



HAL
open science

Alternatives à l'arrêt des néonicotinoïdes : éclairage du débat

Sonia Lequin, Sibylle De-Tarlé, Xavier Reboud

► **To cite this version:**

Sonia Lequin, Sibylle De-Tarlé, Xavier Reboud. Alternatives à l'arrêt des néonicotinoïdes : éclairage du débat. Innovations Agronomiques, 2023, 89, pp.1-13. 10.17180/ciag-2023-vol89-art01 . hal-04338107

HAL Id: hal-04338107

<https://hal.inrae.fr/hal-04338107>

Submitted on 12 Dec 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Alternatives à l'arrêt des néonicotinoïdes : éclairage du débat

Lequin Sonia¹, De Tarlé Sibylle¹, Reboud Xavier¹

¹ UMR «Agroécologie», Centre INRAE de Dijon, bâtiment Coste, BP 86510, 21065 Dijon cedex

Correspondance : xavier.reboud@inrae.fr

Résumé

Les néonicotinoïdes sont le symbole d'une agriculture construite sur la chimie. Malgré leur efficacité, leurs effets ont été jugés démesurément impactant, conduisant à faire disparaître des régulations biologiques et fragilisant certaines fonctionnalités utiles de l'agroécosystème. Leur retrait représente un véritable défi car dans un contexte où les critères d'évaluation des performances de l'agriculture peinent à aller au-delà de la seule dimension économique et de court terme, il n'existe pas d'alternative unique capable de substituer aussi efficacement les produits phytosanitaires retirés : il faut donc reconcevoir les systèmes dans leur globalité et envisager de combiner les leviers. Ainsi, le financement de différents projets scientifiques touchant plusieurs filières dans un appel à projets dédié « d'Ecophyto : Protection durable des cultures sans néonicotinoïdes : améliorer l'émergent et ouvrir des perspectives innovantes » a permis de faire progresser des moyens de gestion des arthropodes ravageurs ou vecteurs en mobilisant des caractéristiques variétales, des solutions de biocontrôle, des itinéraires de conduite des cultures permettant de renforcer la résilience ou d'assurer une stratégie d'évitement des situations les plus problématiques. Si on accepte que la situation « avec néonicotinoïdes » n'a plus lieu d'être considérée comme la référence, toutes ces pistes contribuent à dessiner des voies possibles d'une agriculture ouverte à la transition agroécologique. Le changement s'opérera d'autant plus vite que les agriculteurs seront accompagnés et formés pour maîtriser ces nouvelles approches, que l'amont et l'aval de l'agriculture se mobiliseront pour amplifier la démarche ou faire progresser l'efficacité des alternatives plus loin que les 20 à 40 % d'efficacité des leviers alternatifs individuels mobilisés, communément constatés actuellement.

Mots clés : insecticide, alternative, mesure préventive, agroécologie, effet partiel, impact environnemental, Ecophyto

Abstract: Alternatives to stopping neonicotinoids: spotlight on the debate.

Neonicotinoids are the symbol of a chemistry-based agriculture. Despite their efficiency, neonicotinoids' effects have been judged disproportionately impactful, leading to the disappearance of biological regulations and weakening some useful functions of the agroecosystem. The withdrawal of neonicotinoids represents a real challenge, because in a context where the criteria used to assess agricultural performance struggles to go beyond the purely economic and short-term dimensions, there is no single alternative capable of replacing the plant protection products that have been withdrawn. Effectively, systems will need to be redesigned in their entirety and a new combination of tools envisioned. For instance, the funding of a number of scientific projects in several sectors under a dedicated call for projects entitled "Ecophyto: Sustainable crop protection without neonicotinoids: improving the emerging and opening up innovative prospects" has enabled progress to be made in the management of arthropod pests and vectors by mobilising varietal characteristics, biocontrol solutions, and crop management itineraries to boost resilience or ensure an avoidance strategy for the most problematic situations. If we accept that the situation "with neonicotinoids" can no longer be considered as the benchmark, all these avenues can help to outline possible ways forward for agriculture that is open to an agroecological transition. The faster farmers are supported and trained to master these new approaches, the faster the upstream and downstream sectors of agriculture are mobilised to amplify the approach or take the effectiveness of the alternatives further than the 20-40 % efficacy of the individual alternative levers currently in use.

Keywords: insecticide, alternative, preventive measure, agroecology, partial effect, environmental impact, Ecophyto

1. Introduction

1.1 Contexte

La directive européenne 2009/128 cadre l'utilisation des produits phytopharmaceutiques (PPP) compatible avec le développement durable. La France a initié la déclinaison de la directive dans un Plan Ecophyto lancé en 2008 et visant à réduire de 50 % l'utilisation des PPP dans un délai de 10 ans, **si possible**.

Si ce premier plan a permis de démarrer plusieurs actions structurantes avec des expérimentations dédiées et des fermes pilotes (Réseau DEPHY¹), il n'a en revanche pas permis d'atteindre les résultats escomptés par la majorité des agriculteurs, avec une légère augmentation du tonnage des ventes des PPP jusque vers 2019, même si une prudente réduction s'amorce depuis².

En 2014, le plan Ecophyto II puis en 2018 le plan Ecophyto II+ sont mis en place avec le maintien de l'objectif de réduire de 50 % l'utilisation des PPP d'ici 2025 et de sortir du glyphosate. Ces plans visaient à renforcer la valorisation et le déploiement de techniques agroécologiques, qui ont fait leur preuve auprès de quelques-uns, telles que la prophylaxie, la diversification, les solutions de biocontrôle..., auprès du plus grand nombre d'exploitants, avec la création du dispositif CEPP³ et du dispositif des 30000 fermes⁴. L'accent s'est également porté sur la recherche et l'innovation dont on sait qu'elle revêt des caractères multiples. Ainsi, pour définir, piloter et mettre en œuvre la stratégie de recherche – innovation, le Comité Scientifique d'Orientation « Recherche – Innovation » (CSO R&I)⁵ est créé en 2016. Pour mettre en œuvre la stratégie, le CSO R&I et les ministères (Agriculture et souveraineté alimentaire, transition écologique et cohésion des territoires, santé et prévention, enseignement supérieur et recherche) construisent et lancent des appels à projets thématiques financés par l'Office Français de la Biodiversité (OFB) sur l'enveloppe de la taxe de redevance pour pollution diffuse appliquée aux pesticides.

En France, en 2018, la législation prévoit la sortie généralisée des néonicotinoïdes (NNI) qui représentaient, en 2008, 5,5 % du marché mondial des PPP et 24 % du marché mondial des insecticides ; pour le traitement des semences, cette part est même de 80 % (Jeschke *et al.*, 2011). Les NNI sont des substances neurotoxiques à effet insecticide marqué mais qui s'avèrent néfastes pour la santé humaine et l'environnement. Dans ce contexte, l'appel à projets « *Protection durable des cultures sans*

¹ Le réseau FERME DEPHY rassemble 3 000 exploitations agricoles engagées dans une démarche volontaire de réduction de l'usage de pesticides. Le réseau DEPHY EXPE réunit 41 porteurs de projets répartis sur environ 200 sites expérimentaux, et permet de concevoir, tester et évaluer des systèmes de culture visant une forte réduction de l'usage de produits phytosanitaires. <https://agriculture.gouv.fr/les-fermes-dephy-partout-en-france-des-systemes-de-production-performants-et-economes-en-0>

² Evolution des tonnages de ventes de PPP de 2009 à 2021 (source BNVD) <https://www.ecologie.gouv.fr/publication-des-donnees-provisoires-des-ventes-produits-phytopharmaceutiques>

³ CEPP est un mécanisme innovant, qui permet de dynamiser la diffusion des pratiques économes en produits phytopharmaceutiques pour les exploitants agricoles, tout en veillant à la performance économique des exploitations. <https://ecophytopic.fr/cepp/concevoir-son-systeme/le-dispositif-cepp-en-details>

⁴ Cette démarche d'accompagnement de 30 000 exploitations agricoles concerne des collectifs d'agriculteurs, dits groupes « 30 000 ». Outre des agriculteurs, ces groupes peuvent associer des partenaires non agricoles (aval des filières, collectivités, parcs naturels régionaux, représentants de la recherche et de la formation...). L'objectif est de diffuser les résultats obtenus sur les différentes fermes du réseau DEPHY et d'autres réseaux, et de passer du stade expérimental à une application concrète à grande échelle. <https://agriculture.gouv.fr/ecophyto-objectif-30-000-exploitations-agricoles>

⁵ La composition scientifique de ce comité est variée et réunit des compétences sur la santé, l'environnement, l'agronomie, la transition écologique, la protection intégrée mais également différents acteurs : chercheurs, praticiens, accompagnateurs, administrateurs, enseignants, médecins

néonicotinoïdes : améliorer l'émergent et ouvrir des perspectives innovantes »⁶ voit le jour. Cet appel portait l'ambition d'améliorer, étendre et fiabiliser les solutions existantes et d'explorer ou expérimenter des solutions nouvelles. Il était attendu que les projets retenus permettent d'identifier (i) l'avancement de la recherche et l'innovation sur le sujet au niveau national et international ; (ii) l'applicabilité potentielle des solutions dans différents contextes ; (iii) l'exploration de solutions novatrices dont la faisabilité n'est pas assurée ; et, (iv) la généralité des résultats grâce à des projets multisites et transdisciplinaires.

Il faut toutefois noter que cette sortie généralisée imposée par la réglementation, n'a pas laissé le temps pour une coexistence entre l'utilisation des NNI à des doses réduites et des leviers alternatifs. Ceci fait des NNI une situation relativement atypique.

1.2 Constats

Le succès des NNI a commencé dans les années 90 et a connu une croissance rapide (en 2008 ils représentaient déjà 24% de part de marché des insecticides) pour la protection des cultures, avec une utilisation généralisée par de nombreuses filières (viticulture, grandes cultures, arboriculture, cultures légumières, porte graines, cultures ornementales, forêt) contre un large spectre de ravageurs. Par leur activité systémique, les néonicotinoïdes offrent une protection prolongée et indéniablement efficace contre les ravageurs (jusqu'à 98 % d'efficacité). Ils sont, de fait, rapidement devenus incontournables pour obtenir des effets protecteurs à court terme. Leur succès leur vaut d'être utilisés de manière systématique, aussi bien en curatif qu'en préventif – sans forcément tenir compte des conditions de risque et de leurs demi-vies longues, et donc en les appliquant préventivement sans que cela soit assurément nécessaire. Durant cette période, les travaux de recherche se sont attachés à démontrer et à améliorer leur efficacité (Ichinose *et al.*, 2010), voire même dans de rares cas à les plébisciter en minimisant les effets sur les organismes non ciblés et l'environnement relativement à des pulvérisations d'insecticides réalisées sur la totalité de la surface, sol nu comme végétation (Jeschke *et al.*, 2011). De nombreux travaux plus récents, notamment sur les abeilles, montrent au contraire que le revers à cette efficacité est leur grande toxicité pour l'environnement et l'Homme comme nous le développerons un peu plus bas. L'arrêt des NNI est actuellement controversé, notamment par les acteurs des filières, car il porte le choix implicite de privilégier une protection systémique de long terme au détriment d'une protection de court terme centrée sur une culture et une saison. Il convient d'ajouter à cela des incohérences de réglementations lorsque les NNI sont interdits en agriculture mais autorisés dans les traitements des bâtiments d'élevage et dans les produits vétérinaires (antipuces pour animaux domestiques) avec des résidus qui finissent parfois par se retrouver dans la nature.

La décision d'interdiction des NNI est souvent réduite au seul fait d'effets délétères sur les abeilles. En réalité, les effets négatifs des NNI sont vraisemblablement bien plus généralisés sur une gamme étendue d'organismes cibles et non-cibles tels que les ravageurs herbivores ou détritvires arthropodes⁷ (Mabubu *et al.*, 2017 ; Panico *et al.*, 2022 ; Graciani *et al.*, 2023). La disparition de certains arthropodes utiles se traduit par une perte de services rendus non seulement au niveau de la pollinisation mais aussi de la santé du sol. En effet, les arthropodes détritvires jouent un rôle essentiel sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol en incorporant et décomposant notamment la matière organique. De plus, compte tenu de leur temps de demi-vie long, les NNI persistent dans les sols, entraînant un effet cumulatif de leur concentration lorsqu'ils sont appliqués lors d'années successives (Goulson, 2013). Plusieurs générations successives de collemboles vivant dans le sol peuvent ainsi se retrouver exposées (Van Gestel *et al.*, 2017 ; de Lima *et al.*, 2018). Ceci contribue à ce que les cycles géochimiques soient mal bouclés, par un processus affecté de dégradation de la matière organique. Dans les systèmes agricoles conventionnels, l'altération du cycle de la matière organique est facilement compensée par l'ajout

⁶ <https://ecophytopic.fr/recherche-innovation/proteger/appel-projets-ecophyto-neonicotinoïdes-2017>

⁷ Lukas Jenni & Roman Graf, Le déclin des insectivores, Wogelwarte.ch https://bit.ly/declin_insectivores

d'engrais et d'amendements masquant ainsi l'impact réel du déclin de ces arthropodes. On peut alors se demander si la disparition de cette fonctionnalité n'aurait pas au moins autant d'impact négatif sur le bon fonctionnement de l'écosystème et la contribution au changement climatique que le défaut de pollinisation.

La disparition de ces ravageurs perturbe également les réseaux trophiques. S'il n'y a plus de ravageurs, il n'y a plus d'auxiliaires. Le système naturel de régulation de la dynamique des bioagresseurs s'en retrouve fragilisé, permettant alors l'apparition de pullulations mal maîtrisées qui peuvent notamment conduire au développement de maladies à des niveaux inédits telles que les jaunisses virales touchant les céréales (Jaunisse Nanisante de l'Orge - JNO) ou les betteraves (pour lesquels on identifie 4 virus dont le redoutable *Beet Yellow Virus* - BYV).

Les NNI ont ainsi acquis une valeur symbolique d'une agriculture de mesures à effet fort, visible et immédiat dont les retombées génériques impactent durablement toutes les compartiments (eau, sol, air, vivant) et affectent le fonctionnement des écosystèmes naturels dont l'importance n'est pas aussi visible dans un système toujours plus artificialisé, et que les utilisateurs mesurent très mal.

Les néonicotinoïdes seraient également néfastes pour les mammifères y compris l'Homme. Une revue de la littérature (Cimino et al., 2017) fait état de plusieurs études qui ont démontré un lien entre une exposition chronique à cette famille de molécules et des conséquences développementales ou neurologiques défavorables. Dans son avis de 2018⁸, l'Anses s'inquiète particulièrement du cas du thiaclopride, suspecté d'être cancérigène pour l'Homme, toxique pour la reproduction et classé perturbateur endocrinien par la Commission Européenne.

Il est donc fondamental, pour que les systèmes agricoles de demain répondent au Pacte Vert⁹, dont un des objectifs est la restauration d'un état plus naturel qui permette à la biodiversité de prospérer, que les pratiques agricoles permettent (i) de rétablir une régulation naturelle des ravageurs via les relations trophiques afin de limiter le risque d'apparition de maladies ; (ii) d'améliorer la santé du sol et de maintenir sa fertilité, car un sol qui fonctionne bien libère plus d'éléments minéraux entrant dans la fertilisation et limite l'émission de gaz à effet de serre ; (iii) à la biodiversité de prospérer à nouveau (iiii) d'éviter les impacts néfastes sur la santé humaine.

Pour garantir l'avenir, il est donc primordial de ne plus se servir des NNI, notamment lorsqu'ils sont utilisés en préventif, parfois sans nécessité, et d'utiliser les solutions alternatives.

2. Solutions alternatives

Actuellement on peut classer en cinq « familles » les solutions alternatives à l'usage d'insecticides (Grégoire *et al.*, 2017) et de produits phytopharmaceutiques de manière plus générale :

- Les alternatives **biomoléculaires** telle que l'ARN interférence qui permet soit d'inhiber la transmission d'une bactérie qui provoque une maladie de la plante par un insecte vecteur, soit de diminuer le taux de survie des insectes infectés par cette bactérie et donc vecteurs de la maladie ;
- Les alternatives **physiques** comme la pose de filets qui empêche les insectes ravageurs d'attaquer les cultures, la pulvérisation d'argile blanche à la surface des feuilles pour les isoler des pontes d'insectes, la destruction des ravageurs et pathogènes par le feu, le gel, l'eau chaude,

⁸ <https://bit.ly/ansethiaclopride>

⁹ L'ambition du pacte vert européen est de devenir le premier continent neutre pour le climat en réduisant les émissions, en créant des emplois, en simulant la croissance, en luttant contre la précarité énergétique, en réduisant la dépense énergétique extérieure, en améliorant la santé et le bien-être. <https://bit.ly/pacteverteurope>

les flashes lumineux. Les agroéquipements peuvent assurer la mobilisation de ces actions physiques ;

- Les **solutions de biocontrôle** telles que le lâcher d'insectes auxiliaires, l'apport de microorganismes (bactéries, champignons, virus), la diffusion de médiateurs chimiques (phéromones), ou la pulvérisation de substances naturelles (huile de paraffine, huiles essentielles). Elles permettent d'agir directement sur les bio-agresseurs ou aident à infléchir la cinétique des populations de ravageurs ;
- Les **pratiques culturales** parmi lesquelles on peut retrouver le travail du sol, la co-culture avec des plantes appât ou de service, l'application de stratégies d'évitement ou de répulsion dont le décalage des semis, les associations de cultures suivies du tri des produits de récolte ou encore l'aménagement des composantes paysagères ;
- Le levier **génétique**, qui permet de développer des variétés de plantes peu sensibles aux ravageurs ou aux pathogènes qu'ils transmettent.

Les travaux de recherche menés jusqu'à aujourd'hui dans les appels à projets « *Protection durable des cultures sans néonicotinoïdes : améliorer l'émergent et ouvrir des perspectives innovantes* »⁴ et « *Vers des solutions opérationnelles contre la jaunisse de la betterave sucrière* », lancé en 2021 par le Plan National de Recherche et Innovation (PNRI)¹⁰, se sont attachés à étudier une diversité de leviers parmi les solutions alternatives au NNI. Certains ont été testés seuls et d'autres en combinaison. Ces leviers et leurs efficacités sont répertoriés dans le Tableau 1 ci-après.

Ces projets ont mis en évidence que tous les leviers étudiés présentent des efficacités partielles et qu'il n'est pas toujours facile de quantifier l'ampleur de leur efficacité avérée notamment dans le cas d'utilisation de barrières physiques. De plus si l'efficacité est démontrée en conditions contrôlées, elle n'est pas toujours transposable en conditions réelles et leur mobilisation présente des limites économiques ou pratiques. Par exemple, l'utilisation de bandes fleuries sera d'autant plus efficace si ces bandes sont présentes dans plusieurs bordures, car leur repérage et leur colonisation de proche en proche par les auxiliaires seront facilités. Cela nécessite donc une entente entre les agriculteurs d'un territoire pour atteindre une masse critique qui adopte la technique. Cette dimension collective de lutte reste peu développée alors que les bénéfices tirés du principe de « rendement croissant d'adoption » sont bien connus par ailleurs¹¹. Quelles stratégies pourraient être mises en place pour faciliter l'acceptation de ce levier ? Par exemple, aux Pays-Bas, depuis 1970 un paiement pour services environnementaux (PSE) et mesure agro-environnementale et climatique (MAEC) est attribué aux agriculteurs qui favorisent les changements de pratiques culturales dont l'atteinte de cette dimension collective donne droit à une surprime.

En France, il faut attendre 2007 pour la mise en place des MAEC puis le Plan biodiversité, présenté par le Premier ministre le 4 juillet 2018, où 150 millions d'euros sont consacrés à la mise en place des PSE. Depuis, des acteurs s'organisent (agriculteurs, collectivités territoriales, ONG, acteurs économiques, institutionnels, recherche) pour déployer et gérer les PSE. Leur mise en place nécessite une ingénierie-environnementale et une coordination à différents niveaux paysagers. Dans ce dispositif, les territoires et le rôle des collectivités territoriales ont une place importante (Duval *et al.*, 2019). Les résultats de recherche sont toutefois prometteurs et mettent en avant des facteurs renforçant l'efficacité de solutions déjà existantes. C'est le cas par exemple du projet **AphidInnov**¹² qui a démontré que l'installation de la lutte biologique en cultures sous abris était favorisée par l'apport précoce de parasitoïdes réellement

¹⁰ <https://www.itbfr.org/pnri/projets/>

¹¹ <https://www.multitudes.net/Les-Rendements-croissants/>

¹² Article publié dans ce numéro Le Ralec, A., Buchard, C., Floury, H., Hecker, C., Outreman, Y., Perennec, S., Postic, E., Souriau, R. (2023). AphidInnov - Des solutions biologiques adaptées pour le contrôle des populations de pucerons des cultures protégées

adaptés aux espèces cibles, la combinaison parasitoïdes - chrysopes et l'adoption de pratiques culturales spécifiques (Postic *et al.*, 2021). Ces travaux ont abouti à des solutions déjà opérationnelles et transférées sur le terrain pour contrôler les populations de pucerons sur fraisiers pour les producteurs affiliés à l'Association d'Organisations de Producteurs nationale (AOPn) Fraises de France.

De plus, beaucoup de travaux de recherche ont émergé dans la continuité de ces projets, ce qui est représentatif de la dynamique d'innovation qui est en marche.

S'affranchir du recours à la lutte chimique nécessite un changement de paradigme. En effet, on ne peut généralement pas substituer le mode d'action d'un pesticide de synthèse par une seule alternative aussi efficace : il faut donc reconcevoir l'ensemble des systèmes et envisager des combinaisons de solutions à effets partiels ou cumulatifs.

Certains travaux ont bien intégré cette nécessité de trouver des combinaisons de leviers les plus optimales. Le projet **ABCD-B**¹³ par exemple joue sur deux volets : la voie génétique -des variétés de chacune des espèces cultivées sont comparées afin de rechercher d'éventuels mécanismes de tolérance ou de résistance aux maladies à virus- et le volet biocontrôle pour lutter contre les pucerons et réduire ainsi de manière préventive la propagation des viroses dans les plantes et parcelles cultivées.

Cette combinaison de leviers a également été appliquée par le projet **AGROSEM**¹⁴ dans le cadre de DEPHY Expé qui vise à produire des semences de qualité sans pesticides. Différents leviers ont été présentés pour la gestion des adventices (rotations avec plusieurs époques d'implantation, semis sous couvert, couverts d'interculture, faux semis, désherbage mécanique et semis dense sur le rang), la gestion des maladies (variétés non sensibles, associations de cultures, fertilisation, stratégie d'évitement, biocontrôle et la gestion des ravageurs (bandes fleuries et enherbées, semis sur sol chaud, fertilisation, stratégie d'évitement, biocontrôle), le tout mobilisé dans une rotation longue et diversifiée et un environnement rendu favorable. Grâce à ce déploiement orchestré de solutions combinées, aucun produit de synthèse n'a été appliqué, avec des résultats cependant encore contrastés concernant le rendement et la faculté germinative des lots récoltés. Être en mesure de fiabiliser les résultats demeure ainsi un objectif à consolider pour que l'approche puisse être plus facilement reprise par les acteurs de terrain.

Néanmoins, la combinaison de leviers comme solution alternative aux NNI et plus généralement aux produits phytopharmaceutiques reste encore peu étudiée. Si plusieurs travaux de recherche ont abouti à produire une série de références individuelles, il manque encore souvent des 'architectes' qui apporteraient une ingénierie de solutions au travers de l'agrégation de connaissances, d'un raisonnement global et d'une évaluation des risques. Ils fourniraient des conceptions de combinaisons optimales de leviers opérationnels à effets partiels et leur pilotage dynamique en fonction des contextes locaux, et des clés méthodologiques pour instruire la cohérence de leur articulation. Un appel à projets a été lancé par le CSO R&I spécifiquement sur cette thématique¹⁵ pour enrichir les connaissances actuelles et développer des outils et solutions utilisables par les agriculteurs. L'enjeu est de penser l'assemblage : comment conceptualiser l'articulation et l'intégration entre les leviers ? Comment anticiper les meilleures synergies ? Cette analyse doit permettre d'envisager très en amont les interactions entre leviers et d'en prédire l'efficacité dans un contexte donné. Cela doit déboucher sur une mobilisation des secteurs amont et aval de l'agriculture avec, à la clé, des modèles d'affaires suffisamment robustes pour justifier de produire une offre. On peut aussi attendre que la conceptualisation débouche sur la production d'un support d'aide aux agriculteurs pour les accompagner dans la construction d'un système le plus robuste possible.

¹³ Article publié dans ce numéro Thibord J-B., Robin N., Valade R., Jacquot E., Armand T., Pichon E., Souquet M., Ruck L., Maupas F., Guerle G., Vandeputte L., Lafleurriel P., Reveillere J., Herbach M., Gironde S., Gauthier C., Vernetti P., Mignot E. Protection des céréales à paille, de la betterave et du colza contre les viroses transmises par les pucerons à l'aide de solutions de biocontrôle et variétales

¹⁴ <https://ecophytopic.fr/dephy/concevoir-son-systeme/projet-agrosem>

¹⁵ <https://bit.ly/combinerlesleviers>

Tableau 1 : Alternatives aux pesticides étudiées dans les travaux issus des appels à projets « *Protection durable des cultures sans néonicotinoïdes : améliorer l'émergent et ouvrir des perspectives innovantes* » et « *Vers des solutions opérationnelles contre la jaunisse de la betterave sucrière* » : une diversité de leviers utilisés seuls ou de façon combinée. Les projets marqués d'une * font l'objet de publications dans ce numéro spécial.

Projets de recherche (nom)	Leviers étudiés	Testés seuls	Efficacité	Testés conjointement	Efficacité
Projet ABCD_B*	Génétique : résistance variétale	x	Sur blé tendre : certaines variétés plus résistantes mais aucune de façon suffisante	x sur blé tendre	Efficacité prometteuse mais qui reste partielle
	Solutions de biocontrôle : huile de paraffine	x	50 % sur blé tendre		
	Solutions de biocontrôle : champignon	x	30 % sur betterave		
Agricoleg	Barrière physique : Bâchage 'insect proof'	x	Efficacité non démontrée		
	Pratiques culturales : auxiliaires via plantes de services	x	Efficacité possible si colonisation précoce		
	Génétique : cultigroupe	x	Pas d'efficacité démontrée		
Aphidinnov*	Solutions de biocontrôle : parasitoïdes adaptés à des cibles spécifiques	x	30 à 60 % pour les parasitoïdes sauvages	x	Efficacité augmentée selon une certaine pratique d'effeuillage
	Pratiques culturales : effeuillage				
FAST*	Pratiques culturales : semences non traitées	x	Efficacité prometteuse : rendement similaire aux semences traitées (à confirmer)		
PALPuF*	Pratiques culturales : régime de fertilisation	x	Pas d'efficacité suffisante démontrée	x	Pas d'efficacité suffisante démontrée
	Solutions de biocontrôle : stimulateur de défense	x			
	Solutions de biocontrôle : huile de paraffine	x			

IAE Betterave*	Pratiques culturales : bandes fleuries	x	Effets bénéfiques à la culture		
PNRI Betterave*	Pratiques culturales : plantes de service	x	~ 39 à 55 % sur les pucerons selon la plante; ~ 19 à 34 % sur les symptômes de jaunisse		
Plantserv*	Pratiques culturales : bandes fleuries	x	Jusqu'à 70 % selon la région et l'année		
Startaup*	Pratiques culturales : travail du sol (labour)	x	~ 45 %	x	Pas de conclusion possible, à ce stade
	Pratiques culturales : travail du sol (couvert végétal)	x	~ 70 %		
	Pratiques culturales : plantes appâts (blé)	x	~ 55 %		
	Pratiques culturales : modélisation paysagère	x	Atténuation de l'infestation des cultures par les ravageurs		
CRIOCERIS	Solutions de biocontrôle : bactérie (<i>Saccharopolyspora spinosa</i>)	x	~ 75 %		
	Solutions de biocontrôle : champignon Bâchage 'insect proof'			x	Efficacité difficile à démontrer
DefolAltPC	Pratiques culturales (défoliation) Barrières physiques : huile, kaolin sur les feuilles	x	57 % en moyenne sur Golden	x	72 à 80 % en moyenne sur variété Golden
GRABT	Solutions de biocontrôle : huiles essentielles	x	~ 50 %		
Reguleg	Pratiques culturales : plantes de services-plantes banque	x	Efficacité démontrée sur aubergine		
Stimulrav	Solutions de biocontrôle : stimulateur de défense	x	~ 35 % (Bion 50WG et le LBG01F34)		

3. Changer de paradigme

3.1 Quelle référence ?

Lorsqu'on essaie de changer de paradigme pour sortir des NNI, le nouveau système ne bénéficie logiquement pas encore de repères connus et attendus (matérialisés généralement par une perte ou un gain monétaire). Le caractère inabouti de sa cohérence peut faire l'objet d'un blocage si on ne le juge qu'à l'aune de ce qui existait avant. Or, *a priori*, il y a des bénéfices non « monétarisés » significatifs. Ainsi, comment les rendre désirables ou incontournables ?

Tant que les NNI demeureront la référence implicitement retenue par une majorité d'acteurs, alors le débat restera biaisé. En effet, les praticiens seront toujours dans l'attente d'une recette alternative prodiguant la même efficacité que les NNI, au même prix, avec la même facilité d'utilisation. Or, il n'y aura rien d'équivalent. Comme indiqué *supra*, les travaux de recherche montrent que les solutions alternatives ont des efficacités partielles (Tableau 1) et qu'il est nécessaire de combiner jusqu'à 3 ou 4 types de leviers pour atteindre un niveau d'efficacité correct. Cela produit donc un caractère insatisfaisant auprès des praticiens sur les plans de l'efficacité, du coût et de la praticité.

Si maintenant on regardait ces solutions à l'aune d'un monde où les NNI ne sont pas autorisés. Est-ce que les praticiens les accepteraient ? Ne serait-il pas toujours préférable d'avoir des solutions à effets partiels que rien du tout ?

De ce fait, la sortie des NNI fait polémique alors qu'elle devrait plutôt être le modèle de ce que devraient être des systèmes agroécologiques : des systèmes résilients, sobres, aux bénéfices associés (fertilité des sols, pollinisation...). On pourrait donc se saisir de cette opportunité pour renforcer la reconnaissance de leurs performances non directement marchandes (diminution de la pollution et des maladies, préservation des écosystèmes et de la biodiversité). Une qualification suivie d'une quantification du degré d'« agroécologisation » serait bienvenue car cette reconnaissance pourrait alors s'inscrire dans le cadre d'une réglementation et/ou d'une labellisation. Toutefois, il ne faudrait pas que la multiplicité des labels (Label Rouge, AB, HVE, AOP, IGP) perde le consommateur en créant des controverses comme c'est le cas actuellement pour le label HVE¹⁶. Déjà, plus d'un français sur deux se montre sceptique sur les pratiques de contrôle mises en œuvre par les organismes de labellisation et déclare ne pas avoir suffisamment d'informations sur l'impact environnemental et la santé, sur la réglementation, sur le contrôle et l'origine des produits¹⁷. Or, la confiance, avant même la connaissance, est primordiale dans l'acte d'achat de produits biologiques par les consommateurs (Hvarregaard Thorsøe *et al.*, 2016 ; Nuttavuthisit et Thøgersen, 2017). De plus, des études internationales montrent que l'utilisation des informations figurant sur les étiquettes des produits alimentaires dépend du niveau socio-économique, du niveau d'éducation, de l'activité professionnelle, du genre et du comportement alimentaire des consommateurs (Sousa *et al.*, 2020).

Aujourd'hui, il manque des produits qui soient adossés à un cahier des charges de conduites, identifiables par le consommateur comme étant des produits respectant un mode de production aligné sur les ambitions du Pacte Vert européen. Cependant, dans le système actuel, ces produits seraient, sans doute, vendus plus cher car le mode de production ne permet pas encore d'atteindre un volume suffisant pour faire diminuer les coûts de production, fixes notamment, et faire des économies d'échelles ou encore la concurrence n'est pas suffisante. Ces produits rencontreront donc des marchés de niche non accessibles à toute la population.

¹⁶ <https://www.lsa-conso.fr/agriculture-le-label-hve-remis-en-cause,430984>

¹⁷ <https://www.agencebio.org/wp-content/uploads/2019/02/AgenceBio-DossierdePresse-Barometre2019.pdf>

3.2 Mobilisation des parties prenantes

Ce changement de paradigme pour une sortie assumée des NNI doit conduire à des choix sociétaux qui n'incombent pas seulement aux agriculteurs mais à toutes les parties prenantes avec une approche globale de réduction d'utilisation des produits phytopharmaceutiques. Un appel à projets de recherche a été lancé par le CSO R&I en ce sens¹⁸. Par exemple, comment encourager les agriculteurs à utiliser des méthodes préventives, qui font encore largement défaut, plutôt que curatives ? Si on appliquait au pied de la lettre la directive européenne 2009/128, les actions curatives ne devraient être utilisées qu'en dernier recours. Comment instaurer une forme de reconnaissance de cette démarche par les consommateurs ? Quels compromis trouver en termes de performance de production : comment couvrir une baisse (passagère) de rentabilité pour l'agriculteur ? Comment partager la responsabilité de la prise de risque ? L'approche globale est donc une démarche qui lie les agriculteurs par leurs pratiques culturales, les citoyens, les territoires et les filières par leurs actes de soutien et d'achat.

On sait que tous les ménages ne sont pas égaux face au prix de l'alimentation et cela a des implications sur la santé humaine (Combris, 2006 ; Cavaillet *al.*, 2014). On peut constater de surcroît qu'une part de la facture de l'eau vise précisément à lutter contre les pollutions induites par certaines pratiques agricoles. Il y a donc à la fois des ramifications dans les modalités de consommation et d'autres dans de possibles reports de dépenses, ce qui coûte plus cher d'un côté pouvant être partiellement économisé de l'autre sur le financement de la santé ou le maintien en l'état des ressources.

La recherche est aussi un levier de ce changement au travers des projets qui visent, entre autres, à étudier ces approches globales¹⁹ et renforcer l'épidémiologie²⁰ pour faire pencher la balance vers plus d'actions préventives ou encore à trouver des solutions pour compenser la prise de risque des agriculteurs.

La recherche permet également d'aider à évaluer et à construire les politiques publiques qui ont la responsabilité de définir des stratégies collectives, de mettre en œuvre ou non les solutions alternatives pour sortir des pesticides, politiques jugées aujourd'hui insuffisantes¹⁸.

3.3 L'éducation

Nous venons de voir que les choix nous incombent à tous. Afin de faire des choix éclairés, l'éducation joue un rôle essentiel. Elle doit intervenir et se renforcer à plusieurs niveaux :

- Dans l'enseignement agricole, dès le lycée, pour permettre aux apprenants d'aborder la question de la sortie des PPP avec les pistes de solutions. Cela soulève cependant de nombreuses interrogations, à la fois du côté des enseignants, sur leur formation et leur posture pour pouvoir créer un apprentissage adapté, et du côté des apprenants sur leurs représentations et conceptions. Ceci est bien documenté dans l'article de Peltier dans ce numéro²¹.
- Auprès des professionnels agricoles. Le rôle d'accompagnement est central. Il est primordial de prendre du temps de formation et d'échanges entre pairs sur les « nouvelles » références à produire dans le cadre d'une réduction des PPP, en impliquant aussi les lycées agricoles et l'enseignement supérieur. Une conduite du changement doit être mise en place pour accompagner et outiller les (futurs) acteurs sur le terrain.

¹⁸ Appel à projets de recherche "Pour et sur l'engagement des parties prenantes dans les filières et les territoires pour appuyer et valoriser la réduction de l'usage et des impacts des produits phytosanitaires". <https://bit.ly/ecophytopartiesprenantes>

¹⁹ <https://bit.ly/approchesglobales>

²⁰ <https://bit.ly/epidemiologie>

²¹ Peltier, C. (2023) Enseigner-apprendre la réduction des produits phytosanitaires de synthèse

- Auprès des accompagnants qui délivrent leurs conseils aux professionnels agricoles.
- Auprès de l'ensemble de la population. La croissance de l'urbanisation a eu comme corolaire une distanciation du consommateur avec ce qu'il mange. Dès le plus jeune âge, des enseignements adaptés sur les bases de l'agriculture et de notre alimentation, comment et où elle est produite pourraient être dispensés à tous. Cela devient même indispensable. En effet, d'après la définition de la loi proxémique établie par deux psychologues français Abraham Moles et Elisabeth Rohmer en 1973, l'homme a une tendance naturelle à accorder plus d'importance à ce qui est proche de lui qu'à ce qui s'en éloigne²². Ainsi plus nous nous sentirons proches de ce que l'on ingère, plus nous porterons une attention particulière à la façon dont cela est produit. La connaissance par l'enseignement devra contribuer à pallier cette distanciation. Une attention particulière pourrait être portée sur les personnes à faible niveau d'éducation qui est souvent en corrélation avec un faible niveau de revenus, lui-même corrélé avec une limitation des choix alimentaires.

La recherche peut permettre d'aider à développer de nouveaux outils pédagogiques, de nouvelles formes d'apprentissage, à comprendre les différents freins et verrous ou au contraire identifier les leviers sur lesquels s'appuyer pour déployer les solutions technologiques. C'est pourquoi il est essentiel de promouvoir l'interdisciplinarité entre les sciences biologiques, les Sciences Humaines et Sociales (SHS) et les sciences de l'éducation, voire de décroiser encore davantage en associant aussi la psychologie ou les sciences politiques, par exemple.

4. Conclusion

Pour réussir la transition, sortir des NNI et autres pesticides, tous les acteurs se retrouvent à être impliqués.

La recherche a un rôle de production de connaissances, de références et d'outils au service des décideurs publics, ainsi que de transmission auprès des professionnels et du grand public. Également, il faut sans doute plus systématiquement mobiliser les connaissances utilisables directement (l'approche ASIRPA – Analyse des impacts sociétaux de la recherche - montre un délai de 20 ans en moyenne entre l'engagement dans une recherche et la production des premiers impacts²³) notamment en associant les acteurs de l'ingénierie (institut techniques, entreprises...). Il faut encore progresser dans l'étude des solutions alternatives notamment sur la combinaison de leviers qui trouverait une application satisfaisante par les praticiens sur les plans de l'efficacité, du coût et de la praticité, ce qui actuellement n'est pas encore le cas. C'est là leur ressenti individuel et il diffère de l'intérêt général qui considère que les défauts des NNI excèdent de beaucoup l'intérêt de leur utilisation. Il faut donc aussi innover dans les démarches publiques pour que les intérêts particuliers des producteurs et des filières soient alignés sur l'intérêt général. Bien qu'il y ait urgence, il faut accepter qu'avant de voir se concrétiser des résultats, du temps est nécessaire pour retrouver des équilibres biologiques ou adapter les marchés. Ce temps difficilement compressible peut être mis à profit pour la phase de préparation et de concertation entre acteurs, à mobiliser dans une approche participative et d'accompagnement.

Soulignons enfin que renforcer des recherches inter- et transdisciplinaires permettra de mieux appréhender la complexité des interactions entre les phénomènes qui sont en jeu dans la sortie des pesticides (pratiques agricoles, modèles d'affaires, éducation, représentations sociales, réglementation, santé environnementale, humaine et animale, politiques publiques, habitudes de consommation...).

²²Définition de la loi proxémique par Abraham Moles et Elisabeth Rohmer : « Fondamentalement, axiomatiquement, ce qui est proche est, toutes choses égales d'ailleurs, plus important que ce qui est loin, qu'il s'agisse d'un événement, d'un objet, d'un phénomène ou d'un être ».

²³<https://www.inrae.fr/dossiers/evaluer-limpact-societal-recherches-dinrae-methode-asirpa/ouvrir-boite-noire-limpact-societal-recherches-methode-asirpa>

Rendu des projets réunissant des contributions des projets scientifiques d'Ecophyto et du Plan National de Recherche et Innovation-betterave avec, selon les projets, les soutiens financiers de l'OFB, INRAE et de l'ITB

ORCID des auteurs

<https://orcid.org/0000-0001-6430-153X>

Déclaration d'intérêt

Les auteurs ne déclarent pas de conflit d'intérêt.

Remerciements

Ce travail a bénéficié des discussions conduites au sein du Comité Stratégique d'Orientation Recherche & innovation (CSO RI) d'Ecophyto II+

Déclaration de soutien financier

Les auteurs ont bénéficié d'une enveloppe de l'OFB destinée à l'animation de l'axe Ecophyto RI du plan Ecophyto II+.

Références bibliographiques

Cavaillet F., Castetbon K., César C., Chaix B., Charreire H., Darmon N., De Saint Pol T., Lang, T., Romon M., Singh-Manoux A. et al., 2014. Inégalités sociales de santé en lien avec l'alimentation et l'activité physique, Expertise collective, Les éditions INSERM, 91 p.

Cimino A.M., Boyles A.L., Thayer K.A., Perry M.J., 2017. Effects of Neonicotinoid Pesticide Exposure on Human Health: A Systematic Review. *Environmental Health Perspectives* 125, 155-162.

Combris P., 2006. Le poids des contraintes économiques dans les choix alimentaires. *Cahiers de nutrition et de diététique* 41, 279-284.

Duval L., Martin I., Dupraz P., Pech M., Binet T., Colle A., 2019. Guide à destination des services de l'État et de ses opérateurs : déployer des paiements pour services environnementaux en agriculture. Étude réalisée pour le ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation. <https://agriculture.gouv.fr/telecharger/113498?token=8b941311e92f2697d25d356559ba84031aedc9f27bea290078d79a1c27cce3ac>

Goulson D., 2013. An overview of the environmental risks posed by neonicotinoid insecticides. *Journal of Applied Ecology* 50, 977-987.

Graciani T. S., Bandeira F. O., Cardoso E. J. B. N., Alves P. R. L., 2023. Influence of temperature and soil moisture on the toxic potential of clothianidin to collembolan *Folsomia candida* in a tropical field soil. *Ecotoxicology*, 1-11.

Hvarregaard Thorsøe M., Christensen T., Klitgaard Povlsen K., 2016. "Organics' are good, but we don't know exactly what the term means!" Trust and knowledge in organic consumption. *Food Culture & Society* 19, 681-704.

Ichinose K., Bang D.V., Tuan D.H., Dien L.Q., 2010. Effective use of neonicotinoids for protection of citrus seedlings from invasion by *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). *Horticultural Entomology* 103, 127-135.

Jeschke P., Nauen R., Schindler M., Elbert A., 2011. Overview of the status and global strategy for neonicotinoids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 59, 2897-2908.

Lamine C., & Chiffolleau Y., 2016. Reconnecter agriculture et alimentation dans les territoires : dynamiques et défis. *Pour* 232, 225-232.

De Lima E Silva C., Mariette J., Verweij R. A., van Gestel C. A., 2018. Assessing the toxicity of thiamethoxam, in natural LUFA 2.2 soil, through three generations of *Folsomia candida*. *Ecotoxicology* 27, 764-771.

Grégoire, J. C., Miret, J. A. J., González-Cabrera, J., Heimbach, U., Lucchi, A., Gardi, C., ... & Koufakis, I. (2017). Protocol for the evaluation of data concerning the necessity of the application of insecticide

active substances to control a serious danger to plant health which cannot be contained by other available means, including non-chemical methods. EFSA Supporting Publications, 14(4).

Mabubu J.I., Nawaz M., Cai W., Zhao J., He Y., Hua H., 2017. Ecotoxicity of the neonicotinoid insecticides imidacloprid and thiacloprid to the soil-dwelling arthropod *Folsomia candida* (Collembola). *Journal of the Kansas Entomological Society* 90, 323–333

Nuttavuthisit K., Thøgersen J., 2017. The importance of consumer trust for the emergence of a market for green products: The case of organic food. *Journal of Business Ethics* 140, 323-337.

Panico S. C., van Gestel C. A., Verweij R. A., Rault M., Bertrand C., Barriga C. A. M., ... Pelosi C., 2022. Field mixtures of currently used pesticides in agricultural soil pose a risk to soil invertebrates. *Environmental Pollution* 305, 119290.

Postic E., Outreman Y., Derocles S., Granado C., Le Ralec A., 2021. Genetics of wild and mass-reared populations of a generalist aphid parasitoid and improvement of biological control. *Plos One* 16, e0249893.

Sousa L.M.L., Stangarlin-Fiori L., Costa E.H.S., Furtado F., Medeiros C.O., 2020. Use of nutritional food labels and consumers' confidence in label information. *Revista de Nutrição*, 33:e190199. <https://doi.org/10.1590/1678-9865202033e190199>

van Gestel C. A. M., De Lima E Silva C., Lam T., Koekkoek J. C., Lamoree M. H., & Verweij R. A., 2017. Multigeneration toxicity of imidacloprid and thiacloprid to *Folsomia candida*. *Ecotoxicology* 26, 320-328.



Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-NC-ND 4.0)

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue *Innovations Agronomiques* et son DOI, la date de publication.