans des systèmes agricoles renouvelés. Elle viendra en appui des actions 1 à 4 pour ouvrir des pistes d'innovation à moyen et long terme. Cette action étant par essence de type « bottom-up » pour maximiser la capacité de créativité de la communauté, il conviendra de procéder via des appels à projets sur des thèmes « génériques » ou très ouverts tels que, par exemple : rôle et mécanismes d'action du microbiote (du sol, des plantes,

des auxiliaires et bioagresseurs) ; projections en termes de niveau de risque grâce à la comparaison des cortèges de bioagresseurs entre situations contrastées et corrélations entre cortèges et dégâts, et corrélations entre dégâts et dommages pour la culture ; impacts des pratiques sur les bioagresseurs et auxiliaires ; durabilité des nouvelles méthodes de lutte ; gestion durable des résistances variétales (pyramidage, etc.). Pour cela, des efforts sur la compréhension des relations bioagresseurs-plantes-écosystèmes pourront renforcer l'intégration des solutions envisageables.

Concernant la durabilité des méthodes de protection des cultures, le développement du commerce international et le changement climatique entraînent une augmentation du risque d'introduction, d'émergence et de dissémination d'organismes nuisibles pour les végétaux sur les territoires national et européen. Comme le complexe parasitaire évoluera au fil des années, des travaux devront être conduits pour l'amélioration et l'automatisation des méthodes de surveillance du territoire. D'autres travaux pourront s'atteler à la possibilité d'accroître la robustesse et la résilience des systèmes de production face à l'apparition de ces agents pathogènes nouveaux. Il sera notamment possible de développer différents moyens de protection existants y compris en biocontrôle, visant à faire obstacle à l'entrée ou à l'émergence de ces nouveaux organismes nuisibles.

#### Liens avec les autres thèmes de la SNRI Écophyto

**Thème 1.** Des actions conjointes pourront contribuer aux priorités des deux thèmes :

- L'identification des pratiques de réduction d'utilisation des produits phytopharmaceutiques et l'étude de la durabilité des systèmes (priorités 1.2.3 et 1.2.4) et le cadre de réflexion sur le changement des pratiques à l'échelle du territoire (priorité 1.2.7) font partie des priorités des projets d'intégration proposés (priorité 4.2.2).
- L'accompagnement de la réduction des produits phytopharmaceutiques par le matériel agricole innovant et le numérique (priorité 1.2.2) est au centre des priorités du thème 4 en termes de recherche et innovation (priorités 4.2.2, 4.2.3 et 4.2.4).

**Thème 2.** L'évaluation des impacts des innovations en protection des plantes ne peut être dissociée de l'évaluation des innovations ; aussi de nombreuses passerelles sont à prévoir entre ce qui recouvre actuellement des priorités des thèmes 4 et 2.

**Thème 5.** Des actions conjointes peuvent également viser des priorités communes notamment :

- La gestion des variétés (priorité 5.2.1 du thème 5 qui est un axe important des priorités 4.2.2, 4.2.4 et 4.2.5).
- La réévaluation des modèles et OAD (priorité 5.2.2) sera appuyée par les actions de recherche et innovation incluses dans les recherches sur l'adaptation, la combinaison et l'intégration des méthodes existantes, accompagnement au développement de nouvelles méthodes et la production de connaissances sources d'amélioration et d'innovation génétiques (priorités 4.2.2, 4.2.3 et 4.2.5).
- L'appui aux approches territoriales (priorité 5.2.4) se retrouve dans les priorités 4.2.1 et 4.2.2.

**Thème 3.** Les actions de recherche et innovation (toutes priorités du thème 4) seront mises en œuvre dans les JEVI, en tenant compte de leurs spécificités et de l'adéquation des différentes perspectives de développement de méthodes dans leur contexte. Par ailleurs, les JEVI doivent être prises en compte dans la dimension territoriale de développement des bioagresseurs.

## **.5 Approches globales couplant le préventif et le curatif, et dimensions territoriales**

### **...5.1. Périmètre, enjeux et objectifs**

Comme pour la vaccination en médecine ou la sécurité routière, les actions préventives constituent un maillon majeur des dispositifs. Pour autant, en l'absence de problème, les acteurs peuvent avoir généralement tendance à ne pas reconnaître la valeur des actions préventives à la hauteur de leur contribution<sup>4</sup>.

L'expérience acquise au cours de la période Écophyto I permet sans doute à présent de mieux documenter la portée des actions préventives. Si l'on poursuit la tentative d'explicitation du thème, la distinction entre préventif et curatif est basée sur l'existence d'une prédiction qui doit donc être explicite, souvent à travers différentes formes de modélisation (simulations, règles de décision, outil d'aide au choix...). Le besoin d'un arbitrage général se pose toutefois car le curatif permet de s'approcher au plus près du besoin là où le préventif peut être trop précautionneux pour rien. À l'inverse, le préventif peut éviter la multiplication des situations à problème, par exemple, si les cas découverts tardivement s'accompagnent d'une forte évolution latente de l'épidémie. Si la biologie des espèces permet, en général, de mieux cerner le cas dans lequel on a le plus de chance de se trouver, on bute toutefois sur le nombre et la diversité des bioagresseurs susceptibles de venir porter atteinte à la qualité ou quantité de la récolte au cours d'une saison, car tous n'aboutiront pas à la même préconisation. L'existence d'une diversité de bioagresseurs devrait donc logiquement aboutir à un équilibre des actions préventives et curatives qui manque encore d'explicitation quant à leur couverture des risques et leur rationalité.

Par ailleurs, la balance entre préventif et curatif est aussi diversement affectée par les choix individuels ou collectifs. Pour continuer avec l'analogie de la médecine, on peut individuellement se protéger avec un vaccin mais on ne peut limiter les épidémies qu'au-delà d'un seuil (majoritaire) de population vaccinée. Quand tout le monde est vacciné, la tentation peut devenir grande de ne plus se vacciner à titre individuel car on évite les coûts sans pour autant prendre un risque majeur. On voit à travers cet exemple que beaucoup de processus et propriétés émergentes dépendent du taux d'adoption de certaines pratiques. Cette question renvoie donc assez naturellement aux questions territoriales (dont l'assolement), de choix des standards de production, de coexistence de filières, des règles d'accès au marché, des pratiques respectives des professionnels et amateurs, ou encore à la nature de l'épidémiosurveillance, à la couverture du conseil, etc.

Globalement, le panel d'actions préventives ne peut que diminuer (ou être neutre sur) le besoin de recours aux produits phytopharmaceutiques. Sans coût associé, on déploierait donc logiquement toute la panoplie des mesures préventives, mais la réalité est qu'elles ont un coût (économique, informationnel, ...) et que deux logiques s'instaurent donc : trier les mesures préventives sur la mise en regard de leur coût aux bénéfices attendus (ces deux facettes étant généralement inconnues du fait de la généralisation passée des produits phytopharmaceutiques) et faire porter l'effort préventif sur ses voisins plutôt que sur soi. Là encore, l'écart de cohérence entre l'intérêt individuel et l'intérêt collectif devient un objet d'étude en soi. Ainsi, il apparaît nécessaire de placer les axes des recherches autour des grands thèmes que sont :

- ▶ Une meilleure connaissance du degré de dépendance aux produits phytopharmaceutiques d'une culture selon son importance locale ou régionale dans l'occupation des sols (cultures, variétés), les pratiques culturales (dont travail du sol simplifié), la proximité et modalité de gestion des JEV et l'évolution des bioagresseurs dans un environnement changeant.
- ▶ La recherche de modèles économiques alternatifs à ceux qui privilégient les productions garantissant plus facilement un revenu mais qui peuvent être par ailleurs consommatrices en produits phytopharmaceutiques.

---

<sup>4</sup> Appliqué de manière illustrative au champ de la protection phytosanitaire des cultures, on ne peut par exemple que constater que l'évaluation du risque phytosanitaire retranscrit dans les avertissements agricoles se modulait essentiellement sur la base du pédoclimat, comme si les pratiques agronomiques étaient sans effet ou d'un effet jugé sans commune mesure avec l'efficacité des produits phytopharmaceutiques. Maintenant que l'on retire les produits phytopharmaceutiques, il devient important de documenter et communiquer sur l'efficacité des mesures préventives.



- ▶ Une recherche sur les aspects humains et sociologiques, en particulier en ce qui concerne l'impact que peuvent avoir les organismes et organisations dans les choix réalisés par les agriculteurs. De même, il convient de s'interroger sur l'importance des interactions entre voisins dans les prises de décision des agriculteurs. Enfin, l'impact que des formations dans le transfert de connaissances et le développement des compétences chez les utilisateurs de produits phytopharmaceutiques sont en mesure d'engendrer, méritera d'être approfondi.

## ...5.2. Priorités de recherches au bénéfice du plan Écophyto II

### ...5.2.1. Accompagner les approches pour une gestion adaptée et durable des variétés et des résistances aux produits phytopharmaceutiques

Le progrès génétique, incluant l'évolution des variétés et de leurs résistances ou de leurs tolérances aux bioagresseurs, est un facteur contributif majeur de diminution du recours aux produits phytopharmaceutiques. Par ailleurs, l'émergence de résistances aux produits phytopharmaceutiques contribue également, à court terme, à l'augmentation du recours aux produits phytopharmaceutiques. Cependant la problématique de la résistance des micro-organismes aux antibiotiques vient bien illustrer le potentiel d'adaptation des bioagresseurs. Il y aura donc lieu d'approfondir les démarches qui pourront permettre d'assurer la durabilité des résistances des espèces cultivées. Les leviers concernent les modalités de déploiement dans un territoire (moins on déploie, moins le risque de contournement de la résistance est élevé). Les démarches à envisager englobent également les mesures accompagnatrices du déploiement des variétés et des pratiques d'usage des produits phytopharmaceutiques, dont l'adossement à une pratique complémentaire à visée protectrice. L'articulation de ces démarches à des pratiques d'épidémiologie pour repérer précocement les évolutions devant faire l'objet d'une action dédiée de gestion ont été proposées par nos partenaires européens (arrachage, utilisation localisée avec dérogation éventuelle d'un produit phytopharmaceutique, modifications des pratiques de protection des plantes, etc.). Toutes ces pistes jouant directement sur la stratégie de déploiement et la durabilité résultante mériteront indéniablement d'être creusées. Des besoins de connaissances se concentrent autour de :

- ▶ La modélisation du risque épidémiologique en fonction de la tolérance/résistance variétale

De telles modélisations existent déjà mais sont uniquement basées sur les conditions climatiques ou l'historique de la parcelle. Cela pourra conduire au développement d'OAD intégrant « l'outil variétal » associé aux modalités de sa conduite dans la base du raisonnement.

- ▶ Le couplage de l'usage des variétés à des compléments d'actions (bonnes pratiques)

La durabilité de la résistance n'est pas assurée dans un certain nombre de cas (quand par exemple une situation de contournement est déclarée dans un autre pays mais ne touche pas encore la France). Le principe pourra alors consister à établir une superposition de pressions de sélection allant à l'encontre du bioagresseur pour contenir son potentiel d'adaptation, étendant le principe des « trithérapies » par exemple. Ces éléments seront à inclure dans les itinéraires techniques d'accompagnement.

- ▶ La robustesse et la rusticité afin de couvrir au mieux le cortège étendu des bioagresseurs

Dans la création des variétés, robustesse et rusticité sont deux caractéristiques recherchées mais dont on ne maîtrise pas, en général, les bases génétiques. On peine également à dire si elles sont nécessairement corrélées à un potentiel de rendement moindre. Des travaux en ce sens, qui pourront mobiliser les obtenteurs, seront bienvenus, d'autant plus qu'ils apporteront une protection sur une gamme élargie de bioagresseurs.

- ▶ La prise en compte de la dimension territoriale dans les stratégies de gestion des résistances

L'émergence de la résistance aux produits phytopharmaceutiques, tout comme le contournement variétal dépendent de facteurs évolutifs intrinsèques aux différents bioagresseurs. Les processus de dispersion jouent cependant un rôle majeur dans ces évolutions, autant pour les processus de dispersion d'individus résistants favorisant l'installation de la résistance dans les parcelles faisant l'objet de traitements (par l'effet de la sélection), que pour la dispersion d'individus sensibles provenant de zones refuges et qui peuvent donc limiter le développement de la résistance. L'étude de

ces processus doit maintenant permettre de proposer des scénarios de gestion à une échelle supérieure à celle de l'exploitation agricole et de favoriser des actions collectives à l'échelle du territoire.

#### **...5.2.2. Réévaluer les modèles et outils d'aide à la décision de déclenchement des interventions dans le nouveau contexte**

Limiter le déclenchement des épidémies en réduisant drastiquement l'inoculum infectieux primaire, quand il est encore d'une taille réduite, peut s'avérer moins consommateur de produits phytopharmaceutiques que de gérer les épidémies installées. Ce choix dépend toutefois d'un seuil de nuisibilité dont on ne perçoit pas toujours spontanément la logique ou les critères pris en compte pour le déterminer. Ce qui est certain, c'est que beaucoup de seuils de nuisibilité ont été définis dans un contexte où l'usage des produits phytopharmaceutiques était généralisé et qu'ils n'ont pas été révisés depuis. Non seulement, les pratiques de protection ont changé et continuent à l'être avec la révision des AMM, mais les variétés ont aussi évolué. Des travaux de modélisation et de conceptualisation pour réévaluer et encadrer de telles situations seront donc porteurs. Ils pourront notamment intégrer la biologie du ou des bioagresseurs et les interactions avec la plante cultivée. Plus particulièrement, les seuils ont souvent été définis en fonction de niveaux de dégâts, sans prendre en compte les effets réels sur les dommages qui dépendent du niveau de tolérance et de la capacité de « rattrapage » de la culture.

Ces évaluations pourront s'étendre aux situations de stockage post-récolte quand ces dernières donnent lieu à l'utilisation de produits phytopharmaceutiques. Concevoir, réaliser et valoriser un outil pratique d'aide à la décision permettant d'optimiser la gestion de la protection des stocks contre les attaques d'insectes en suivant les principes de la protection antiparasitaire intégrée s'avérerait précieux.

#### **...5.2.3. Identifier les nouveaux risques liés aux scénarios de changement climatique et global**

Le changement climatique doit conduire à se poser des questions sur l'évolution des bioagresseurs en fonction de différents scénarios, et donc, sur l'évolution des stratégies de lutte. Une réévaluation des seuils de nuisibilité et de l'analyse des risques dans ce contexte sera à envisager. L'étude prospective et la simulation de la dynamique d'évolution des bioagresseurs en fonction des scénarios de changement climatique seront à encourager.

Quelques bioagresseurs potentiels dont on peut craindre l'arrivée prochaine gagneront à être étudiés dans leur aire d'origine afin de mieux connaître les capacités adaptatives développées par les plantes cultivées et éventuellement tester *in situ* la sensibilité des souches et variétés actuellement déployées en France.

#### **...5.2.4. Appuyer une approche territoriale**

##### **► Réfléchir les systèmes à l'échelle territoriale**

Un travail sur l'influence à l'échelle du territoire des différents usages méritera d'être mené : JEVl comme réservoir épidémiologique et/ou de faune auxiliaire, concentration de certaines cultures (colza, vergers ...), cohabitation de systèmes en agriculture biologique et non biologique, etc. Il conviendra de considérer à la fois les dimensions spatiales (assolement) et temporelles (rotation des cultures). L'adaptation structurale et organisationnelle des cultures, des élevages, des pratiques agricoles et des éléments paysagers devra être abordée à l'échelle territoriale.

Les travaux menés en écotoxicologie ont notamment fait émerger le principe de paysage suppressif, c'est-à-dire d'organisation paysagère à même de réduire au maximum les impacts en jouant, par exemple, sur la rétention des produits de dégradation dans des zones où les processus de détoxification sont actifs et où les transferts sont limités. Ce concept pourra facilement être étendu à l'ensemble des risques biologiques et concerner aussi bien les ravageurs majeurs que la limitation d'entrée d'espèces invasives problématiques. De manière générale, la valeur à accorder à l'environnement des parcelles (infrastructures agroécologiques) par rapport à l'intensité du risque phytosanitaire reste mal connue, alors même que l'on souligne volontiers la contribution de ces mêmes infrastructures au maintien des auxiliaires. Peu de travaux viennent actuellement étayer leur contribution à maintenir une biodiversité jugée positive, neutre ou négative vis-à-vis des risques de

perte de récolte ou d'exposition des personnes. En fonction de leur efficacité, les messages d'alerte diffusés par les BSV viendront moduler le risque selon ces paramètres paysagers.

Au niveau territorial, une entrée par l'usage des sols permettra de définir les mosaïques d'usages les plus à même d'être compatibles avec une réduction de l'usage, du risque ou de l'impact des produits phytopharmaceutiques. D'un point de vue économique, l'analyse des déterminants de l'usage des sols pourra être une piste intéressante de recherche pour appréhender les leviers d'évolution de ces usages et les voies de progrès.

Enfin, un certain nombre de méthodes d'économétrie spatiale permettront notamment de quantifier le rôle joué par les interactions de connaissances entre voisins.

► Transfert de résultats entre échelles et/ou filières

Le transfert de l'expérience acquise en matière de lutte prophylactique à d'autres cultures où à d'autres échelles (par exemple passer d'une méthode qui marche au champ au jardin ou du jardin au champ) pourra faire l'objet de travaux, y compris en utilisant des approches d'analyse textuelle de documents anciens, de littérature grise (magazines de jardinage) ou de forums sur internet.

L'autre facette de cet item sur le transfert concerne la mise en évidence des processus dont la portée va s'accroître ou disparaître avec le taux de leur adoption. Certains systèmes profitent d'un avantage tant qu'ils sont rares. D'autres à l'inverse (tel que certaines mesures prophylactiques) sont d'autant plus efficaces qu'ils sont largement partagés. Aussi, l'étude des liens entre agriculteurs ou avec l'aval devrait permettre de dégager des pistes d'actions. Une première étape pourra concerner la caractérisation à l'échelle d'un territoire et du contexte pédoclimatique local, des retombées de la diversification des cultures mais aussi en fonction des débouchés économiques, afin d'offrir aux agriculteurs une palette étendue de systèmes de production viables. Ces informations, si elles s'avèrent bénéfiques, seront en mesure de venir tempérer la tendance à la spécialisation des territoires et à l'homogénéité croissante des paysages. Dans ce registre, la place qu'occupent les cultures mineures au sein d'un territoire, est illustratif des besoins de clarification. En effet, le fait même d'être rare rend plus aléatoire l'existence de solutions techniques qui permettent de préserver l'intérêt d'une culture mineure (difficulté à s'approvisionner, insuffisance du conseil, difficulté à écouler la production) et dans le même temps, leur implantation vient diversifier l'assolement ce qui peut conduire à réduire les risques sanitaires des cultures avoisinantes. La place des cultures mineures se retrouve ainsi en tension entre l'intérêt collectif qu'elles apportent et les difficultés éventuelles de leur conduite conduisant à ce que les individus ne les choisissent pas. Des travaux de modélisation territoriale et de caractérisation des impacts à large échelle de la composition de l'assolement seront ainsi bienvenus.

### **...5.2.5. Mettre à la disposition des outils de transfert de connaissances et de compétences**

La conception d'OAD à destination de l'agriculteur lui permettant de sécuriser sa prise de décision paraît indispensable et constitue sans doute encore une priorité. Compte tenu de ce qui a été développé dans ce thème, la question se pose toutefois de savoir s'il ne devrait pas y avoir aussi des outils à même d'accompagner les démarches à mettre en place à des échelles plus larges (modélisation comme support pédagogique, mais aussi formation par les jeux sérieux – *serious games*, etc.).

A la lumière d'un certain nombre de données chiffrées, la question du « comment investir les agriculteurs dans leur santé » mérite d'être posée. Ce travail tiendra compte des structures existantes (telles les organismes de protection sociale, celles issues de la législation du travail), de leurs actions et de leur potentiel d'action.

Améliorer la connaissance et la capacité organisationnelle des acteurs impliqués dans la gouvernance et la mise en œuvre du transfert de connaissances et de compétences dans les territoires et dans les filières pourra également constituer un champ d'exploration pour l'innovation sociale.

Enfin, la question se pose sur les modalités d'amélioration de la formation des étudiants en leur donnant davantage une approche 'système' intégrant les dimensions techniques, environnementales, économiques et sociales, ainsi que sur la manière de les amener à être des acteurs du changement.



## Focus sur le réseau européen de recherche sur la protection intégrée des cultures ERA-NET C-IPM

L'ERA-NET C-IPM, coordonné par la France, vise à accélérer la mise en œuvre de la protection intégrée en Europe en créant des synergies entre les différents programmes et initiatives suscitées par la directive européenne 2009/128/EC autour de la gestion intégrée de la protection des plantes.

Les objectifs spécifiques sont :

- ▶ de partager les initiatives accompagnant la mise en œuvre de la protection intégrée et d'en mutualiser les résultats (fermes de démonstration, bases de données) ;
- ▶ d'identifier les besoins de recherche partagés par plusieurs Etats membres et mettre en place des appels d'offres transnationaux.

Un agenda de recherche stratégique pour la protection intégrée en Europe a été construit par les 34 partenaires de C-IPM. Il a identifié les stratégies prioritaires suivantes susceptibles de venir appuyer un changement de paradigme :

- ▶ Développer les recherches interdisciplinaires pour comprendre les déterminants de l'adoption de la protection intégrée qui dépasse la simple recherche d'alternatives à l'utilisation des produits phytopharmaceutiques :
  - Combiner des solutions à effets partiels, les intégrer à l'échelle du système et développer une approche système ;
  - Promouvoir la recherche sur les verrous et les leviers permettant d'assurer la transition vers des systèmes moins dépendants ;
  - Stimuler et coordonner les recherches de long terme à l'échelle européenne ;
- ▶ Renforcer les infrastructures et la mutualisation des connaissances :
  - Mettre en place et coordonner des dispositifs de surveillance et les systèmes d'aide à la décision à l'échelle transnationale ;
  - Encourager le partage des connaissances et le développement de solutions de protection intégrée pour les cultures/usages mineurs ;
  - Favoriser les démarches participatives pour accélérer l'adoption des solutions de protection intégrée ;
  - Communiquer sur les bénéfices de la protection intégrée auprès du grand public ;
- ▶ Développer des alternatives aux produits phytopharmaceutiques :
  - Stimuler la recherche sur le biocontrôle et favoriser l'intégration du biocontrôle dans des stratégies de protection intégrée ;
  - Élaborer des stratégies de gestion durable des résistances aux bioagresseurs.

Deux appels d'offres ont été engagés en 2015 et 2016 auxquels de nombreuses équipes françaises ont répondu. Le réseau C-IPM prévoit de poursuivre la mise en œuvre de son agenda de recherche stratégique au cours des prochaines années. La stratégie nationale de recherche et innovation du plan Ecophyto partage plusieurs des priorités affichées au niveau européen, notamment en ce qui concerne le biocontrôle, les usages mineurs et le développement d'une approche système (voir [www.c-ipm.org](http://www.c-ipm.org) pour une liste complète des priorités). La participation active et directe au réseau C-IPM permettra de bénéficier des synergies induites par la mise en œuvre de projets de recherche transnationaux : transfert de solutions de protection intégrée depuis les autres Etats membres, robustesse des solutions testées sur des environnements diversifiés, plus grande efficacité des financements nationaux.