

Compte-rendu du workshop ENI-BC+

Financé par le métaprogramme SuMCrop

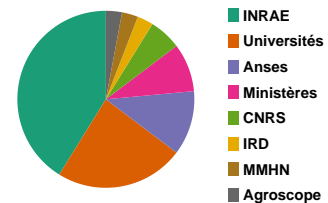
Année 2022

L'objectif de notre réseau est de **structurer une communauté de recherche** multidisciplinaire autour de l'étude des **Effets Non-Intentionnels** (ENIs) des techniques et pratiques de protection des cultures, de l'élevage, et de gestion des maladies à vecteurs (BC+).

1 Déroulement

Le **séminaire 2022** s'est déroulé du **04 au 07 octobre 2022** en Avignon, le lieu idéal pour une rencontre qui visait l'établissement de **ponts entre le monde académique et la décision publique**.

Le séminaire a accueilli **35 participant·e·s** de différentes tutelles (cf. ci-contre) et de multiples disciplines. **70% des participant·e·s provenaient des sciences biologiques** (i.e. biologie, agronomie, écologie, entomologie, écotoxicologie, sciences vétérinaires, chimie) pour environ **15% des participant·e·s issu·e·s des sciences humaines et sociales** (i.e. sociologie, économie et linguistique) et **15% étaient des agent·e·s des organismes décisionnaires** (e.g. Anses, Ministère).



Chaque jour, le séminaire alternait présentations scientifiques et ateliers animés avec des techniques d'intelligence collective.

2 Présentations

Les présentations scientifiques proposées répondaient à différentes ambitions : (i) faire un point sur les avancées du réseau depuis le workshop 2021 ; (ii) faire du lien avec des dispositifs existants ; (iii) stimuler la recherche et les échanges autour de la question des ENIs à l'aide de présentations de projets et de résultats divers.

2.1 Projets financés ou orchestrés par le réseau

- Antagonismes et synergies des méthodes de lutte contre les ravageurs des cultures [M. Beneat]. Ce master, financé par le réseau et coencadré par T. Spataro et L. van Oudenhove, a permis l'élaboration du projet CACOLAC (Cadre COncceptuel pour l'analyse de combinaisons de Leviers Agroécologiques). CACOLAC est lauréat de l'AAP EcoPhyto recherche & innovation 2022.
- Stratégies de biocontrôle et barrières épistémiques : analyse des enjeux scientifiques et réglementaires [A. Mazé & L. Roy] (master environné financé par le réseau)
- Présentation de la classification matricielle des stratégies de protections et de leurs effets [A.-V. Lavoit & N. Ris] (travail collectif de "l'équipe matrice")

2.2 Lien avec certains dispositifs existants

- Améliorer les approches réglementaires d'évaluation des risques à la Direction des Produits Réglementés de l'Anses [A. Duboisset]

- Présentation du réseau 500 ENI [V. Dupuy]
- Dispositif National de PhytoPharmacoVigilance [O. Yamada]

2.3 Projets et résultats des participant·e·s

- Effets non intentionnels (réels ou potentiels) des stratégies de biocontrôle sur les pollinisateurs [F. Démares]
- Effets de l'exposition aux fongicides sur la reproduction chez *Apis mellifera* : une étude intégrative [F.-J. Richard]
- Développement d'outils basés sur des approches -omiques pour évaluer le devenir et l'impact environnemental de biopesticides [M.-V. Salvia]
- Efficacité et durabilité des stratégies de gestion basées sur la manipulation des préférences : une approche évolutive [B. Facon]
- Point sur l'implication de *Bacillus cereus* et *Bacillus thuringiensis* dans les intoxications alimentaires en France [M. Bonis]
- Résistance du carpocapse des pommes au virus de la granulose [M. Siegwart]
- Effets Non Intentionnels d'une méthode de lutte par exclusion [B. Gauffre]

3 Ateliers

3.1 Matrice conceptuelle entre les stratégies de protections et leurs effets par Anne-Violette Lavoit et Nicolas Ris

La matrice conceptuelle est un travail de synthèse amorcé lors du workshop 2021. L'objectif est d'identifier et de comparer les effets attendus (efficacité de la stratégie de régulation sur les organismes cibles ainsi que sur l'organisme à protéger) et inattendus (tout autre effet non ciblé) engendrés par les différentes stratégies de régulation des ravageurs. Cette matrice est étendue aux problématiques associées à la protection des cultures et à l'élevage.

La première étape consiste à répertorier et catégoriser les différents leviers de régulation des ravageurs ainsi que les différents types d'ENIs. Cette première étape a été entamée et développée par l'*équipe matrice* au cours de l'année 2022. Une première version de la catégorisation de leviers a été proposée et confrontée au consortium du PPR Cap0phyto. Elle fera l'objet d'une publication qui sera élaborée lors de la retraite d'écriture prévue en mars 2023 dans la continuité du projet.

La deuxième étape consiste à remplir cette matrice. Quels effets attendus ou inattendus et pour quel levier de régulation ? L'objectif de l'atelier proposé lors du workshop 2022 était de tester et d'optimiser la pertinence des catégories définies ainsi que des indicateurs choisis. Les participant·e·s étaient guidé·e·s dans une grille de réponse qui croisait leviers de protection et types d'ENIs. Chacun·e se prononçait individuellement sur les effets associés en précisant son niveau d'expertise. Les retours de cet atelier révèlent un grand intérêt pour ce travail de synthèse. Les questions, remarques et critiques des participant·e·s ont permis de faire évoluer la grille, les catégories et les indicateurs. Ces pistes de réflexion permettront de nourrir les travaux de l'*équipe matrice*. La retraite d'écriture de mars 2023 permettra également d'identifier une stratégie de remplissage de la matrice la plus efficace possible en sollicitant les expert·e·s des différents leviers et des différents effets.

A plus long terme, la troisième étape consistera à utiliser les informations rassemblées dans la matrice pour appréhender le type de risque engendré (e.g. en terme de probabilité et d'impact) en interrogeant un public élargi sur les effets (intentionnels ou non) des différents leviers. L'analyse des réponses d'un public "expert" permettra d'établir un panorama de l'état actuel des connaissances. Les réponses d'un public "non-expert" seront de bons indicateurs sur les préoccupations des personnes interrogées. Une version simplifiée de la matrice pourrait donc devenir un outil pertinent pour les ateliers de recherche-action.

3.2 Effets Non-Intentionnels des effets nuls en biocontrôle par Armelle Mazé et Lise Roy - invitée : Sara Bosshardt

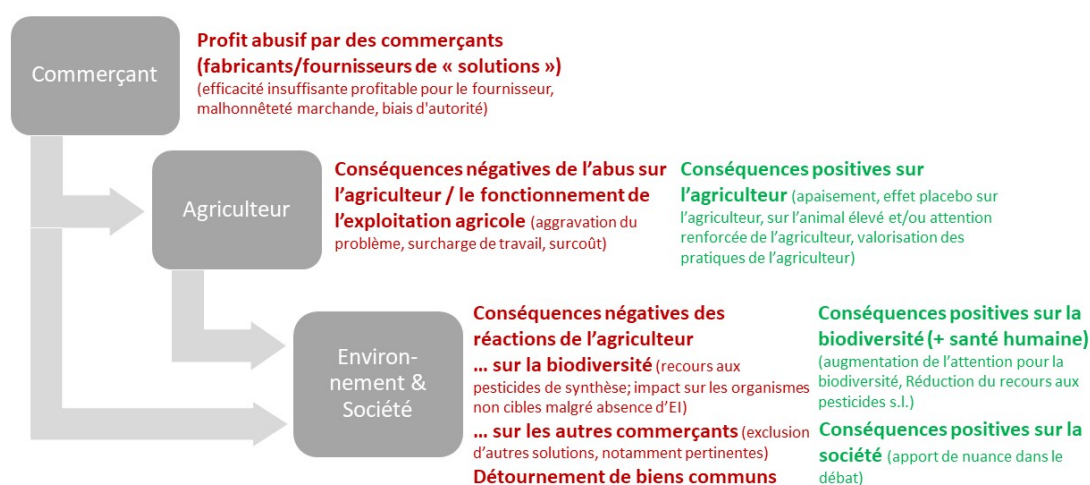
Contexte et problématique Dans certaines situations, les effets intentionnels des solutions de biocontrôle sont incertains, non pas simplement en raison du manque de connaissance ou de maîtrise des processus, mais également en raison de l'absence d'efficacité réelle et prouvée des solutions proposées. Une décrédibilisation des stratégies de biocontrôle peut en découler. Nous considérons ici cette décrédibilisation comme un effet non intentionnel socio-économique. Afin d'anticiper le risque de décrédibilisation du biocontrôle, nous avons cherché à récolter des éléments de réponse à la question suivante : Quels équilibres trouver entre besoin d'évaluation de l'efficacité de ces solutions, avec leur coût, et risques de décrédibilisation ?

Déroulé L'atelier a consisté en trois sessions successives de travaux participatifs (env. 12 participant-e-s chacune). Chaque session a été introduite par une synthèse de la littérature économique des années 60-70 sur les mécanismes de marché générés par une incertitude sur la qualité des produits. Cette théorie a été illustrée par trois exemples de solutions de biocontrôle dont l'efficacité n'a pas été démontrée (notamment sur le terrain). Pour ces trois cas d'étude, la dimension commerciale de la solution de biocontrôle était variable. Les participant-e-s ont ensuite réfléchi successivement aux trois questions suivantes en sous-groupe (environ 3 personnes) avant restitution collective.

1. Quels sont les exemples d'effets intentionnels nuls (ou quasi nuls) les plus marquant que vous avez rencontrés ?
2. Au-delà de l'inefficacité, quels problèmes ces effets posent ou ne posent pas ?
3. Quelles thématiques de recherche proposer en vue d'une amélioration ?

Grandes lignes des résultats obtenus L'absence d'effets intentionnels de solutions de biocontrôle apparaît associée à des ENI négatifs hétérogènes, pour beaucoup situés dans une cascade d'effets reliant les parties prenantes : commerçants → agriculteurs → environnement & société (cf. ci-dessous). Certains ENI négatifs pourraient cependant être "tamponnés" par l'existence d'ENI positifs associés à la perception (apaisement de l'agriculteur, attention renforcée (de l'agriculteur sur son cheptel, de la société sur la biodiversité), valorisation des pratiques de l'agriculteur) et la dialectique (apport de nuance dans le débat), selon le niveau de dommages associés au problème considéré.

Résumé des réponses à la question 2 : Au-delà de l'inefficacité, quels problèmes ces effets posent ou ne posent pas ?



Les thématiques de recherche proposées à l'issue des ateliers mettent largement en avant la nécessité d'amélioration de l'évaluation des effets intentionnels, dans toute sa complexité. Certaines des propositions prioritaires encourageant aussi à valoriser les résultats négatifs et à croiser les disciplines.

3.3 Microorganismes des macroorganismes de biocontrôle par Simon Fellous

Contexte Lors de cet atelier, les participant-e-s étaient amené-e-s à réfléchir collectivement aux microorganismes associés aux macroorganismes de biocontrôle (MIMAs). L'atelier partait du constat que tous les macroorganismes de biocontrôle, à savoir principalement des arthropodes, sont associés à des bactéries, champignons, protozoaires ou virus. Ces microorganismes, communément désignés comme symbiontes ou microbiote, sont souvent invisibles et négligés.

Les participant-e-s ont identifié des cas concrets et théoriques dans lesquels ces MIMAs peuvent présenter un risque pour l'environnement ou la santé humaine, comme des opportunités pour contrôler les dégâts. Les propriétés évolutives des microorganismes, évolution rapide et transfert de gènes entre espèces ont été soulignées. Deux cas généraux ont été identifiés. Il convient de distinguer (i) les introductions de macroorganismes exotiques dont certains MIMAs peuvent être absents de l'aire d'introduction, et (ii) les cas où la densité d'un macroorganisme déjà présent est augmentée ou diminuée. Dans le premier cas, l'irréversibilité de l'introduction des MIMAs peut inciter à une prudence supérieure. Si un risque pour la santé humaine était pressenti, des précautions élevées pourraient être justifiées.

La complexité des systèmes écologiques, et les nombres élevés d'organismes impliqués (micros comme macroorganismes) rend impossible la prédiction exhaustive des effets liés à l'usage de macroorganismes de biocontrôle. Par conséquent, cette incertitude constitutive du travail sur le vivant et amplifiée par la diversité des MIMAs, impose d'associer l'action à son évaluation soutenue dans le temps (i.e. suivis de terrain). À noter que les MIMAs peuvent avoir des effets bénéfiques comme néfastes sur les compartiments écologiques considérés. Cette valuation dépend des valeurs et perceptions des multiples acteurs concernés.

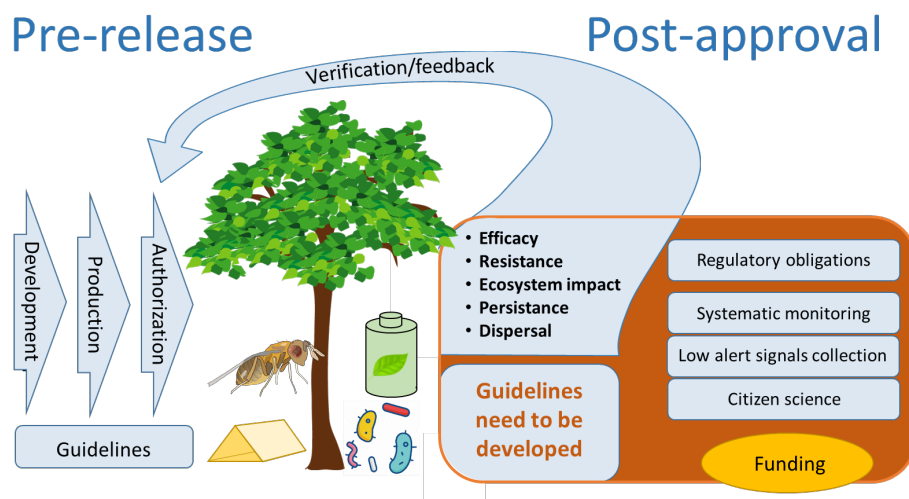
Risques Afin de se prémunir des risques, il a été évoqué de nettoyer (i.e. axeniser) autant que possible les animaux et plantes importés, comme cela a déjà lieu pour le transfert de matériel végétal. Cette mesure n'est possible que dans certains cas, tous les macroorganismes ne peuvent survivre sans leurs symbiontes. Et certains pathogènes intracellulaires ne peuvent être éliminés ainsi. Puisqu'il semble aujourd'hui techniquement impossible de se prémunir intégralement de l'introduction de nouveaux MIMAs, le rôle des suivis post-introduction a été souligné. Pour cela, l'usage de méthodes "omics" qui permettent de suivre simultanément de grands nombres de taxons est suggérée.

Opportunités Les MIMAs, naturels ou artificiellement associés aux macroorganismes représentent également une opportunité. En effet les hôtes peuvent devenir vecteurs de microorganismes utiles. C'est le modèle de l'entomovectoring, déjà déployé au travers de *Flying doctors* (bourdons vecteurs de microorganismes qui protègent les fleurs de MSTs) et en étude au travers du Boosted-SIT. De plus, les MIMAs pourrait permettre de manipuler directement, ou non, le phénotype de leurs hôtes les rendant plus efficaces ou moins nuisibles, selon les cas. Ces approches portent néanmoins l'inconvénient que les microorganismes évoluent plus vite que les macroorganismes, l'apparition de résistances serait alors accélérée.

Enjeu réglementaire Aujourd'hui, la réglementation est aveugle aux MIMAs. Faut-il la modifier ?

Un consensus a émergé lors des échanges. En l'absence de données et d'études pluridisciplinaires dédiées il est trop tôt pour changer la réglementation. Car, au-delà des projections théoriques et d'exemples avérés, les observations systématiques sont absentes. Reformuler le cadre réglementaire risquerait d'avoir un effet contre-productif : le ralentissement du retrait de produits phytosanitaires aux effets néfastes avérés en raison d'inquiétudes non documentées. Une suggestion a toutefois été formulée, celle de décrire systématiquement les microbiotes associés aux macroorganismes lors de demande d'introduction dans l'environnement. Cela créerait des données historiques utiles aux suivis post-introduction.

3.4 Surveillance post-homologation par Jana Collatz et Christophe Plantamp



Dans cet atelier, les participant·e·s ont été invité·e·s à identifier les enjeux prioritaires à propos de la surveillance post-homologation des pratiques de biocontrôle en adoptant le point de vue de différentes parties prenantes. La synthèse des visions des participant·e·s permet de regrouper les priorités en quatre catégories : enjeux économiques, contraintes d'utilisation, risques environnementaux (y compris pour les humains) et enjeux sociétaux (Tableau 1).

TABLE 1 – Priorités mentionnées par les participant·e·s, séparées en différents enjeux (en noir : première et deuxième priorités, en bleu : ordre de priorités inférieures)

Economie	Utilisation	Risque environnemental	Sociétal
Rentabilité	Compatibilité entre pratiques	Santé humaine	Acceptabilité
Production de masse	Efficacité	Toxicité-Ecotoxicité	Terminologie juridique
Qualité des produits	Résistances	Présence dans alimentation	Opinion du grand public
Satisfaction des agriculteurs	Facilité d'usage	Effets sur non-cibles	Changement des pratiques
Prix par consommateurs	Evolution des souches	Nuisance des invasions	Perception par les riverains
Disponibilité de la ressource	Conditions de travail	Persistence/rémanence	Aspects esthétiques (paysage)
Publicité/marketing/image		Interaction micro-macro-organismes	Transmission des compétences
Besoin du marché			

D'après les participant·e·s, la hiérarchie des priorités différerait selon les parties prenantes (Tableau 2). Les principales priorités des entreprises privées seraient la rentabilité, le suivi de la résistance et de l'efficacité. Les priorités des agriculteurs seraient comparables avec une vigilance supplémentaire concernant la compatibilité entre les pratiques. Les agences d'autorisation se concentreraient plutôt sur l'écotoxicologie et la santé humaine, de la même manière que le grand public qui s'inquiéterait aussi de la question du coût. La communauté scientifique serait concentrée sur des sujets plus divers, avec une certaine préférence pour les sujets liés aux risques. Les enjeux sociétaux ne seraient importants que pour les agences d'autorisation et la communauté scientifique.

TABLE 2 – Principales priorités (2 groupes de travail par technique de biocontrôle), regroupées en fonction de la partie prenante et de la technique de biocontrôle (code couleur du tableau 1)

	Biopesticides		Microorganismes		Macroorganismes		Médiateurs chimiques	
Entreprises privées	Rentabilité	Efficacité	Résistances	Santé humaine	Satisfaction des agri	Rentabilité	Satisfaction des agri	Efficacité
	Rentabilité	Production de masse	Résistances		Rentabilité	Rentabilité	Résistances	Persistence/rémance
Scientifiques académiques	Effets sur non-cibles	Acceptabilité	Interaction micro-macro	Efficacité	Effets sur non-cibles	Effets sur non-cibles	Effets sur non-cibles	Résistances
	Efficacité	Santé humaine	Toxicité-Ecotoxicité	Evolution des souches	Résistances	Changement des pratiques	Persistence/rémance	Effets sur non-cibles
Agents d'autorisation	Terminologie juridique	Santé humaine	Toxicité-Ecotoxicité	Toxicité-Ecotoxicité	Effets sur non-cibles	Effets sur non-cibles	Toxicité-Ecotoxicité	Toxicité-Ecotoxicité
	Santé humaine		Résistances	Opinion du grand public	Santé humaine	Santé humaine	Effets sur non-cibles	Résistances
Agriculteurs	Rentabilité	Compatibilité entre pratiques	Compatibilité entre pratiques	Résistances	Rentabilité	Efficacité	Efficacité	Rentabilité
	Rentabilité	Santé humaine	Résistances	Toxicité-Ecotoxicité	Rentabilité	Efficacité	Facilité d'usage	Compatibilité entre pratiques
Grand public	Santé humaine	Santé humaine	Toxicité-Ecotoxicité	Toxicité-Ecotoxicité	Nuisance des invasions	Rentabilité	Toxicité-Ecotoxicité	Toxicité-Ecotoxicité
	Qualité des produits		Présence dans alimentation	Effets sur non-cibles	Rentabilité	Qualité des produits	Effets sur non-cibles	

Ces résultats reflètent l'opinion des participant-e-s à l'atelier. Ils peuvent néanmoins constituer un point de départ précieux pour une analyse plus approfondie des attentes des parties prenantes en matière de surveillance post-homologation des pratiques de biocontrôle.

3.5 Relier techniques de biocontrôle et effet sur l'organisation sociale par Manuel Boutet, Armelle Mazé et Aura Parmentier-Cajaiba

Lors de cet atelier, les participant-e-s étaient réuni-e-s en petits groupes (3-4 personnes). Après un exposé rapide fournissant quelques exemples de ce qui est entendu par « organisation sociale », chaque groupe était invité à choisir dans l'expérience de ses membres, deux cas contrastés de déploiement d'innovations de biocontrôle. Les cas exposés étaient confrontés aux questions des autres membres. Le groupe devait ensuite réfléchir à l'organisation sociale de ces cas, la schématiser graphiquement, et réfléchir aux évolutions possibles. Une restitution de fin d'atelier croisait les réflexions de chaque groupe ainsi qu'une discussion collective.

Le déroulement assez simple de cet atelier permettait que la participation soit facile. Le terme « organisation sociale » avait été choisi parce qu'il était assez général et consensuel. L'adhésion des participant-e-s a permis d'atteindre les objectifs poursuivis :

1. Proposer aux participant-e-s, notamment ceux non familier-e-s des sciences sociales, de s'essayer à une réflexion sur les dimensions organisationnelles et sociales du secteur a permis de prolonger le travail interdisciplinaire collectif en direction des sciences sociales au-delà des présentations formelles de résultats. Ce type d'exercice semble essentiel pour faciliter le montage de projets interdisciplinaires au sein du réseau.
2. Évaluer les contours de ce que savent et ce que ne savent pas les participant-e-s sur l'organisation de domaines dont ils et elles sont spécialistes. Il est à noter que la discussion était facilitée par la présence dans les groupes de chercheur-e-s expérimenté-e-s, qui avaient constaté sur le terrain l'importance pour le succès du déploiement des techniques de biocontrôle, des collaborations avec des acteurs très variés. Certain-e-s chercheur-e-s plus jeunes découvraient parfois à cette occasion cette dimension du métier. Un atelier tel que celui-ci permet ainsi de faire émerger des compétences collectives.
3. Collecter des cas intéressants. Certes, la présence d'un modèle hégémonique a été confirmée, où le déploiement prend la forme d'un produit contrôlé par une entreprise unique. Néanmoins, en invitant à la comparaison de cas contrastés, ce sont de nombreuses autres configurations qui ont émergées et été décrites, certaines très originales. Cette palette de cas fait actuellement l'objet d'une élaboration plus avancée par les organisateur-ice-s.

4 La suite

4.1 Groupes de travail

- L'**équipe matrice** (T. Adamjy, M. Amichot, N. Borowiec, M. Boutet, S. Fellous, A.-V. Lavoisier, A. Mazé, A. Parmentier, C. Plantamp, M.-V. Salvia, M. Siegwart, F.-J. Richard, N. Ris, L. Roy, L. van Oudenhove et E. Vercken) prévoit une retraite d'écriture (mars 2023, financé par le métaprogramme SuMCrop) afin de stabiliser les définitions des catégories de leviers et d'ENIs. Elle prévoit également la mise au point d'un outil informatique pertinent pour les sondages afin de lancer une consultation plus large.
- Le groupe **suivi post-homologation** (N. Borowiec, M. Boutet, J. Collatz, V. Dupuy, A. Mazé, B. Monachon, C. Plantamp, M.-V. Salvia, L. Roy, L. van Oudenhove, E. Vercken et O. Yamada) prévoit un travail collaboratif en distanciel au printemps 2023 et une éventuelle retraite d'écriture à l'automne 2023. Une demande de financement a été déposée auprès du Ministère suisse de l'Environnement pour un travail collaboratif sur ce sujet entre expert-e-s de plusieurs pays européens.
- Le travail autour de la **communication**, pensé lors du workshop 2021, mais non-développé (absence de candidature adaptée) reste pertinent et prioritaire. Un stage autour de la communication sur les effets intentionnels et non-intentionnels du biocontrôle, co-encadré par A. Parmentier, H. Ledouble et L. van Oudenhove sera à programmer pour la demande de financement 2023.

4.2 Projets émergents

- *CryptoDyn* s'intéresse aux facteurs qui influencent les épidémies d'acariens hématophages aviaires. Porté par L. Roy (Université Montpellier 3), ce projet a été proposé à l'AAPG2023 de l'ANR (CE32 Dynamique des socio-écosystèmes et de leurs composants).
- Le projet *MicMac*, issu de l'atelier présenté ci-dessus, vise à découvrir le devenir des microorganismes associés aux macroorganismes de biocontrôle, et révéler leur possibles effets écosystémiques et sanitaires. Ce projet sera porté par S. Fellous (INRAE) et impliquera plusieurs équipes membres de ENI-BC+.
- Dans le cadre du projet *Mitecontrol* (Europe Interreg NWE) sur la protection des élevages de volailles, un workshop autour des ENIs socio-économiques des produits de biocontrôle inefficaces (cf. Atelier 2) s'organise en mars. Ce workshop est organisé par L. Roy (Université Montpellier 3) et A. Mazé (INRAE).

5 Participant.e.s

Nom	Prénom	Mail
Adamjy	Tasnime	tasnime.adamjy@inrae.fr
Beneat	Marine	marine.beneat@etu.sorbonne-universite.fr
Bonis	Mathilde	mathilde.bonis@anses.fr
Borowiec	Nicolas	nicolas.borowiec@inrae.fr
Bosshardt	Sara	sara.bosshardt@inrae.fr
Boutet	Manuel	manuel.boutet@univ-cotedazur.fr
Collatz	Jana	jana.collatz@agroscope.admin.ch
Démares	Fabien	fabien.demares@cefe.cnrs.fr
Duboisset	Arnaud	arnaud.duboisset@anses.fr
Dupuy	Victor	victor.dupuy1@mnhn.fr
Facon	Benoit	benoit.facon@inrae.fr
Fellous	Simon	simon.fellous@inrae.fr
Franck	Pierre	pierre.franck@inrae.fr
Gallet	Armel	gallet@unice.fr
Gauffre	Bertrand	bertrand.gauffre@inrae.fr
Lavigne	Claire	claire.lavigne@inrae.fr
Lavoir	Anne-Violette	anne-violette.lavoir@inrae.fr
Ledouble	Hélène	ledouble@univ-tln.fr
Legal	Antoine	antoine.legal@agriculture.gouv.fr
Mazé	Armelle	maze@agroparistech.fr
Monachon	Boris	boris.monachon@hotmail.fr
Muller	Lucile	lucile.muller@inrae.fr
Plantamp	Christophe	christophe.plantamp@anses.fr
Postic	Estelle	estelle.postic@saveol.com
Printz	Bruno	bruno.printz@agriculture.gouv.fr
Richard	Freddie-Jeanne	freddie.jeanne.richard@univ-poitiers.fr
Ris	Nicolas	nicolas.ris@inrae.fr
Roy	Lise	lise.roy@univ-montp3.fr
Salvia	Marie-Virginie	marievirginie.salvia@univ-perp.fr
Sieglwart	Myriam	myriam.sieglwart@inrae.fr
Silvie	Pierre	pierre.silvie@cirad.fr
Ugazio	Claire	claire.ugazio@agriculture.gouv.fr
van Oudenhove	Louise	louise.vanoudenhove@inrae.fr
Vercken	Elodie	elodie.vercken@inrae.fr
Yamada	Ohri	ohri.yamada@anses.fr