

Projet ANR- 16-CE21-0002

DEMETER

Programme générique 2016

A	IDENTIFICATION	2
B	RESUME CONSOLIDE PUBLIC	2
B.1	Instructions pour les résumés consolidés publics	2
B.2	Résumé consolidé public en français	2
B.3	Résumé consolidé public en anglais.....	5
C	MEMOIRE SCIENTIFIQUE	6
C.1	Résumé du mémoire	6
C.2	Enjeux et problématique, état de l'art	7
C.3	Approche scientifique et technique.....	8
C.4	Résultats obtenus	9
C.5	Exploitation des résultats.....	10
C.6	Discussion	10
C.7	Conclusions.....	11
C.8	Références.....	11
D	LISTE DES LIVRABLES	12
E	IMPACT DU PROJET	12
E.1	Indicateurs d'impact	12
E.2	Liste des publications et communications.....	13
E.3	Liste des éléments de valorisation.....	21
E.4	Bilan et suivi des personnels recrutés en CDD (hors stagiaires)	22

A IDENTIFICATION

Acronyme du projet	DEMETER
Titre du projet	Bio-olfacticides : produire plus avec moins de pesticides
Coordinateur du projet (société/organisme)	Emmanuelle Jacquin-Joly, INRAE
Période du projet (date de début – date de fin)	01/01/2017 30/06/2022
Site web du projet, le cas échéant	https://bioolfacticides.wordpress.com/

Rédacteur de ce rapport	
Civilité, prénom, nom	Emmanuelle Jacquin-Joly
Téléphone	01 30 83 32 12
Adresse électronique	emmanuelle.joly@inrae.fr
Date de rédaction	01/09/2022

Liste des partenaires présents à la fin du projet (société/organisme et responsable scientifique)	Partenaire 1 : UMR iEES-Paris (E. Jacquin-Joly) Partenaire 3 : Institut de Chimie de Nice (S. Fiorucci)
---------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------

B RESUME CONSOLIDE PUBLIC

B.1 INSTRUCTIONS POUR LES RESUMES CONSOLIDES PUBLICS

B.2 RESUME CONSOLIDE PUBLIC EN FRANÇAIS

Bio-olfacticides: vers une solution innovante en biocontrôle des insectes ravageurs

Perturber la communication olfactive des insectes ravageurs

Les noctuelles comprennent des bioagresseurs parmi les plus dévastateurs. Nombre de comportements impliqués dans les ravages causés aux cultures (reproduction, reconnaissance et choix de la plante hôte et des sites de ponte, ...) sont étroitement liés aux capacités olfactives de ces insectes. Cette modalité sensorielle apparaît ainsi comme une cible privilégiée pour développer des stratégies innovantes de biocontrôle. Les acteurs clés impliqués dans la reconnaissance des signaux chimiques sont les récepteurs olfactifs (OR, protéines qui détectent les odorants). Ces récepteurs apparaissent comme des cibles pertinentes pour la mise au point de méthodes de lutte sélectives et sans danger, de type « bio-olfacticides » (agonistes, antagonistes ou bloquants olfactifs) : 1) les OR des insectes sont différents des OR de vertébrés, ce qui permet d'éviter des effets néfastes pour l'homme ou d'autres mammifères ; 2) ils sont également très divergents entre insectes, ce qui permet d'agir de manière sélective et de préserver les insectes bénéfiques ; 3) ils présentent une structure à 7 domaines transmembranaires, semblable à celle des récepteurs couplés aux protéines G (GPCR), pour lesquels la pharmacologie a développé un savoir-faire unique pour perturber leur fonctionnement.

L'objectif de ce projet est de mener une étude pilote sur un organisme modèle en agronomie, la noctuelle *Spodoptera littoralis*, qui consiste à identifier les OR impliqués dans des comportements clés par leur caractérisation fonctionnelle, puis à prédire des agonistes ou antagonistes par modélisation moléculaire, et enfin les tester expérimentalement sur les OR et *in fine* sur le comportement des insectes.

De l'expression hétérologue à l'apprentissage automatique et vice versa

Ce projet multidisciplinaire met en jeu une diversité d'approches : le séquençage haut-débit, la bioinformatique, la biologie moléculaire, l'édition du génome, l'électrophysiologie, l'apprentissage automatique ou *machine learning*, et l'étude du comportement. Des méthodes de séquençage modernes combinant Illumina et PacBio, associées à de puissants outils bioinformatiques, ont permis l'assemblage du génome de *S. littoralis* et l'annotation des OR de cette espèce. Leur analyse phylogénétique combinée à des approches de RNAseq (séquençage de transcriptomes) sur différents tissus, stades développementaux (chenilles/papillons) et sexes (mâles/femelles) a permis la sélection d'OR potentiellement importants dans des comportements clés (récepteurs aux phéromones sexuelles, récepteurs aux odeurs de plantes). La caractérisation fonctionnelle de ces OR cibles (i.e. l'identification des odorants qu'ils reconnaissent) combine des approches de génomique fonctionnelle que nous avons mise au point sur cet insecte : expression hétérologue chez un insecte hôte ou *in vitro*, édition du génome de *S. littoralis* par CRISPR/Cas9 pour inactiver un OR *in vivo*. Des modèles de relation quantitative structure à activité (QSAR) sont appliqués sur les OR sélectionnés, et utilisés pour cribler virtuellement de grandes banques de données de molécules, prédisant de nouveaux ligands. Les prédictions sont soumises à l'expérimentation, en testant par électrophysiologie la réponse fonctionnelle des OR cibles aux ligands proposés. Si actifs, les nouveaux ligands sont testés sur le comportement olfactif des insectes.

Résultats majeurs du projet

Pour caractériser les OR les plus prometteurs en termes d'applications en protection des cultures, nous avons mené la première étude fonctionnelle d'envergure d'OR chez un insecte ravageur des cultures. Par cette approche systématique, et guidés par les analyses RNAseq et phylogénétiques, nous avons identifié les récepteurs à la phéromone sexuelle de cette espèce, cibles particulièrement pertinentes de « phérocides ». D'un point de vue évolutif, nous avons démontré que les récepteurs aux phéromones sexuelles des papillons de nuit sont apparus au moins deux fois au cours de l'évolution, révolutionnant l'idée couramment admise que les récepteurs phéromonaux ont une origine évolutive unique.

Notre crible fonctionnel a également permis d'identifier des récepteurs impliqués dans le comportement d'attraction olfactive des chenilles vers les plantes, sur lesquels nous avons construits et appliqué des modèles d'apprentissage automatique d'agonistes et/ou d'antagonistes. Le criblage virtuel de chimiothèques (banques de données de molécules) a proposé de nouveaux ligands, dont l'action sur les OR et le comportement des insectes a ensuite été vérifiée expérimentalement. C'est la première fois qu'une telle combinaison de chimie-informatique et d'expérimentation est menée sur un Lépidoptère, et les taux de succès (30 à 90%) sont très prometteurs, démontrant concrètement l'efficacité de cette approche *in silico* pour identifier de nouveaux sémiochimiques actifs sur les insectes.

Production scientifique

Ce projet a été valorisé par 14 publications scientifiques dans des journaux internationaux à comité de lecture, dont deux ont été sélectionnées comme « **Faits marquant INRAE SPE** » en 2019 et 2021, un ayant fait l'objet d'un **communiqué de presse** INRAE, et un retenu pour les « **10 ans de Faits marquants SPE** ». Il a également fait l'objet de 27 conférences internationales (dont 12 en tant qu'orateur invité) et 23 nationales (9 invitées) et d'une large communication vers les professionnels et le grand public, sur différents types de média (Web, radio, journaux spécialisés et grand public, bande-dessinée...).

Illustration



Légende : L'intelligence artificielle pour combattre les ravageurs, ici la noctuelle du coton *Spodoptera littoralis*.
Auteur : Sébastien Fiorucci, Institut de Chimie de Nice.

Informations factuelles

Le projet DEMETER est un projet de recherche fondamentale coordonné par E. Jacquin-Joly (DR, INRAE). Il associe également le CRB xénope de Rennes et l'Institut de Chimie de Nice. Le projet a commencé en janvier 2017 et a duré 66 mois. Il a bénéficié d'une aide ANR avec co-financement MAAF de 591 000 € pour un coût global de l'ordre de 2 596 440 €

B.3 RESUME CONSOLIDE PUBLIC EN ANGLAIS

Bio-olfacticides: towards innovative solutions for insect pest bio-control

Disrupting pest insect olfactory communication

Noctuids are some of the most devastating pests. Many behaviors involved in the damage caused to crops (reproduction, recognition and choice of the host plant and oviposition sites, etc.) are closely linked to the olfactory capacities of these insects. This sensory modality thus appears as a privileged target for developing innovative biocontrol strategies. The key players involved in the recognition of chemical signals are the odorant receptors (ORs, proteins that detect odors). These receptors appear to be relevant targets for the development of selective and harmless control methods, based on the development of “bio-olfacticides” (agonists, antagonists or receptor blockers): 1) insect ORs are different from vertebrates ORs, which makes it possible to avoid harmful effects for humans or other mammals; 2) they are also very divergent between insect species, which makes it possible to act selectively and to preserve beneficial insects; 3) they have a structure with 7 transmembrane domains, similar to that of G protein-coupled receptors (GPCRs), for which pharmacology has developed unique know-how to disrupt their functioning. The objective of this project is to carry out a pilot study on a model organism in agronomy, the moth *Spodoptera littoralis*, which consists in identifying ORs involved in key behaviors such as attraction or repulsion by their functional characterization, to predict agonists or antagonists by molecular modeling, and finally test them experimentally on ORs and ultimately on insect behavior.

From heterologous expression to machine learning and vice versa

This multidisciplinary project involves a variety of approaches: high-throughput sequencing, bioinformatics, molecular biology, genome editing, electrophysiology, machine learning, and behavioral studies. Modern sequencing methods combining Illumina and PacBio, associated with powerful bioinformatic tools, have enabled the assembly of the genome of *S. littoralis* and the annotation of ORs of this species. Their phylogenetic analysis combined with RNAseq (transcriptome sequencing) approaches on different tissues, developmental stages (caterpillars/moths) and sexes (males/females) allowed the selection of ORs potentially important in key behaviors (sex pheromone receptors, receptors to plant odors). The functional characterization of these target ORs (ie the identification of the odorants that they detect) combines functional genomic approaches that we have developed on this insect: heterologous expression in a host insect or in vitro, genome editing by CRISPR/Cas9 to inactivate OR in vivo. Quantitative structure-to-activity relationship (QSAR) models are applied to the selected ORs, and used to virtually screen large databases of molecules, predicting new ligands. The predictions are subject to experimentation, by testing the functional response of target ORs to the proposed ligands using electrophysiology. If active, the new ligands are tested on the insect olfactory behavior.

Key facts

To characterize the most promising ORs in terms of crop protection applications, we conducted the first large-scale functional study of ORs in a crop pest insect. Using this systematic approach, and guided by RNAseq and phylogenetic analyses, we have identified the sex pheromone receptors of this species, particularly relevant targets of “pherocides”. From an evolutionary perspective, we have demonstrated that moth sex pheromone receptors have arisen at least twice during evolution, revolutionizing the commonly accepted idea that pheromone receptors have a single evolutionary origin. Our functional screen also made it possible to identify receptors involved in the olfactory attraction behavior of caterpillars towards plants, on which we built and applied automatic learning models of agonists and/or antagonists. Virtual screening of chemical libraries (molecule databases) proposed new ligands, whose action on ORs and insect behavior was then verified experimentally. This is the first time that such a combination of chemistry-informatics and experimentation has been

conducted on a Lepidoptera, and the success rates (30 to 90%) are very promising, concretely demonstrating the efficiency of this *in silico* approach. to identify new active semiochemicals on insects.

Scientific production

This project has been highlighted by **14 scientific publications** in peer-reviewed international journals, two of which were selected as "**INRAE SPE Highlights**" in 2019 and 2021, one having been the subject of an **INRAE press release**, and one retained for the "**10 years of SPE Highlights**". He was also the subject of **27 international conferences** (including 12 as a guest speaker) and **23 national conferences** (9 invited) and of wide communication to professionals and the general public, on different types of media (Web, radio, specialized and general public newspapers, comics, etc.).

Illustration



Legende : AI and pest control. Insect: the cotton leafworm *Spodoptera littoralis*.

Author : Sébastien Fiorucci, Institut de Chimie de Nice.

Factual information

The DEMETER project is a fundamental research project coordinated by E. Jacquin-Joly (DR, INRAE). It also associates the Xenopus CRB of Rennes and the Institute of Chemistry of Nice. The project started in January 2017 and lasted 66 months. It benefited from ANR aid with MAAF co-funding of € 591,000 for an overall cost of €2,596,440.

C MEMOIRE SCIENTIFIQUE

Mémoire scientifique confidentiel : non

C.1 RESUME DU MEMOIRE

Les noctuelles comprennent des bioagresseurs parmi les plus dévastateurs. Nombre de comportements impliqués dans les ravages causés aux cultures (reproduction, reconnaissance et choix de la plante hôte et des sites de ponte, ...) sont étroitement liés aux capacités olfactives de ces insectes. Cette modalité sensorielle apparait ainsi comme une cible privilégiée pour développer des stratégies innovantes de biocontrôle. Les acteurs clés impliqués dans la reconnaissance des signaux chimiques sont les récepteurs olfactifs (OR, protéines qui détectent les odorants). Ces récepteurs apparaissent comme des cibles pertinentes pour la mise au point de méthodes de lutte sélectives et sans danger, de type « bio-olfactocides » (agonistes, antagonistes ou bloquants olfactifs) : 1) les OR des insectes sont différents des OR de vertébrés, ce qui permet d'éviter des effets néfastes pour l'homme ou d'autres mammifères ; 2) ils sont également très divergents entre insectes, ce qui permet d'agir de manière sélective et de préserver les insectes bénéfiques ; 3) ils présentent une structure à 7 domaines transmembranaires, semblable à celle des récepteurs couplés aux protéines G (GPCR), pour lesquels la pharmacologie a développé un savoir-faire unique pour perturber leur fonctionnement. L'objectif de ce projet est de mener une étude pilote sur un organisme modèle en agronomie, la noctuelle *Spodoptera*

littoralis, qui consiste à identifier les OR impliqués dans des comportements clefs par leur caractérisation fonctionnelle, puis à prédire des agonistes ou antagonistes par approches *in silico*, et enfin les tester expérimentalement sur les OR et *in fine* sur le comportement des insectes.

Ce projet multidisciplinaire met en jeu une diversité d'approches : le séquençage haut-débit génomique et RNAseq, la bioinformatique, la génomique fonctionnelle telle que l'expression hétérologue et l'édition du génome, l'électrophysiologie, l'apprentissage automatique ou *machine learning*, et l'étude du comportement. Ainsi, nous avons assemblé le tout premier génome de *S. littoralis* et annoté l'ensemble des OR de cette espèce. Pour caractériser les OR les plus prometteurs en termes d'applications en protection des cultures, nous avons mené la première étude fonctionnelle d'envergure d'OR chez un insecte ravageur des cultures. Par cette approche systématique, et guidés par les analyses RNAseq et phylogénétiques, nous avons identifié les récepteurs à la phéromone sexuelle de cette espèce, cibles particulièrement pertinentes de « phérocides ». D'un point de vue évolutif, nous avons démontré que les récepteurs aux phéromones sexuelles des papillons de nuit sont apparus au moins deux fois au cours de l'évolution, révolutionnant l'idée couramment admise que les récepteurs phéromonaux ont une origine évolutive unique. Notre crible fonctionnel a également permis d'identifier des récepteurs impliqués dans le comportement d'attraction olfactive des chenilles vers les plantes, sur lesquels nous avons construits et appliqué des modèles d'apprentissage automatique d'agonistes et/ou d'antagonistes. Le criblage virtuel de chimiothèques (banques de données de molécules) a proposé de nouveaux ligands, dont l'action sur les OR et le comportement des insectes a ensuite été vérifiée expérimentalement. C'est la première fois qu'une telle combinaison de chimie-informatique et d'expérimentation est menée sur un Lépidoptère, et les taux de succès (30 à 90%) sont très prometteurs, démontrant concrètement l'efficacité de cette approche *in silico* pour identifier de nouveaux sémiochimiques actifs sur les insectes.

C.2 ENJEUX ET PROBLEMATIQUE, ETAT DE L'ART

Les insectes ravageurs des cultures sont responsables de la perte d'1/6 des productions agricoles. Parce que leurs comportements sont en grande partie dictés par des molécules odorantes (reconnaissance du partenaire sexuel via les phéromones, sélection de la plante hôte via les allélochimiques), le système olfactif apparaît comme une cible de choix pour contrôler les populations de ravageurs. C'est particulièrement vrai chez les insectes nocturnes comme les papillons de nuit, pour lesquels les autres sens (vision, ouïe) sont très réduits par rapport à l'olfaction. Différentes stratégies basées sur l'olfaction ont été développées pour interférer avec la capacité des insectes à répondre aux signaux olfactifs [1], mais avec une utilisation limitée en raison des coûts et de la manipulation pratique. Récemment, le décryptage des bases moléculaires de l'olfaction des insectes a ouvert de nouvelles voies dans la lutte contre les ravageurs, avec la possibilité de cibler directement le processus moléculaire olfactif. L'événement décisif qui a stimulé ces progrès a été la découverte, d'abord chez l'insecte modèle *Drosophila melanogaster*, des récepteur olfactif (OR) qui reconnaissent les stimuli chimiques [2-4]. Lors de leur activation, ces protéines convertissent les signaux chimiques en signaux électriques qui seront transmis au système nerveux central [5]. Les insectes possèdent entre 20 et 400 OR qui ne partagent généralement que 20 à 30 % d'identité en acides aminés, ce qui empêche la découverte basée sur l'homologie dans de nouvelles espèces. Les propriétés structurales des OR en font des cibles très intéressantes pour la conception rationnelle de « bio-olfactocides » sélectifs (agonistes/antagonistes/bloquants) qui interféreraient avec la capacité des insectes à répondre aux signaux olfactifs (comme répulsifs/attractants/inactivateurs) : 1) Les OR d'insectes sont divergentes des OR de vertébrés [6], permettant des actions ciblées. 2) Elles sont divergentes au sein des insectes [6], il est alors possible d'agir de manière sélective pour préserver les insectes auxiliaires. 3) Ils présentent une structure à 7 domaines transmembranaires [2, 4], comme les récepteurs couplés aux protéines G (RCPG), sur lesquels le concept d'antagonisme est bien établi [7]. Une condition préalable à une telle application est l'identification des OR impliqués dans les comportements clés, via leur caractérisation fonctionnelle. Cependant, comme pour les OR de vertébrés, la grande majorité des OR d'insectes connus à ce jour restent des récepteurs orphelins [8], ce qui signifie que leurs ligands ne sont

pas connus. La déorphanisation des larges répertoires d'OR d'une espèce donnée pourrait permettre d'identifier les OR qui répondent aux odorants significatifs impliqués dans les comportements vitaux. Par exemple, les récepteurs aux phéromones sexuelles, aux stimulants de la ponte ou aux principaux composés volatils de la plante hôte apparaissent comme des cibles prometteuses pour perturber la reproduction et l'alimentation. Cependant, les programmes de déorphanisation à grande échelle se sont limités à l'insecte modèle *Drosophila* [9, 10] et à l'un des insectes les plus nuisibles pour la santé humaine, le moustique *Anopheles gambiae* [11, 12]. Ces données ont permis d'identifier les principaux OR de moustiques impliquées dans la détection de l'hôte humain et la conception rationnelle de composés non toxiques et peu coûteux agissant comme des « super-antagonistes » qui réduisent l'attraction pour la peau et des agonistes qui attirent les moustiques vers les pièges [13, 14].

Dans ce contexte, l'objectif du présent projet est de développer une telle approche pour la première fois chez un ravageur de culture. Utilisant la noctuelle polyphage *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera, Noctuidae), un modèle bien établi en écologie chimique et l'un des ravageurs les plus importants du coton et de nombreuses cultures, ce projet vise à valider l'efficacité des bio-olfactocides en agriculture et à proposer des sémiochimiques de nouvelle génération contre les noctuelles. Dans le cadre de ce projet, les objectifs détaillés sont de 1) compléter nos données de transcriptomiques déjà acquises par le séquençage du génome de *S. littoralis* pour y annoter l'ensemble de son répertoire d'OR, 2) développer une approche de déorphanisation à grande échelle afin d'identifier les OR clés (c'est-à-dire ceux impliqués dans la détection des odorants clés tels que des attractifs ou des répulsifs), 3) utiliser l'édition du génome via CRISPR-Cas9 pour muter des OR d'intérêt et vérifier leur importance dans l'écologie de l'espèce, 4) prédire *in silico* des agonistes/antagonistes de ces OR clés par des approches de *machine learning*, et enfin 5) valider les prédictions par l'expérimentation en testant l'impact de ces candidats olfactocides sur le fonctionnement des OR et sur le comportement des insectes.

C.3 APPROCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

Séquençage du génome et annotation experte des OR

Deux technologies de séquençage ont été combinées : Illumina (BGI-tech, Shenzhen, Chine, AIP Bioressource) et PacBio (Pacific Biosciences, couverture 10X, Genoscreen, France). L'assemblage du génome a été réalisé en utilisant les outils Platanus, SSPACE-LR et GapCloser. Les gènes chimiosensoriels ont été recherchés dans le génome par tblastn en utilisant un set de séquences protéiques connues chez d'autres lépidoptères, puis les modèles de gènes ont été manuellement nettoyés en utilisant les aligneurs exonerate et scipio dans l'interface Webapollo (plateforme INRAE BIPAA).

Caractérisation fonctionnelle (déorphanisation) des OR de *S. littoralis* (SlitOR)

Deux approches complémentaires ont été utilisées : expression hétérologue *in vitro* en ovocytes de xénopes couplée à l'électrophysiologie voltage clamp à 2 électrodes (TEVC) et l'expression *in vivo* en neurones de drosophile couplée à l'électrophysiologie sur sensille unique (SSR).

Knock-out de SlitOR ciblés via ingénierie du génome par Crispr-Cas9

Une combinaison d'un ARN guide spécifiquement conçu pour reconnaître une partie du gène ciblé et d'une endonucléase (Cas9) qui coupera l'ADN là où l'ARN guide se lie, induisant des cassures d'ADN double brin dans le gène cible, sont injectés dans des œufs. La voie de réparation de l'ADN tente alors de réparer la lésion, générant des erreurs qui finissent par interrompre le cadre de lecture, inactivant le gène par une traduction incomplète de la protéine. Les événements de coupures sont analysés par séquençage sur les larves F0, les individus porteurs de mutations intéressantes sont croisés avec des sauvages pour isoler la mutation, et enfin des individus homozygotes pour la mutation sont obtenus par croisements en F2.

Prédiction de nouveaux ligands des SlitOR par machine learning

Le principe est de déterminer les descripteurs moléculaires communs aux différents ligands identifiés en 2), puis de construire des modèles QSAR (quantitative structure activity relationship) qui sont utilisés pour cribler de larges bibliothèques virtuelles de molécules. Dans une première étape, la

banque de données PubChem filtrée sur les molécules volatiles a été criblée. Dans un second temps, une bibliothèque de volatils de plantes plus en adéquation avec l'environnement olfactif de *S. littoralis* a été utilisée.

Vérification expérimentale des prédictions

Les ligands prédits ont été testés pour leur activation des SlitOR par SSR sur neurones de lignées de drosophile exprimant les SlitOR d'intérêt. Si le ligand prédit engendre une activité électrique de ces neurones, ils sont alors testés sur le comportement des insectes en boîtes de Pétri ou en olfactomètres en Y (tests de choix).

C.4 RESULTATS OBTENUS

Génome et annotation des gènes chimiosensoriels

Nous avons publié le premier génome de *S. littoralis* (465Mb), avec comme indicateur de qualité un BUSCO de 97% de gènes complets (reflet de la complétude du génome) [15]. Nous y avons annoté manuellement 73 OR et, pour une vision complète des gènes chimiosensoriels, nous y avons également annoté 74 protéines périoréceptrices, 44 IR (autre type de récepteurs olfactifs/gustatifs) et un nombre impressionnant de 376 récepteurs gustatifs (GR).

Caractérisation fonctionnelle (déorphánisation) des OR de *S. littoralis* (SlitOR)

Le niveau « haut-débit » espéré par l'approche in vitro sur robot n'a pas pu être atteint, en raison de la fermeture du CRB Xénope de Rennes (partenaire 2). Nous nous sommes donc concentrés sur l'approche in vivo en drosophile, qui nous a permis une approche moyen débit (~1/3 des SlitOR déorphánisés) [16, 17], de Fouchier 2017, Bastin-Héline et al 2019), tout en équipant le partenaire 1 d'un poste de TEVC manuel. Pour compléter ce premier panel de SlitOR, nous avons fait une sélection de récepteurs à tester en se focalisant sur les OR sur-exprimés chez les adultes mâles (détection de phéromone ?) et sur ceux exprimés chez les chenilles (stade ravageur). Par des approches RNAseq, nous avons construit différents transcriptomes d'organes olfactifs de chenilles et d'adultes [18, 19] qui, couplés à une analyse d'expression différentielle, ont permis d'identifier 6 OR exprimés spécifiquement chez les chenilles (non présents chez les adultes)[19], et 1 sur-exprimés chez les mâles adultes [17]. Ces OR ont été exprimés en antennes de drosophile pour leur analyse fonctionnelle et 4 de ces OR ont pu être caractérisés [17, 19], manuscrit en préparation).

Invalidation d'OR clés par ingénierie du génome (approche CRISPR/Cas9)

Deux OR impliqués dans des comportements clés étaient ciblés dans le cadre de ce projet : le récepteur à la phéromone sexuelle (OR5), impliqué dans l'accouplement, et un récepteur à un composé anti-oviposition/répulsif de chenilles (OR31). L'invalidation d'OR5 a pu montrer son rôle clef dans la détection phéromonale mais également dans le comportement de cours et l'accouplement. Ce résultat majeur a mené à une publication dans la prestigieuse revue eLife [17] et a fait l'objet d'un communiqué de presse national INRAE. Par ailleurs, nous avons pu montrer que son invalidation entraîne des remaniements au niveau du système olfactif central, apportant des hypothèses nouvelles sur le rôle des OR dans la maturation du système nerveux [20]. L'invalidation d'OR31 a également été menée avec succès, mais les insectes ne montrent ni détection antennaire ni comportement perturbé. L'hypothèse actuelle est qu'il existe d'autres OR à la fonction recouvrant avec OR31, comme c'est parfois le cas dans un codage combinatoire. Nous nous sommes donc attaqués à un 3^{ème} OR initialement non prévu au projet, OR40, car cet OR présente la caractéristique de n'être exprimé que chez les très jeunes chenilles. Cet OR a pu être caractérisé comme un OR clé dans le comportement de dispersion des jeunes chenilles [19] et s'avère être une nouvelle cible pertinente pour des approches d'écologie chimique inverse.

Prédiction computationnelle d'agonistes et/ou d'antagonistes d'OR/vérification expérimentales sur les OR et sur le comportement de l'insecte

Cette tâche a été effectuée sur deux OR (OR25 et OR24). Un modèle QSAR basé sur l'analyse des descripteurs moléculaires communs aux ligands a permis de cribler une banque virtuelle de 9 millions de molécules et de prédire de nouveaux ligands, dont l'action sur les OR a ensuite été vérifiée expérimentalement sur les OR. Dans le cas d'OR25 (OR à spectre large), plus de 30% des ligands

prédits se sont avérés actifs. C'est la première fois qu'une telle combinaison de chimie-informatique et d'expérimentation est menée sur un Lépidoptère, et ce travail a été publié dans une bonne revue généraliste [21]. Ce premier jeu de données a servi à alimenter un deuxième tour dans un processus de « machine learning » et cette fois, 67% des ligands prédits se sont avérés actifs [22]. Une approche similaire a été menée sur OR24, avec là encore un fort taux de réussite (93%) [22].

En parallèle, différents tests d'étude du comportement olfactif des chenilles ont été mis au point : un test simple en boîte de Pétri [23] et un test de choix plus complexe en olfactomètres en Y [22] pour une analyse fine des comportements induits par les ligands identifiés. Par ces analyses, nous avons pu montrer que les ligands connus [23] et nouveaux ligands prédits et validés expérimentalement [22] sont effectivement actifs sur le comportement des chenilles.

C.5 EXPLOITATION DES RESULTATS

Les résultats obtenus ont fait l'objet de 14 publications scientifiques internationales de haut niveau (e.g. Nature Comm, eLife, CMLS), dont deux ont été sélectionnées comme « **Faits marquant INRAE SPE** » en 2019 [17] et 2021 [22], un ayant fait l'objet d'un **communiqué de presse** INRAE [22], et un retenu pour les « **10 ans de Faits marquants SPE** » [16]. La plupart est en **open access**. Ce projet a également fait l'objet de 27 conférences internationales (dont 12 en tant qu'orateur invité) et 23 nationales (9 invitées) et d'une large communication vers les professionnels et le grand public, sur différents types de média (Web, radio, journaux spécialisés et grand public, bande-dessinée...). Cette communication active sur le concept d'écologie chimique inverse, validé par ce projet, fait qu'il est aujourd'hui affiché (e.g. voir nouveau schéma stratégique du département SPE INRAE) et reconnu par différentes instances (e.g. AAP Phosmet) et nous offre l'opportunité d'y répondre.

C.6 DISCUSSION

Le génome publié de *S. littoralis* et l'annotation experte de tous ses gènes chimiosensoriels constitue en soi une belle **ressource pour la communauté** en écologie chimique moléculaire et inverse [24]. Nous avons pu établir l'inventaire complet des OR de cette espèce et, d'un point de vue évolutif, nous avons démontré que les récepteurs aux phéromones sexuelles des papillons de nuit sont apparus au moins deux fois au cours de l'évolution, **révolutionnant l'idée couramment admise que les récepteurs phéromonaux ont une origine évolutive unique** [17]. Plus, nous avons pu mettre en évidence que les GR (tout aussi importants que les OR pour la prise de décision alimentaire par les insectes) présentent des **expansions très importantes qui seraient liées au régime polyphage des herbivores**, et que ces expansions sont souvent associées à la présence d'éléments transposables, apportant des hypothèses sur leur **dynamique évolutive** [24].

Nous avons également prouvé que l'inactivation de gènes via **CRISPR-Cas9** est très efficace sur ce papillon [17, 19, 20], ouvrant la porte à d'autres analyses de génomique fonctionnelle (e.g. annotation parallèle de gènes de détoxification).

Les résultats de *machine learning* sont extrêmement prometteurs et démontrent concrètement par cette étude pilote que **l'on accélère la découverte de ligands actifs par ce type d'approche**. Ces résultats ont été publiés dans la prestigieuse revue **CMLS** et ont fait l'objet d'un fait marquant SPE sur l'année 2021 [21, 22]. Pour les OR à spectre étroit, les prédictions ne sont pas efficaces : le modèle n'est pas alimenté avec suffisamment de données. Une approche basée sur la structure de l'OR prend dans ce cas tout son sens et a fait l'objet d'un **nouveau projet ANR accepté** (projet CryOR 2021-2023), visant à établir par cryo-microscopie électronique la structure 3D d'OR très spécifiques (développement de l'approche OR-guidée).

Grâce à ce projet, nous avons aujourd'hui en main de nouveaux composés actifs sur le comportement d'attraction des chenilles, qu'il reste à tester en champs, afin d'ajuster à terme des stratégies de contrôle. Enfin, les récepteurs gustatifs ne sont pas en reste, et l'on peut tout aussi bien imaginer leur exploitation pour compléter la panoplie de bio-olfactocides par des « bio-gustaticides ».

C.7 CONCLUSIONS

Ce projet, malgré les difficultés rencontrées (crise covid, fermeture du CRB xénope partenaire 2 et la démission du responsable du partenaire 3), nous a permis d'établir une preuve de concept de l'intérêt de l'écologie inverse. Il a également participé à **la formation** de 8 étudiants de Master (7 M2, 1 M1) et de **2 jeunes docteurs** (thèses soutenues en 2020 et 2021 : G. Caballero-Vidal, P1, et C. Bouysset, P3). La participation de F. Koutroumpa à ce projet en tant que post-doc a également contribué à son recrutement en CRCN à INRAE.

La collaboration iEES-Paris-Institut de Chimie de Nice continue, avec l'objectif d'améliorer et accélérer les prédictions in silico, tout en travaillant l'expérimentation haut-débit. Notre approche interdisciplinaire alliant intelligence artificielle et cribles expérimentaux vient d'être soutenue par le CNRS par un projet de la **MITI** (Mission pour les initiatives transverses et interdisciplinaires) et a piqué l'intérêt d'une **start-up de biocontrôle**, avec laquelle nous discutons du passage vers l'industrie. L'ambition est, à terme, de proposer un pipeline automatisé et applicable à d'autres ravageurs pour apporter rapidement de nouvelles solutions de biocontrôle à base de sémiochimiques.

C.8 REFERENCES

1. Witzgall, P., P. Kirsch, and A. Cork, *Sex pheromones and their impact on pest management*. J Chem Ecol, 2010. **36**(1): p. 80-100.
2. Clyne, P.J., et al., *A novel family of divergent seven-transmembrane proteins: candidate odorant receptors in Drosophila*. Neuron, 1999. **22**(2): p. 327-38.
3. Gao, Q. and A. Chess, *Identification of candidate Drosophila olfactory receptors from genomic DNA sequence*. Genomics, 1999. **60**(1): p. 31-39.
4. Vosshall, L.B., et al., *A spatial map of olfactory receptor expression in the Drosophila antenna*. Cell, 1999. **96**(5): p. 725-736.
5. Lucas, P., N. Montagné, and E. Jacquin-Joly, *Anatomie et fonctionnement du système chimiosensoriel des insectes*, in *Biocontrôle. Éléments pour une protection agroécologique des cultures*, X. Fauvergue, Rusch, A., Barret, M., Bardin, M., Jacquin-Joly, E., Malausa, T., Lannou, C., Editor. 2020, Savoir Faire - Quae: Versailles. p. 209-220.
6. Montagne, N., et al., *Advances in the identification and characterization of olfactory receptors in insects*. Prog Mol Biol Transl Sci, 2015. **130**: p. 55-80.
7. Lefkowitz, R.J., *The superfamily of heptahelical receptors*. Nat Cell Biol, 2000. **2**: p. E133-136.
8. Montagné, M., K.W. Wanner, and E. Jacquin-Joly, *Olfactory genomics within the Lepidoptera*, in *Insect Pheromone Biochemistry and Molecular Biology (Second Edition)*, G.J. Blomquist and R.G. Vogt, Editors. 2021, Academic Press. p. 469-505.
9. Hallem, E.A. and J.R. Carlson, *Coding of odors by a receptor repertoire*. Cell, 2006. **125**(1): p. 143-60.
10. Kreher, S.A., J.Y. Kwon, and J.R. Carlson, *The molecular basis of odor coding in the Drosophila larva*. Neuron, 2005. **46**(3): p. 445-56.
11. Wang, G., et al., *Molecular basis of odor coding in the malaria vector mosquito Anopheles gambiae*. Proc Natl Acad Sci U S A, 2010. **107**(9): p. 4418-23.
12. Carey, A.F., et al., *Odorant reception in the malaria mosquito Anopheles gambiae*. Nature, 2010. **464**(7285): p. 66-71.
13. Tauxe, G.M., et al., *Targeting a dual detector of skin and CO2 to modify mosquito host seeking*. Cell, 2013. **155**(6): p. 1365-79.
14. Kain, P., et al., *Odour receptors and neurons for DEET and new insect repellents*. Nature, 2013. **502**(7472): p. 507-12.
15. Meslin, C., et al., *Spodoptera littoralis genome mining brings insights on the dynamic of expansion of gustatory receptors in polyphagous noctuidae*. G3 (Bethesda), 2022.
16. de Fouchier, A., et al., *Functional evolution of Lepidoptera olfactory receptors revealed by deorphanization of a moth repertoire*. Nat Commun, 2017. **8**: p. 15709.
17. Bastin-Heline, L., et al., *A novel lineage of candidate pheromone receptors for sex communication in moths*. Elife, 2019. **8**.
18. Koutroumpa, F.A., et al., *Description of Chemosensory Genes in Unexplored Tissues of the Moth Spodoptera littoralis*. Frontiers in Ecology and Evolution, 2021. **9**.
19. Revadi, S.V., et al., *Stage-specific expression of an odorant receptor underlies olfactory behavioral plasticity in Spodoptera littoralis larvae*. BMC Biol, 2021. **19**(1): p. 231.
20. Koutroumpa, F., et al., *Pheromone Receptor Knock-Out Affects Pheromone Detection and Brain Structure in a Moth*. Biomolecules, 2022. **12**(3).
21. Caballero-Vidal, G., et al., *Machine learning decodes chemical features to identify novel agonists of a moth odorant receptor*. Sci Rep, 2020. **10**(1): p. 1655.
22. Caballero-Vidal, G., et al., *Reverse chemical ecology in a moth: machine learning on odorant receptors identifies new behaviorally active agonists*. Cell Mol Life Sci, 2021. **78**: p. 6593-6603.
23. de Fouchier, A., et al., *Behavioral Effect of Plant Volatiles Binding to Spodoptera littoralis Larval Odorant Receptors*. Front Behav Neurosci, 2018. **12**: p. 264.
24. Meslin, C., et al., *Spodoptera littoralis genome mining brings insights on the dynamic of expansion of gustatory receptors in polyphagous noctuidae*. bioRxiv, 2021: p. 2021.12.09.471925.

D LISTE DES LIVRABLES

Date de livraison	N°	Titre	Nature (rapport, logiciel, prototype, données, ...)	Partenaires (souligner le responsable)	Commentaires
Sept 2017	1	Consolidation of the SlitOR repertoire	données	<u>1</u>	Publication : [24]
Juin 2021	2	Large-scale <i>in vitro</i> screening of SlitORs	jalón	1, <u>2</u>	Transformé en small scale screening en raison de la fermeture du partenaire 2 Publications : [16, 17, 19], Caballero-Vidal et al in prep
Décembre 2021	3	SlitOR KO via targeted genome engineering	jalón	<u>1</u>	Publications : Bastin-Héline et al 2019 Koutroumpa et al 2022
janvier 2021	4	Prediction of agonists/antagonists/blockers by molecular modelling	données	<u>3</u>	Publications : [21, 22]
Décembre 2021	5	Test of new ligands on the ORs and the insect behaviour	jalón	1, <u>2</u> initialement, -> repris par <u>1</u>	Publications : [21, 22]

E IMPACT DU PROJET

E.1 INDICATEURS D'IMPACT

Nombre de publications et de communications (à détailler en E.2)

		Publications multipartenaires	Publications monopartentaires
International	Revue à comité de lecture	2	12
	Ouvrages ou chapitres d'ouvrage		7
	Communications (conférence)	10 (+ 3 affiches)	17 (+ 11 posters)
France	Revue à comité de lecture		
	Ouvrages ou chapitres d'ouvrage		3
	Communications (conférence)	10 (+ 1 affiche)	14 (+5 affiches)
Actions de diffusion	Articles vulgarisation		4
	Conférences vulgarisation	1	5
	Autres	1	14

Autres valorisations scientifiques (à détailler en E.3)

	Nombre, années et commentaires (valorisations avérées ou probables)
Brevets internationaux obtenus	
Brevet internationaux en cours d'obtention	
Brevets nationaux obtenus	
Brevet nationaux en cours d'obtention	
Licences d'exploitation (obtention / cession)	
Créations d'entreprises ou essaimage	-grâce à la preuve de concept réussie sur l'approche OR ciblée, réflexion en cours avec une start-up de biocontrôle pour la création d'un Laboratoire Partenaire Associé exploitant l'écologie chimique inverse
Nouveaux projets collaboratifs	-Création d'un Laboratoire International Associé avec l'Institut de protection des plantes de la Chinese Academy of Agricultural Sciences en 2019 (P1) -ANR CryOR (2021-2023) pour développer l'approche OR-guidée (P1) -financement MITI CNRS 2022-2025 pour développer les approches d'intelligence artificielle sur OR (P1, P3) -PPR Protéger et cultiver autrement « Pherosensor » pour développer l'utilisation de SlitOR5 (Bastin-Héline et al 2019) comme détecteur sur nez artificiel (outils de surveillance des ravageurs) (P1)
Colloques scientifiques	
Autres (préciser)	

E.2 LISTE DES PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS.

Publications scientifiques dans des revues à comité de lecture

Publications internationales multipartenaires

Caballero-Vidal G., Bouysset C., Grunig H., Fiorucci S., Montagné N., Golebiowski J., Jacquin-Joly E. (2020). Machine learning decodes chemical features to identify novel agonists of a moth odorant receptor. *Scientific Reports*, 10 (25), 1655, <https://dx.doi.org/10.1038/s41598-020-58564-9>, <https://hal.inrae.fr/hal-03599128>, OA

Caballero-Vidal G., Bouysset C., Gévar J., Mbouid H., Nara C., Delaroche J., Golebiowski J., Montagné N., Fiorucci S., Jacquin-Joly E. (2021). Reverse chemical ecology in a moth: machine learning on odorant receptors identifies new behaviorally active agonists. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 78 (19-20), 6593-6603, <https://dx.doi.org/10.1007/s00018-021-03919-2>, <https://hal.inrae.fr/hal-03635144>, OA

Sélection Fait Marquant SPE 2021

Publications internationales monoparttenaires

Partenaire 1

Koutroumpa F. A., Monsempès C., Anton S., François M.-C., Montagné N., Jacquin-Joly E. (2022). Pheromone Receptor Knock-Out Affects Pheromone Detection and Brain Structure in a Moth. *Biomolecules*, 12 (3), 10 p., <https://dx.doi.org/10.3390/biom12030341>, <https://hal.inrae.fr/hal-03633650>,

OA

Meslin C., Mainet P., Montagné N., Robin S., Legeai F., Bretaudeau A., Johnston J., Koutroumpa F. A., Persyn E., Monsempès C., François M.-C., Jacquin-Joly E. (2022). *Spodoptera littoralis* genome mining brings insights on the dynamic of expansion of gustatory receptors in polyphagous noctuidae. *G3*, 1-12, <https://dx.doi.org/10.1093/g3journal/jkac131>, <https://hal.inrae.fr/hal-03713321>,

OA

Koutroumpa F., Monsempès C., François M.-C., Severac D., Montagné N., Meslin C., Jacquin-Joly E. (2021). Description of Chemosensory Genes in Unexplored Tissues of the Moth *Spodoptera littoralis*. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9, <https://dx.doi.org/10.3389/fevo.2021.678277>, <https://hal.inrae.fr/hal-03635149>,

OA

Revadi S., Giannuzzi V. A., Rossi V., Hunger G. M., Conchou L., Rondoni G., Conti E., Anderson P., Walker W., Jacquin-Joly E., Koutroumpa F. A., Becher P. (2021). Stage-specific expression of an odorant receptor underlies olfactory behavioral plasticity in *Spodoptera littoralis* larvae. *BMC Biology*, 19 (25), <https://dx.doi.org/10.1186/s12915-021-01159-1>, <https://hal.inrae.fr/hal-03420548>,

OA

Poivet E., Gallot A., Montagné N., Senin P., Monsempès C., Legeai F., Jacquin-Joly E. (2021). Transcriptome Profiling of Starvation in the Peripheral Chemosensory Organs of the Crop Pest *Spodoptera littoralis* Caterpillars. *Insects*, 12 [25], 573, <https://dx.doi.org/10.3390/insects12070573>, <https://hal.inrae.fr/hal-03278298>, OA

Bastin-Héline L., de Fouchier A., Cao S., Koutroumpa F. A., Caballero-Vidal G., Robakiewicz S., Monsempès C., Franç M.-C., Ribeyre T., Maria A., Chertemps T., de Cian A., Ill W. B. W., Wang G., Jacquin-Joly E., Montagné N. (2019). A novel lineage of candidate pheromone receptors for sex communication in moths. *eLife*, 8, <https://dx.doi.org/10.7554/eLife.49826>, <https://hal.inrae.fr/hal-02531429>,

OA

Communiqué de presse INRA National 2019 – sélection Fait Marquant SPE 2019

<http://presse.inra.fr/Communiqués-de-presse/Une-nouvelle-cible-dans-la-lutte-contre-la-noctuelle-du-coton>

de Fouchier A., Sun X., Caballero-Vidal G., Travaillard S., Jacquin-Joly E., Montagne N. (2018). Behavioral Effect of Plant Volatiles Binding to *Spodoptera littoralis* Larval Odorant Receptors. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 12, 264, <https://dx.doi.org/10.3389/fnbeh.2018.00264>, <https://hal.inrae.fr/hal-02092884>,

OA

de Fouchier A., Walker W., Montagne N., Steiner C., Binyameen M., Schlyter F., Chertemps T., Maria A., François M.-C., Monsempès C., Anderson P., Hansson B., Larsson M., Jacquin-Joly E. (2017). Functional evolution of Lepidoptera olfactory receptors revealed by deorphanization of a moth repertoire. *Nature Communications*, 8, 15709, <https://dx.doi.org/10.1038/ncomms15709>, <https://hal.inrae.fr/hal-01938636>,

OA

Fait marquant retenu dans le compilation “10 ans de faits marquants SPE”

Partenaire 3

Licon CC, Bosc G, Sabri M, Mantel M, Fournel A, Bushdid C, Golebiowski J, Robardet C, Plantevit M, Kaytoue M, Bensafi M (2019) Chemical features mining provides new descriptive structure-odor relationships. *Plos Computational Biology*, 15[25]:e1006945

<https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1006945>

OA

Bushdid, C.A. de March, H. Matsunami, J. Golebiowski (2018) Numerical Models and In Vitro Assays to Study Odorant Receptors. *Methods in Molecular Biology*, 1820:77-93 [10.1007/978-1-4939-8609-5_7](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-8609-5_7)

Bushdid, C.A. de March, S. Fiorucci, H. Matsunami, J. Golebiowski (2018) Agonists of G protein-coupled odorant receptors are predicted from chemical features. *The Journal of Physical Chemistry Letters*, 9, 2235-2240. <https://doi.org/10.1021/acs.jpcllett.8b00633>
OA

Pacalon J, Audic G, Magnat J, Philip M, Golebiowski J, Moreau CJ, Topin J. Ligand of the conserved insect odorant receptor co-receptor reaches its binding site through a dynamic translocation pathway. 2022, *under review*

Conférences/communications affichées

Conférences invitées dans des congrès internationaux (P : partenaires impliqués)

Hladiš M., J. Pacalon, M. Lalis, S. Fiorucci, J. Topin (2022) Odorant binding and receptor activation deciphered at the molecular level. European Chemoreception Research Organisation (ECRO), Berlin (Germany), September. **P3**

Jacquin-Joly E., Caballero-Vidal G., Bouysset C., de Fouchier A., Golebiowski J., Fiorucci S., Montagné N. (2021) Function of odorant receptors in a moth. *Insect Olfaction and Taste in 24 Hours Around the Globe*. Virtual conference, 11-12 aout. **P1, P3**

Retransmission youtube

<https://www.youtube.com/watch?v=eROTKZFhu9w>

Jacquin-Joly E., Caballero-Vidal G., Walker W., Bastin-Héline L., de Fouchier A., Wang G., Cao S., Chertemps T., Koutroumpa F., Bouysset C., Golebiowski J., Fiorucci S., Montagné N. (2020) Molecular bases of chemoreception in a crop pest moth. Symposium “Entomology 2020, entomology for all”, *Entomological Society of America (USA) virtual annual meeting*, 11-25 Nov, Virtual. **P1, P3**

Jacquin-Joly E., Caballero-Vidal G., Meslin C., Koutroumpa F., Bastin-Héline L., de Fouchier A., Walker W., Larsson M., Montagné N. (2019) Insect Olfactory Receptors as new targets for insect biocontrol: what can we learn from *Spodoptera*? *EFOR Symposium on Biocontrol*, Paris, 6 mai **P1**

Jacquin-Joly E., Bastin-Héline L., de Fouchier A., Cao S., Koutroumpa F., Caballero-Vidal G., Monsempès C., François M.C., Walker W.B., Wang G., Montagné N. (2019) A novel lineage of pheromone receptors for sex communication in moths. *10th meeting of the Asia-Pacific association of chemical ecology*, Hangzhou, Chine, 9-13 Oct. **P1**

Keynote speaker

Jacquin-Joly E. (2018) Insect chemoreception in a context of plant protection. *International workshop on the Red Palm Weevil*. 1 March, Thuwal, Arabie Saoudite **P1**

Jacquin-Joly E. (2018) What can we learn from the biodiversity of insect chemosensory receptors? *International workshop on 3 Smell Sensing*, 17-18 Avril, Tulln, Autriche **P1**

Jacquin-Joly E. (2018) Molecular basis of insect chemical communication: exploring the diversity and function of insect chemosensory receptors. *XI European congress of entomology*, 2-6 juillet, Naples, Italie

Keynote speaker **P1**

Jacquin-Joly E., Meslin C., De Fouchier A., Mainet P., Walker III W., Hansson B., Larsson M., Montagné N. (2018) Diversity of odorant and gustatory receptors in the moth *Spodoptera littoralis*: towards understanding what makes a polyphagous species a pest. *Congress of the International Society of Chemical Ecology*, 12-17 aout, Budapest, Hongrie. **P1**

Jacquin-Joly E. (2018) Functional olfactomics in a crop pest moth. *World Life Science Conference*, Beijing, China 26-29 Oct. **P1, P3**

Jacquin-Joly E. (2017) Functional studies of *Spodoptera* olfactory receptors : towards new perspectives in pest control. International conference on *Spodoptera*. *International conference on management of destructive agricultural pests Spodoptera* (Noctuidae), Chongqing, China, 15-17 Nov. **P1, P3**

de Fouchier A., Walker III W., Binyameen M., Koutroumpa F., Meslin C., Caballero-Vidal G., Bastin-Héline L., Royer C., de Cian A., Concordet J.P., Larsson M., Montagné N., Jacquin-Joly E. (2017) Functional olfactomics in Lepidoptera: identification and characterization of olfactory receptors in the cotton leafworm *Spodoptera littoralis*. *2nd Iranian International congress of entomology*, 1-4 Sept, Karaj, Iran. **P1**

Conférences invitées dans des congrès nationaux

- Jacquín-Joly E., Lucas P. (2021) Les récepteurs olfactifs des insectes : cibles et outils de biocontrôle des insectes ravageurs. *Colloque Écophyto recherche & Innovation 2021*. Webinaire « Un monde d'odeurs », 4 novembre. **P1**
Retransmission youtube
https://www.youtube.com/watch?v=kNOZY8VgtyY&list=PL6M0JVWAhyQkQ-dvfp8IZ_2f8CLqXAGCl&index=4
- Jacquín-Joly E. (2020) Médiateurs chimiques en biocontrôle et perspectives offertes par la connaissance des mécanismes olfactifs. *Journée du réseau EMBA*, 13 nov **P1, P3**
- Fiorucci S. (2020) From genes to perception: decoding chemical senses by numerical and molecular modeling approaches. 8e Journée Méditerranéenne des Jeunes Chercheurs (JMJC2020), SCF PACA, Toulon (webinar), 20 novembre **P1, P3**
- Fiorucci S. (2019) Décrypter le code des odeurs. Journée « De la Fleur aux Parfums » : Nouvelles Technologies, Intelligence Artificielle & Big Data, Pôle PASS-Terralia, Grasse, 26 novembre **P1, P3**
- Jacquín-Joly E. (2018) L'olfaction chez les insectes : des mécanismes moléculaires aux applications en agronomie et santé humaine. 4 avril, *Mini symposium « olfaction »*, Sorbonne Université, Paris **P1, P3**
- Jacquín-Joly E. (2017) Innovative approaches for pest control based on olfactory receptor disruptors. *Journée du consortium Biocontrôle*, Maison du végétal, Angers, 23 nov **P1**
- Jacquín-Joly E. (2017) AFPP. «Les récepteurs olfactifs des insectes : cibles potentielles pour des stratégies innovantes de biocontrôle ». Journée Thématique : Ecologie chimique. *Chemical ecology: new contributions to plant protection against pests*. Montpellier Supagro, 24 octobre **P1**
- Jacquín-Joly E. & Heligon C. (2017) Les récepteurs olfactifs des insectes: de nouvelles cibles en protection des cultures. Congrès Biotech Biogenouest Gen2Bio, Les sciences environnementale, Nantes, 14 mars **P1**
- Montagné N. et al (2017) Journées du GDR O3, Paris **P1, P3**

Autres conférences dans des congrès internationaux

- Meslin C., P. Mainet, N. Montagné, S. Robin, F. Legeai, A. Bretaudeau, J. Spencer Johnston, F. Koutroumpa, E. Persyn, C. Monsempès, M-C. François, E. Jacquín-Joly (2022) *Spodoptera littoralis* genome mining brings insights on the dynamic of expansion of gustatory receptors in polyphagous noctuidae. 11th International workshop on molecular biology and genetics of the Lepidoptera. Kolympari, Crete, 22-27 August **P1**
- Caballero-Vidal G., Bouysset C., Gévar J., Mbouzi H., Nara C., Delaroche J., Golebiowski J., Montagné N., Fiorucci S., Jacquín-Joly E. (2022) Reverse chemical ecology in a moth: machine learning on odorant receptors identifies new behaviorally active agonists. International Congress of Entomology, Helsinki, Finlande, 17-22 juillet. **P1, P3**
- Montagné N., Capoduro R., Lenaerts C., Dabir-Moghaddam D., Cao S., Zhang S., Liu Y., Wang G., Chertemps T., Meslin C., Jacquín-Joly E. (2022) Evolution of pheromone communication in moths of the genus *Spodoptera*. 17th European Symposium for insect taste and olfaction, Kristianstad, Suède, 15-20 mai. **P1**
- Caballero-Vidal G., Bouysset C., Fiorucci S., Montagné N., Golebiowski J., Jacquín-Joly E. (2019) Reverse chemical ecology expands the list of ligands for a crop pest insect odorant receptor. XI EBEQ, Brazilian meeting on chemical ecology, Maceio, Brésil, 23-26 Octobre **P1, P3**
- Prix des 3 meilleures communication orales**
- Caballero-Vidal G., Bouysset C., Fiorucci S., Golebiowski J., Meslin C., Monsempès C., François M.C., Montagné N., Jacquín-Joly E. 2019. Exploring the odor space of *Spodoptera littoralis* larvae. European Symposium on Insect Taste and Olfaction, Villasimius, Sardaigne, Italie, 15-20 sept. Oral **P1, P3**
- Bastin-Héline L., de Fouchier A., Cao S., Meslin C., Koutroumpa F., Caballero-Vidal G., Monsempès C., François M.C., Wang G., Jacquín-Joly E., Montagné N. 2019 Evolution of an atypical moth pheromone receptor in the genus *Spodoptera*. European Symposium on Insect Taste and Olfaction, Villasimius, Sardaigne, Italie, 15-20 sept. Oral **P1**
- Vendroux P., Montagné N., François M.C., Renou M., Jacquín-Joly E. (2019). Would pheromone sensory neurons express more than one odorant receptor? *European Symposium on Insect Taste and Olfaction*, Villasimius, Sardaigne, 15-20 sept. **P1**
- Jacquín-Joly E., De Fouchier, Walker III W., Binyameen M., Koutroumpa K., Meslin C., Hansson B., Larsson M., Montagné (2018) Molecular basis of Lepidoptera chemical communication: genomic identification and functional characterization of the *Spodoptera littoralis* odorant receptor repertoire. *Molecular biology and genomics of the Lepidoptera*, Kolympari, Crête, 19-24 aout. **P1**
- Caballero-Vidal G., Audic G., Heligon C., Meslin C., Walker W., Montagné N., Jacquín-Joly E. (2018) Comparison of adult and larval olfactory receptors in the crop pest moth *Spodoptera littoralis*. PhD course in Chemical Ecology, SLU, Alnarp, Suède, 11-22 juin. Oral **P1, P2**

- Jacquin-Joly E., De Fouchier, Walker III W., Binyameen M., Koutroumpa K., Meslin C., Hansson B., Larsson M., Montagné (2018) Molecular basis of Lepidoptera chemical communication: genomic identification and functional characterization of the *Spodoptera littoralis* odorant receptor repertoire. *Molecular biology and genomics of the Lepidoptera*, Kolympari, Crête, 19-24 aout. **P1**
- Jacquin-Joly E. (2017) Insect chemosensory receptors: new targets for the development of innovative approaches for crop pest biocontrol. *Check-in-Bio International workshop*, "Chemical Ecology Inputs in Biological control » 13 juillet, Nice, France **P1, P2, P3**
- Bastin-Héline L., Caballero-Vidal G., Meslin C., Wang G., Jacquin-Joly E., Montagné N. 2017. Characterization of a putative novel subfamily of pheromone receptors in *Spodoptera* species. 15th ESITO (European Symposium on insect taste and Olfaction), Villasimius, Sardaigne, 17-22 septembre. **P1**
- Meslin C. et al. (2017) The genome of *Spodoptera littoralis*. International conference on *Spodoptera*. Congqing, China, 15-17 Nov. **P1**
- Meslin C., de Fouchier A., Caballero-Vidal G., Bastin-Héline L., Monsempès C., François M.C., Bretaudeau A., Legeai F., Robin S., Montagné N., Jacquin-Joly E. (2017). Functional and evolutionary dynamics of the olfactory receptor gene family in Noctuidae species. 15th ESITO (European Symposium on insect taste and Olfaction), Villasimius, Sardaigne, 17-22 septembre. **P1**

Autres conférences dans des congrès nationaux

- Pacalon J., G. Audic, M. Philip, J. Golebiowski, C.J. Moreau, J. Topin. Binding site identification of the highly conserved insect odorant co-receptor (ORco) (2021). Rencontres annuelles du GDR-O3, webinaire, 25 novembre **P3**
- Jacquin-Joly E., Caballero-Vidal G., Bouysset C., Gévar J., Golebiowski J., Fiorucci S., Montagné N. (2021) Identification de nouveaux médiateurs chimiques actifs sur le comportement d'un insecte par une approche d'écologie chimique inverse appliquée à ses récepteurs olfactifs. *Journées du GDR MediatEC*, Toulouse, 27-29 octobre. **P1, P3**
- Jacquin-Joly E., Capoduro R., de Fouchier A., Bastin-Héline L., Lucas P., Pain A., Antony B., Montagné N. (2020). Insect odorant receptors: promising targets for artificial nose. *GDR BIOMIM annual meeting*, 13-14 oct, Nice. **P1**
- Caballero-Vidal G., Bouysset C., Fiorucci S., Montagné N., Golebiowski J. and Jacquin-Joly E. 2019 Prédiction *in silico* de ligands actifs sur les récepteurs olfactifs du papillon de nuit *Spodoptera littoralis*. *Colloque de Biologie de l'Insecte*, 26-28 juin, Albi, France. **P1, P3**
- Koutroumpa F., Monsempès C., François M.C., Bastin-Héline L., De Cian A., Concordet J.P., Jacquin-Joly E. (2019) Edition du génome via CRISPR-Cas9 : mise au point chez un papillon et application à l'étude de son odorat. *Colloque de Biologie de l'Insecte*, 26-28 juin 2019, Albi, France **P1**
- Poivet E., Gallot A., Montagné N., Senin P., Legeai F., Jacquin-Joly E. (2018) Molecular bases of chemosensory plasticity upon starvation: RNAseq expression profiling in the cotton leafworm *Spodoptera littoralis*. *Club de Neurobiologie des Invertébrés*, 24-25 mai, Versailles. **P1**
- Caballero-Vidal G., Audic G., Heligon C., Meslin C., Walker W.B., Montagné N., Jacquin-Joly E. (2018) Comparison of adult and larval olfactory receptors in the crop pest moth *Spodoptera littoralis*. *Club de Neurobiologie des Invertébrés*, 24-25 mai, Versailles. **P1, P2**
- Bastin-Héline L., Caballero-Vidal G., Meslin C., Wang G., Jacquin-Joly E., Montagné N. 2018. Characterization of a putative novel subfamily of pheromone receptors in *Spodoptera* species. *Club de Neurobiologie des Invertébrés*, 24-25 mai, Versailles. **P1**
- Jacquin-Joly E. (2017) Functional studies of olfactory receptors in *Spodoptera littoralis*. *Journées du réseau ADALEP*, Montpellier, 30-31 oct. **P1**
- Heligon C. et al. (2017), Finding and characterizing ligands for any species' membrane receptors using *Xenopus* oocytes. Journée Exploration Fonctionnelle de Biogenouest, 19 sept. **P1, P2**
- Bastin-Héline L., Caballero-Vidal G., Meslin C., Wang G., Jacquin-Joly E., Montagné N. 2017. Characterization of a putative novel subfamily of pheromone receptors in *Spodoptera* species. *Journées du réseau ADALEP*, Montpellier, 30-31 oct. **P1**
- Caballero-Vidal G., Audic G., Heligon C., Meslin C., Walker W.B., Montagné N., Jacquin-Joly E. 2017. Development of a high-throughput screening platform for the study of *Spodoptera littoralis* olfactory receptors. *Journées du réseau ADALEP*, Montpellier, 30-31 oct. **P1, P2**

Posters dans des congrès internationaux

- Topin J., J. Pacalon, G. Audic, J. Golebiowski, C. Moreau (2022) Identification of entry pathway and binding site of insect odorant co-receptor. *Association of Chemoreception Sciences*, Bonita spring (USA), April **P3**

- Hladis M., J. Pacalon, M. Lalys, C. Bouysset, S. Fiorucci, J. Topin (2022) Deciphering Chemical Senses at the Molecular Scale. **Gordon Research Conference on Ligand Recognition and Molecular Gating**, Lucca (Italy), March. **P3**
- Li Z., Capoduro R, Jacquin-Joly E., Montagné M., Meslin C. (2022) Deciphering the molecular basis of pheromone receptor specificity in *Spodoptera littoralis*. **11th International workshop on molecular biology and genetics of the Lepidoptera**. Kolympari, Crete, 22-27 August **P1**
- Pacalon J., Hocine H., Monetti V., Caballero-Vidal G., Bouysset C., Montagné N., Jacquin-Joly E., Fiorucci S. (2022) AI-guided reverse chemical ecology applied to pest control. **European Chemoreception Research Organization ECRO XXXII**, Berlin, Allemagne, 31 aout-03 sept. **P1, P3**
- Pacalon J., G Audic, C. Moreau, J. Topin, J. Golebiowski (2021) Binding site identification of the highly conserved insect odorant co-receptor (ORco). **European Chemoreception Research Organisation (ECRO)**, Cascais (Portugal), September **P3**
- Jacquin-Joly E., Caballero-Vidal G., Bouysset C., Gévar J., Golebiowski J., Fiorucci S., Montagné N. (2021) Reverse chemical ecology leads to the identification of new agonists of insect odorant receptors. **European ChemoReception Organization XXXI meeting**, Cascais, Portugal, 13-16 sept. **P1, P3**
- Jacquin-Joly E., Meslin C., Montagné N. (2020) Function and evolution of insect chemosensory receptors. **Arthropod Genomics Symposium**, 21-23 July, Virtual Symposium. **P1**
- François M.C., Canette A., Monsempès C., Jacquin-Joly E., Meslin C. 2019. Overview of the location of gustatory sensilla in *Spodoptera littoralis*. **European Symposium on Insect Taste and Olfaction**, Villasimius, Sardaigne, Italie, 15-20 sept. **P1**
- Koutroumpa F., Monsempès C., François M-C., Bastin-Helene L., De Cian A., Concordet J.P., Jacquin-Joly E. (2019) Of Moths and CRISPR. 2019. **European Symposium on Insect Taste and Olfaction**, Villasimius, Sardaigne, Italie, 15-20 sept. **P1**
- Montagné N., Koutroumpa F., Meslin C., Bretaudeau A., Legeai F., Robin S., Jacquin-Joly E. (2018) Large expansion of gustatory receptors in the genome of the noctuid moth *Spodoptera littoralis*. **European Congress of Entomology**, 2-8 Juillet, Naples, Italie. **P1**
- Montagné N., Koutroumpa F., Meslin C., Bretaudeau A., Legeai F., Robin S., Jacquin-Joly E. (2018) Large expansion of gustatory receptors in the genome of the noctuid moth *Spodoptera littoralis*. **Congress of the International Society of Chemical Ecology**, 12-17 aout, Budapest, Hongrie. **P1**
- Revadi S.V., Hunger G.M., Jacquin-Joly E., Anderson P., Walker W.B., Becher P.G. (2018) Differential expression of odorant receptors during two larval stages of *Spodoptera littoralis*. **Congress of the International Society of Chemical Ecology**, 12-17 aout, Budapest, Hongrie. **P1**
- Montagné N., Koutroumpa F., Meslin C., Bretaudeau A., Legeai F., Robin S., Jacquin-Joly E. (2017) Large expansion of gustatory receptors in the genome of the noctuid moth *Spodoptera littoralis*. **15th ESITO (European Symposium on insect taste and Olfaction)**, Villasimius, Sardaigne, 17-22 septembre. **P1**
- Caballero-Vidal G., Audic G., Heligon C., Meslin C., Walker W.B., Montagné N., Jacquin-Joly E. 2017. Development of a high-throughput screening platform for the study of *Spodoptera littoralis* olfactory receptors. **15th ESITO (European Symposium on insect taste and Olfaction)**, Villasimius, Sardaigne, 17-22 septembre. **P1, P2**

Posters dans des congrès nationaux

- Pacalon, G Audic, C. Moreau, J. Topin, J. Golebiowski (2021) Binding site identification of the highly conserved insect odorant co-receptor (ORco). 22e congrès du **Groupe Graphisme et Modélisation moléculaire (GGMM)**, Lille (France), October. **P3**
- Koutroumpa F., Monsempès C., François M-C, Bastin-Helene L., De Cian A., Concordet J.P., **Jacquin-Joly E.** (2019) Of Moths and CRISPR. **Grande Conférence de l'Académie de Sciences "Insects: friends, foes and models"**, Institut de France, Paris, 12-14 mars. **P1**
- Montagné N., de Fouchier A., Walker W.B., Steiner C., Binyameen M., Schlyter F., Chertemps T., Maria A., François M.C., Monsempes C., Anderson P., Hansson B.S., Larsson M. C., **Jacquin-Joly E.** (2019) Functional characterization of odorant receptors in a herbivorous pest insect. **Grande Conférence de l'Académie de Sciences "Insects: friends, foes and models"**, Institut de France, Paris, 12-14 mars. **P1**
- Montagné N., de Fouchier A., Walker W.B., Steiner C., Binyameen M., Schlyter F., Chertemps T., Maria A., François M.C., Monsempes C., Anderson P., Hansson B.S., Larsson M. C., Jacquin-Joly E. (2019) Functional characterization of odorant receptors in a herbivorous pest insect. **Grande Conférence de l'Académie de Sciences "Insects: friends, foes and models"**, Institut de France, Paris, 12-14 mars. **P1**
- Montagné N., Koutroumpa F., Meslin C., Bretaudeau A., Legeai F., Robin S., Jacquin-Joly E. (2018) Large expansion of gustatory receptors in the genome of the noctuid moth *Spodoptera littoralis*. **Club de Neurobiologie des Invertébrés**, 24-25 mai, Versailles. **P1**

Bouysset C., Briand L., Belloir C., Jacquin-Joly E., Caballaro-Vidal G., Golebiowski J., Antonczak S., Fiorucci S. (2018) Chemosensory percepts encoded in machine learning models. *Chemoinformatics Strasbourg Summer School* 2018, University of Strasbourg, 25 June - 29 June 2018. **P1, P3**

Autres conférences/séminaires invités

- Jacquin-Joly E. (2022) Digital and functional olfactomics in a crop pest moth. *Cirad, La Réunion*, oct [Séminaire invité P1,P3](#)
- Jacquin-Joly E. (2019). Functional olfactomics in a crop pest moth. *Les séminaires de l'INAF*, CNRS Gif, 4 octobre. [Séminaire invité P1,P3](#)
- Jacquin-Joly E. (2018) Diversity of odorant and gustatory receptors in a moth : towards understanding what makes a polyphagous species a pest. *Institut of Zoology*, Beijing, China, Oct. [Séminaire invité P1](#)

Autres actions de diffusion

Articles/chapitres/ouvrages de vulgarisation

- Jacquin-Joly E. (2019) L'odorat des insectes, vers de nouvelles solutions de biocontrôle des espèces invasives. *Valeurs Vertes*, 158, 17-18 **P1**
- JACQUIN-JOLY E. (2021) UNE COOPERATION FRANCO-CHINOISE SUR L'ODORAT DES INSECTES RAVAGEURS. MAGAZINE "LE CNRS EN CHINE" NUMERO 34 **P1**
- Jacquin-Joly E. and Lucas P. « Les regards d'Emmanuelle Jacquin-Joly et de Philippe Lucas, Le machine learning et la modélisation 3D accélèrent la découverte de signaux chimiques pour le biocontrôle ». Dans : Xavier Reboud. *Actes du colloque Ecophyto Recherche & Innovation 2021* : Synthèse des webinaires de restitution des appels à projets Pesticides 2014, JEVI 2016 et PSPE2. Colloque Ecophyto Recherche & Innovation 2021, Oct 2021, Visio-conférence, France. 2022, 10.17180/BVZR-DZ03. hal-03650918. Page 22. **P1**
- Malausa T., **Jacquin-Joly E.**, Frérot B., Marion-Poll F., Thiery D., et al. (2018) Les conquêtes de l'INRA pour le biocontrôle. France. *INRA Sciences & Impact*, 32 p. [\(hal-01963048\)](#) **P1**
- Extended Biocontrol**. Livre. Eds : Fauvergue X., Rusch A., Barret M., Bardin M., Jacquin-Joly E., Malausa T., Lannou C. (2022-06-08). Springer Dordrecht, 327 p., <https://hal.inrae.fr/hal-03695954> **3441 accès au 11/09/2022 P1**
- Biocontrôle. Éléments pour une protection agroécologique des cultures**. Livre. Eds : Fauvergue X., Rusch A., Barret M., Bardin M., Jacquin-Joly E., Malausa T., Lannou C. (2020). Editions Quae, 376 p., <https://hal.inrae.fr/hal-02791036> **P1**
- Functional Characterization of Insect Chemoreceptors : Receptivity Range and Expression**. *e-book* pour *Frontiers in Ecology and Evolution*. Eds: Walker W.B., Jacquin-Joly E., Hill S.R (2016) **0.1M de vues**
ISBN 978-2-88919-860-3 DOI 10.3389/978-2-88919-860-3
OA P1
- Lucas P., Montagné N., **Jacquin-Joly E.** (2022) In : *Extended Biocontrol*. Fauvergue, X., Rusch, A., Barret, M., Bardin, M., Jacquin-Joly, E., Malausa, T., Lannou, C. (eds.). Springer Dordrecht, 327 p <https://hal.inrae.fr/hal-03695954> **P1**
- Anton S., **Jacquin-Joly E.** (2022). In : *Extended Biocontrol*. Fauvergue, X., Rusch, A., Barret, M., Bardin, M., Jacquin-Joly, E., Malausa, T., Lannou, C. (eds.). Springer Dordrecht, 327 p <https://hal.inrae.fr/hal-03695954> **P1**
- Lucas P., Montagné N., **Jacquin-Joly E.** (2020) Anatomie et fonctionnement du système chimiosensoriel des insectes. Chapitre 16. In : *Biocontrôle. Éléments pour une protection agroécologique des cultures*. Fauvergue, X., Rusch, A., Barret, M., Bardin, M., Jacquin-Joly, E., Malausa, T., Lannou, C. (eds.). Savoir Faire (Quae). Versailles, pp. 209-220. <https://hal.inrae.fr/hal-02791036> **P1**
- Anton S., **Jacquin-Joly E.** (2020). Médiateurs chimiques et lutte contre les insectes. Chapitre 17. In : *Biocontrôle. Éléments pour une protection agroécologique des cultures*. Fauvergue, X., Rusch, A., Barret, M., Bardin, M., Jacquin-Joly, E., Malausa, T., Lannou, C. (eds.). Savoir Faire (Quae). Versailles, pp. 221-228. <https://hal.inrae.fr/hal-02791036> **P1**

- Montagné N., Wanner K., **Jacquin-Joly E.** (2020) Olfactory genomics within the Lepidoptera. Chapter 15, in: *Insect Pheromone, Biochemistry and Molecular Biology*. Eds: Blomquist G., Vogt R. Second Edition, Elseviers. ISBN: 9780128196298 **P1**
- Jacquin-Joly E., Groot A. (2018). Pheromones, Insects. In : *Encyclopedia of Reproduction*. Elsevier, 465-471, <https://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-809633-8.20593-1>, <https://hal.inrae.fr/hal-02925926>, **OA P1**
- Calatayud, PA; Sauvion, N; Thiery, D; Rebaudo, F; Jacquin-Joly, E. "Plant-Insect Interactions." In Oxford Bibliographies in Ecology. Ed. David Gibson. New York: Oxford University Press, 2020. **P1**

Conférences de vulgarisation

- Jacquin-Joly E. (2020) Interactions plantes-insectes, mieux les comprendre pour adapter les stratégies de lutte. Journée d'animation scientifique de la *Chambre d'agriculture de Montauban* (webinar) 10 dec.
Conférence invitée, P1
- Golebiowski J. (2019) 80 ans du CNRS, de la molécule à l'odeur, 3 avril
Conférence invitée, P3
- Jacquin-Joly E. (2019) L'odorat des insectes, vers de nouvelles solutions de biocontrôle des espèces invasives. Colloque *Les entretiens écologiques*, Entre pollutions et protection des cultures : ce que les maires veulent savoir. « Les élus confrontés aux espèces invasives » Association des Maires de France/Valeurs vertes, Paris. 9 avril.
Conférence invitée, P1 P3
- Golebiowski J. (2019) l'origine des odeurs, La Nuit des Sciences, Paris, Juin
Conférence invitée, P3
- Jacquin-Joly E. (2018) L'édition du génome peut-elle aider à combattre les insectes nuisibles? du knock-out au gene drive. *Colloque de l'Académie d'Agriculture: Les nouvelles biotechnologies pour l'agriculture et l'alimentation. Les innovations d'aujourd'hui, des réalités de demain.* Paris, 22 nov.
Conférence invitée, P1
- Jacquin-Joly E. (2018) L'écologie chimique, une voie de biocontrôle. *Séance de l'académie d'agriculture*, 12 dec 2018, Paris.
Conférence invitée, P1

Autres actions de diffusion

- 2022 expertise auprès du **journaliste Loïc Chauveau**, pour un article publié dans la revue Science et avenir n° 903, mai « Odorat des insectes : le comprendre permettra de sauver les cultures »
https://www.sciencesetavenir.fr/animaux/arthropodes/le-comprendre-permettra-de-sauver-les-cultures_163114
- 2021 invitée au « speed searching », **Marché des connaissances**, semaine de culture scientifique et technique de l'Université Bordeaux Montaigne, thème : « l'enquête des sens »
- 2019 Participation sur invitation aux **Utopiales 2019**, Nantes, animation et table ronde ouverte aux questions du public « Mignone allons voir si la rose », novembre 2019
<https://www.utopiales.org/event/mignonne-allons-voir-si-la-rose/>
- 2019 Organisation du stand « insectes et odeurs » sur le stand INRAE du **Salon international de l'agriculture** (SIA)
- 21.02.2019 : participation à la **conférence de presse INRA** sur la vie secrète des plantes et des animaux » en vue du SIA 2019
- 2019 : **interview radio RFI** par Agnès Rougier, émission du 27/02/2019 « Agriculture: le biocontrôle ou lutter contre les insectes sans pesticides »
<http://www.rfi.fr/emission/20190227-agriculture-lutter-contre-insectes-pesticides>
REP_FRA_27-02-19_Controler_les_insectes_sans_pesticides.mp3 (audio/mpeg)
- 2019 : **interview Huffington post** rubrique *Science* 25/02/2019 « les odeurs pour remplacer les pesticides »
https://www.huffingtonpost.fr/2019/02/25/salon-de-lagriculture-les-odeurs-pour-remplacer-les-pesticides_a_23677743/
https://www.huffingtonpost.fr/2019/02/25/salon-de-lagriculture-les-odeurs-pour-remplacer-les-pesticides_a_23677743/?utm_hp_ref=fr-homepage&ncid=other_homepage_tiwdkz83gze&utm_campaign=mw_entry_recirc
- 2019 : **interview** « Techniques de l'ingénieur »
<https://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/articles/alternatives-aux-pesticides-place-aux-odeurs-64085/>

- 2019 **Interview** par Loïc Chauveau, article publié dans la revue *Science et Avenir* n° mai 2019, P64
- 2019 reportage sur le labo dans la **bande dessinée** « Dans le secret des labos », JY Duhoo, édition Dupuis
- 2019 **animation scientifique en école élémentaire** : CM1 de l'école élémentaire Louis Pergaud de Trappes. Concrètement, l'atelier se déroulerait dans la classe avec un groupe de 14 élèves, les jeudis après-midi 14 et 21 novembre
- 2018 **Interview** pour la revue "Nez" "le nez chez les insectes", N°5, 2018
- 2018 **interview** "Live" multimedia Twitter et Periscope pour l'INRA:
<http://blogs.inra.fr/mediatheque/Billets/Live-iEES-Inra-Versailles>
- 2018 participation au dossier de presse de l'INRA « **Biocontrôle** »
- 2017 Accueil et visite du laboratoire pour les ministres de l'agriculture **Stéphane Travert** et de l'environnement **Nicolat Hulot** (10 juillet 2017)
<https://www.youtube.com/watch?v=PokV52S18F4>

E.3 LISTE DES ELEMENTS DE VALORISATION

Comme dit en C.7, le **partenariat entre iEES-Paris-Institut de Chimie de Nice se poursuit**, avec l'objectif d'améliorer et accélérer les prédictions in silico, tout en travaillant l'expérimentation haut-débit. Notre approche interdisciplinaire alliant intelligence artificielle et cribles expérimentaux vient d'être soutenue par le CNRS par un projet de la **MITI** (Mission pour les initiatives transverses et interdisciplinaires). Le concept d'écologie chimique inverse a piqué l'intérêt de la **start-up de biocontrôle Agriodor**, avec laquelle nous sommes déjà engagés dans trois récents projets financés (PNRI Betterave, 2021-2023, Plan Phosmet 2022-2025, **HORIZON-CL6-2021-FARM2FORK-01-19 2023-2026**). Son savoir-faire en formulation et tests de terrains de sémiochimiques est tout à fait complémentaire de ce que nous apportons, et nous réfléchissons ensemble à pérenniser et formaliser notre collaboration par la création, par exemple, d'un laboratoire partenaire associé. L'ambition est, à terme, de proposer un **pipeline automatisé** et applicable à d'autres ravageurs pour apporter rapidement de nouvelles solutions de biocontrôle à base de sémiochimiques.

E.4 BILAN ET SUIVI DES PERSONNELS RECRUTES EN CDD (HORS STAGIAIRES)

Identification				Avant le recrutement sur le projet			Recrutement sur le projet				Après le projet				
Nom et prénom	Sexe H/F	Adresse email (1)	Date des dernières nouvelles	Dernier diplôme obtenu au moment du recrutement	Lieu d'études (France, UE, hors UE)	Expérience prof. Antérieure, y compris post-docs (ans)	Partenaire ayant embauché la personne	Poste dans le projet (2)	Durée missions (3)	Date de fin de mission sur le projet	Devenir professionnel	Type d'employeur (5)	Type d'emploi (6)	Lien au projet ANR (7)	Valorisation expérience (8)
Koutroum pa Fotini	F		Sept 2022	doctorat	France	2	1	Post-doc	27 mois	31/01/2021	Poste permanent CR INRAE	enseignement et recherche publique	Chercheur CRCN	non	
Capoduro Rémi	H		Sept 2022	Master	France	2	1	IE	3 mois	30/06/2022	CDD IE	enseignement et recherche publique	IE	Oui (partenaire 1)	
Topin Jérémie	H		Sept 2022	Doctorat	France	4	3	Postdoc	6 mois	26/08/2019	Poste permanent	enseignement et recherche publique	Enseignant-chercheur	oui	oui
Pacalon Jody	H		Sept 2022	Master	France	2	3	Doctorat	3 mois (prolongation de contrat dû au covid)	30/06/2022	Postdoc	enseignement et recherche publique	Chercheur	oui	oui