

Colloque Adebiotech

Insectes : une filière d'avenir pour les biotechnologies

2 et 3 décembre 2014

Parc Technologique Biocitech, Romainville

Table des matières

| | |
|---|-----------|
| Préface | 5 |
| Programme détaillé | 6 |
| Résumés des Conférences | 9 |
| <i>JEAN-MARC REICHHART - INSTITUT DE BIOLOGIE MOLECULAIRE ET CELLULAIRE</i> | <i>9</i> |
| <i>FREDERIC MARION-POLL - CNRS</i> | <i>9</i> |
| <i>ANTOINE HUBERT - YNSECT</i> | <i>10</i> |
| <i>JEAN-BAPTISTE DE PANAFIEU - AUTEUR SCIENTIFIQUE.....</i> | <i>10</i> |
| <i>SAMIR MEZDOUR - AGROPARISTECH</i> | <i>11</i> |
| <i>PHILIPPE SCHMIDELY - AGROPARISTECH</i> | <i>11</i> |
| <i>FREDERIC FRANCIS - ENTOMOFOOD.....</i> | <i>13</i> |
| <i>CEDRIC AURIOL - MICRONUTRIS.....</i> | <i>13</i> |
| <i>YVES LE CONTE - INRA AVIGNON.....</i> | <i>14</i> |
| <i>PHILIPPE SCHMIDELY - AGROPARISTECH</i> | <i>14</i> |
| <i>MIGUEL PROSPER - FFPIDI, FEDERATION FRANÇAISE DES PRODUCTEURS ET IMPORTATEURS, DISTRIBUTEURS D'INSECTES.....</i> | <i>15</i> |
| <i>ANTOINE HUBERT - INTERNATIONAL PRODUCERS OF INSECTS FOR FOOD & FEED</i> | <i>16</i> |
| <i>HASSAN CHAABIHI - AGATE BIOSERVICES.....</i> | <i>16</i> |
| <i>STÉPHANIE SPIRKEL - MERIAL</i> | <i>17</i> |
| <i>ROLAND LUPOLI - INSERM, UNIV. PARIS DESCARTES</i> | <i>17</i> |
| <i>OTTO-WILHELM MERTEN - GENETHON.....</i> | <i>19</i> |
| <i>SANCHI SALGUEIRO - EXPRES2ION BIOTECHNOLOGIES.....</i> | <i>19</i> |
| <i>CHRISTIAN VALENTIN – LYONBIOPOLE</i> | <i>20</i> |
| <i>ELISABETH TABONE - INRA CENTRE DE RECHERCHE PACA UEFM</i> | <i>20</i> |
| <i>ANNE-ISABELLE LACORDAIRE - KOPPERT.....</i> | <i>21</i> |
| <i>JULIEN VENDEVILLE – BIOBEST.....</i> | <i>22</i> |
| <i>CORINNE ROYER - INRA.....</i> | <i>22</i> |
| <i>KARINE LE ROUX - YNSECT</i> | <i>23</i> |
| <i>DAVID GUERRAND - CONSULTANT.....</i> | <i>23</i> |
| <i>MAXIME CHAMILLARD – ADEBIOTECH.....</i> | <i>24</i> |
| <i>PAUL VANTOMME – FAO.....</i> | <i>25</i> |
| Résumés des posters..... | 26 |
| <i>CHRISTINA NIELSEN-LEROUX - INRA.....</i> | <i>27</i> |
| <i>AYMAR RODRIGUE FOGANG MBA - INRA-NANTES/ UNIVERSITE DE YAOUNDE I- CAMEROUN</i> | <i>27</i> |
| <i>JEAN-FRANÇOIS KLEINFINGER - NEXTALIM</i> | <i>28</i> |
| <i>JOHN CONWAY - LALLEMAND INC.....</i> | <i>29</i> |
| <i>ANTOINE VOLATRON - ESIX AGRO-A & MICRONUTRIS</i> | <i>29</i> |
| <i>SAMIR MEZDOUR - AGROPARISTECH</i> | <i>30</i> |
| <i>CHRISTIANE AZAGOH - AGROPARISTECH.....</i> | <i>31</i> |
| <i>JÉRÉMY DEFRIZE - MICRONUTRIS.....</i> | <i>31</i> |
| <i>SIMONE BELLUCO - ISTITUTO ZOOPROFILATTICO SPERIMENTALE DELLE VENEZIE</i> | <i>32</i> |
| <i>PIERRE ROUGÉ - FACULTE DE PHARMACIE TOULOUSE</i> | <i>33</i> |
| <i>PIERRE ROUGÉ - FACULTE DE PHARMACIE TOULOUSE</i> | <i>33</i> |
| <i>ALEXANDRE MACIUK - FACULTE DE PHARMACIE, UNIV. PARIS-SUD</i> | <i>34</i> |
| <i>PHILIPPE BULET - UNIVERSITE JOSEPH FOURIER DE GRENOBLE, IAB</i> | <i>35</i> |
| <i>MICHEL TREILHOU - UNIVERSITE CHAMPOLLION.....</i> | <i>36</i> |
| <i>HASSAN CHAABIHI - AGATE BIOSERVICES.....</i> | <i>36</i> |
| <i>ELISABETH TABONE - INRA EUFM.....</i> | <i>37</i> |

| | |
|--|----|
| ELISABETH TABONE - INRA EUFM..... | 38 |
| ANNE DARRIES - BIO ESPACE..... | 38 |
| NICOLAS MOULIN - NICOLAS MOULIN ENTOMOLOGISTE..... | 39 |

Parcours des intervenants et des membres des comités 41

| | |
|--------------------------------|----|
| CEDRIC AURIOL | 41 |
| CELIA AZOYAN | 41 |
| HASSAN CHAABIHI | 41 |
| JEREMY DEFRIZE | 41 |
| JEAN-BAPTISTE DE PANAFIEU..... | 42 |
| SANDRINE DELAFOSSE | 42 |
| FREDERIC FRANCIS..... | 42 |
| DAVID GUERRAND..... | 42 |
| ANTOINE HUBERT | 43 |
| ANNE-ISABELLE LACORDAIRE..... | 43 |
| DANIELLE LANDO | 43 |
| STEPHANE LARRÉCHÉ..... | 43 |
| YVES LE CONTE..... | 43 |
| KARINE LE ROUX | 44 |
| ROLAND LUPOLI | 44 |
| FREDERIC MARION-POLL..... | 44 |
| OTTO-WILHELM MERTEN..... | 45 |
| SAMIR MEZDOUR..... | 45 |
| MIGUEL PROSPER..... | 45 |
| JEAN-MARC REICHHART..... | 45 |
| CORINNE ROYER..... | 45 |
| SANCHA SALGUEIRO..... | 46 |
| PHILIPPE SCHMIDELY..... | 46 |
| STEPHANIE SPIRKEL..... | 46 |
| ELISABETH TABONE..... | 46 |
| HÉLÈNE THOMMERET | 46 |
| CHRISTIAN VALENTIN..... | 46 |
| PAUL VANTOMME | 47 |
| JULIEN VENDEVILLE..... | 47 |
| YASMINE ZOUICHA..... | 47 |

Stands 48

Liste des Participants 50



Préface

ADEBIOTECH est ravie de vous accueillir au colloque
Insectes : une filière d'avenir pour les biotechnologies

Il s'inscrit dans la démarche d'Adebiotech qui a pour objectif de valoriser les biotechnologies dans tous les champs d'application et de rapprocher les acteurs publics et privés pour faciliter les échanges et développer les collaborations.

Le développement de filières industrielles est aussi une préoccupation d'Adebiotech.

La filière insectes mérite qu'on s'y intéresse car elle est encore émergente et peut représenter un atout industriel pour la France et l'Europe.

Les participants à ce colloque sont pour certains déjà impliqués dans les recherches et le développement industriel pour des applications en agroalimentaire et santé, d'autres sont intéressés et peuvent rejoindre cette thématique si les freins sont levés.

Ce Colloque ainsi que l'enquête réalisée en parallèle a pour but de lever les obstacles au développement des recherches et de la filière insectes.

Nous adressons nos remerciements à tous ceux qui ont participé à l'élaboration et à la réalisation du programme, Membres des Comités d'Organisation et Scientifique, intervenants, modérateurs et l'équipe Adebiotech.

Nous remercions nos sponsors, AgroParisTech et Ynsect pour leur soutien très précieux.

Merci à Biocitech, le Département de la Seine-Saint-Denis et Sup'Biotech pour leur aide permanente.

Nous souhaitons à tous un excellent colloque avec de nouvelles perspectives de développement pour la filière insectes.

Danielle Lando
Vice-présidente ADEBIOTECH

Programme détaillé

Programme 2 décembre

13h00 Accueil

13h15 Allocution de bienvenue Adebitech

13h30 Conférence inaugurale, Jean-Marc REICHHART, Directeur de l'UPR Immunité et Développement des Insectes, Institut de Biologie Moléculaire et Cellulaire
Drosophila as a model to study innate immunity

14h00 Introduction générale, Frédéric MARION-POLL, Chercheur, CNRS
L'insecte et ses définitions

14h20 Antoine HUBERT, PDG, Ynsect
Insect industry scale-up

14h40 Session 1 - Valorisation agro-alimentaire (FEED/FOOD)

Modérateur Samir MEZDOUR, Coordinateur du programme ANR DESIRABLE, AgroParisTech

14h45 Introduction Jean-Baptiste DE PANAFIEU, Auteur scientifique
L'insecte, de l'immangeable à l'appétissant !

15h05 Samir MEZDOUR, Coordinateur du programme ANR DESIRABLE, AgroParisTech
Transformation des insectes en ingrédients

15h25 Philippe SCHMIDELY, Professeur, AgroParisTech
Réflexion sur l'intérêt économique de l'usage des matières premières d'insectes en alimentation animale

15h45 Frédéric FRANCIS, Promoteur académique scientifique, Entomofood
Consommation des insectes : des arguments santé à l'acceptation et au changement de comportement alimentaire

16h05 Cédric AURIOL, Gérant, Micronutris
Les insectes comestibles sont-ils une ressource alimentaire durable ?

16h25 Yves LE CONTE, Directeur de recherche, INRA Avignon
Filière apicole et alimentation humaine

16h45-17h15 Pause café/Posters

17h15 Table ronde 1 - La filière Insectes, réglementation et acceptation sociétale

Animation Philippe SCHMIDELY, Professeur, AgroParisTech

Frédéric FRANCIS, Professeur Faculté agronomique de Gembloux

Hélène THOMMERET, Chef de bureau, DGCCRF, Ministère de l'économie, de l'industrie et de l'emploi

Célia AZOYAN, Inspecteur chargée des dossiers relatifs à l'alimentation animale, DGCCRF, Ministère de l'économie, de l'industrie et de l'emploi

Stéphane LARRÉCHÉ, Chef de Projet Scientifique, Direction de l'évaluation des risques, ANSES

Sandrine DELAFOSSE, Référente nationale alimentation animale, DGAL

18h00 Intervention de Fédérations d'acteurs : missions et attentes

Miguel PROSPER, Président, FFPIDI, Fédération Française des Producteurs et Importateurs, Distributeurs d'Insectes

Antoine HUBERT, IPIFF, International Producers of Insects for Food & Feed

18h15 Cocktail/Posters/Exposition

Programme 3 décembre

8h30 Accueil café

9h00 Session 2 - Applications dans le domaine de la santé

Modérateur **Yasmine ZOUICHA**, Responsable marketing, Pall Life Sciences

9h00 **Hassan CHAABIHI**, Directeur, Agate bioservices

Exploitation des cellules d'insectes dans le domaine de la santé

9h20 **Stéphanie SPIRKEL**, Merial

Next Generation Vaccines using Insect cell line

9h40 **Roland LUPOLI**, Chercheur INSERM, Univ. Paris Descartes

Développements potentiels de médicaments issus d'insectes

10h10 Pause café/Posters/Exposition

10h40 **Otto-Wilhelm MERTEN**, Responsable vectorologie appliquée, Généthon

Production des vecteurs AAV pour la thérapie génique de maladies rares en utilisant les cellules d'insectes

11h00 **Sancha SALGUEIRO**, Vice-President Business Development, ExpreS2ion Biotechnologies

Utilisation des cellules S2 de Drosophila dans le développement de vaccins

11h20 Table ronde 2 – Applications dans le domaine de la santé : enjeux et opportunités

Animation **Christian VALENTIN**, Conseiller technologie et innovation, Lyonbiopôle

Ensemble des intervenants de la session 2

12h00-13h30 Buffet/Posters/Exposition

13h30 Session 3 - Services à l'agriculture

Modérateur **Elisabeth TABONE**

13h30 **Elisabeth TABONE**, Responsable du Laboratoire Biocontrôle, INRA Centre de Recherche PACA UEFM

Stratégies de contrôle biologique contre des Lépidoptères ravageurs à l'aide de parasitoïdes oophages : Connaissances entomologiques et applications pour des biotechnologies

14h00 **Anne-Isabelle LACORDAIRE**, Responsable Macro-organismes R&D, Koppert

Utilisation des insectes et acariens prédateurs dans la mise en œuvre de la protection des cultures

14h20 **Julien VENDEVILLE**, Responsable R&D, Biobest

Les bourdons comme pollinisateurs des cultures sous serres

14h40 Session 4 – Applications industrielles

14h40 Modérateur **Antoine HUBERT**, PDG, Ynsect

14h45 **Corinne ROYER**, Chargée de recherche, INRA

Le ver à soie et les biotechnologies : état de l'art, enjeux et perspectives

15h05 **Karine LE ROUX**, Chargée de recherche Biochimie, Ynsect

Extraction et usages de chitine et dérivés

15h25 Pause café/Posters/Exposition

16h00 Table ronde 3 - Une filière à monter. Quels sont les leviers industriels et économiques

Animation **David GUERRAND**, Consultant

Introduction par **Maxime CHAMILLARD**, Chargé de mission, Adebiotech

Etude sur les potentiels de développements de la filière insectes

Antoine HUBERT, PDG, Ynsect

Jérémy DEFRIZE, Responsable production, Micronutris

Stéphanie SPIRKEL, Merial

Anne-Isabelle LACORDAIRE, Responsable Macro-organismes R&D, Koppert

16h55 Synthèse et perspectives

Paul VANTOMME, Senior Forestry Officer, FAO

Status and perspectives for inclusion of insects in the food and feed sectors

17h25-17h40 Conclusion Samir MEZDOUR, Coordinateur du programme ANR DESIRABLE, AgroParisTech

Résumés des Conférences

Drosophila as a model to study innate immunity

Jean-Marc REICHHART - *Institut de Biologie Moléculaire et Cellulaire*

It has been known for long that insects are particularly resistant to microbial infections. In the early eighties, our laboratory in Strasbourg decided to address the reasons underlying this potent resistance. Using *Drosophila* as a model system, we observed a challenged-induced synthesis of several families of antimicrobial peptides that directly fight the incoming microbes.

Studies performed over many years based on a combination of biochemistry, analytical chemistry, molecular biology and genetics has led our laboratory, and other groups, to propose a model of antimicrobial defences extending from the recognition receptors of infectious non-self to the activation of signalling cascades which trigger the rapid transcription of immune response genes, and most notably of the potent antimicrobial peptides. The presentation will review our current understanding of *Drosophila* defences against bacteria and fungi.

Somewhat unexpectedly, it turned out that essential aspects of the *Drosophila* immune defences are conserved in mammals. This is the case of the Toll receptor, initially identified for its role in the dorso-ventral axis development of *Drosophila* by Nüsslein-Volhard and colleagues in the 80ies. But the presentation will highlight more recently discovered conserved functions and their direct medical relevance.

Finally, we will propose a phylogenetic model for the evolution of innate immunity in animals and its interaction with adaptive immunity – a defence mechanism absent from invertebrates.

L'insecte et ses définitions

Frédéric MARION-POLL - *CNRS*

Les insectes sont des organismes qui ont colonisé quasiment tous les milieux de la terre et qui sont capables de consommer une grande variété d'aliments. De nombreuses espèces sont consommées par les hommes de manière traditionnelle sur tous les continents, car ils peuvent apporter un complément en protéines, lipides et sels minéraux et certains ont même des qualités gustatives qui en font un met recherché. Pour la FAO, les insectes peuvent représenter une voie d'avenir pour la production de protéines car certaines espèces sont capables de transformer les végétaux en protéines de manière plus efficace que nos animaux d'élevage, tout en libérant moins de gaz à effet de serre.

Si les insectes se comportent à bien des égards comme des organismes capables de transformer des aliments divers en protéines et lipides au même titre que nos animaux d'élevage, ils présentent des différences importantes avec les vertébrés, notamment en ce qui concerne leur squelette (externe, composé de cuticule), leurs hormones de croissance (l'ecdysone et l'hormone juvénile), leur taille (de microscopique à quelques centimètres), leur régulation thermique (ils sont ectothermes) et les maladies qui les affectent (qui sont pour la plupart différents de ceux qui affectent les vertébrés).

Ces différences auront des conséquences importantes sur la conduite des élevages, en particulier si l'on vise un niveau de production industriel. Au-delà de ces aspects très généraux, la multiplicité des espèces d'insectes (plus d'un million) et la diversité de leurs adaptations suggère qu'il reste tout un

travail de base à faire pour inventorier et sélectionner des espèces susceptibles d'être utilisées comme outil de production. Il s'agit ni plus ni moins que d'un processus de domestication qui devra nécessairement accompagner et soutenir le développement de filières de production d'insectes destinés à des applications variées, dont beaucoup restent encore à découvrir.

Insect industry scale-up

Antoine HUBERT - Ynsect

Ynsect is a French company established in 2011 operating in the fields of environment, biotechnology and feed industry. Its main activities are insects' biodegradation of organic residues and their transformation into nutrients for animal, vegetal and human nutrition (proteins, lipids, peptides, ...etc.) and non-feed products (chitin and derivatives, ...etc.).

Ynsect strategy lies entirely on sustainable development principles: the technology allows upstream a better use of local biomass and downstream the promotion of more efficient agro-food systems: as Europe is 75% dependent on protein importation, local production of protein could improve feed and food environmental balances and create local jobs.

The vision of Ynsect is to use the extraordinary biodiversity of insects, and the variety of their diets, to develop a wide range of technologies for effective recovery from all types of biomass residues available in any territory.

Ynsect designs and operates biomass valorization units called "Entoraffinerie™", meaning insect biorefineries, with reference to biorefineries using microorganisms as bioreactors. These plants include insect rearing units as bioreactors and a downstream processing unit for separation and purification process. "Entoraffinerie™" are ideal technologies for large scale production of insect and then of insect feed and food ingredients. Other products from this technology have applications in pharmaceutical, nutraceutical, cosmetics, fertilizers and green chemistry.

This presentation will present the state of art of insect production in different parts of the world, and focus on insect biorefinery concept and its tremendous capacities of production and abilities to valorize each part of insects, and its application to *Tenebrio molitor* species.

It will cover also the major issues of industrialization of insect technologies.

Contact: contact@ynsect.com

Website: www.ynsect.com

L'insecte, de l'immangeable à l'appétissant !

Jean-Baptiste DE PANAFIEU - Auteur scientifique

En Europe, l'insecte a été très longtemps écarté des cuisines, objet d'un dégoût social ou individuel qui interdisait de le considérer comme comestible, à l'inverse d'autres « petites bêtes » relativement bien acceptées, telles que les crevettes, les escargots ou les coquillages. Pourtant des voyageurs et des naturalistes ont souvent tenté d'intéresser leurs contemporains à cette ressource, et ce, pour des raisons très diverses, de la réduction des famines à la lutte contre les ravageurs des cultures. Certains d'entre eux vantaient même déjà leurs qualités gustatives.

Aujourd'hui, rendre l'insecte appétissant n'a pas pour objectif de leur donner une part importante dans notre alimentation, pas plus que les crevettes ou les escargots ne remplacent les côtes d'agneau et le rôti de porc. Tout le monde n'apprécie pas les grenouilles, le roquefort ou le poisson cru, mais personne ne doute qu'il s'agit bien de nourriture. En cuisinant les grillons, en inventant des recettes

pour vers de farine, il s'agit surtout de changer leur statut, de les faire passer de l'état « non comestible » au rang de « nourriture potentielle ». Comme pour les pommes de terre au XVIIe siècle, c'est la gastronomie qui révèle l'aliment.

Transformation des insectes en ingrédients

Samir MEZDOUR - *AgroParisTech*

Comment nourrir 9 milliards d'hommes en 2050, dans un contexte de menace de pénurie alimentaire, et de préservation de l'environnement? Chercheurs et industriels de l'agroalimentaire commencent à s'intéresser à la valorisation d'insectes comestibles (+ 1900 espèces consommées dans le monde) qui grâce à leurs qualités nutritionnelles, leur faible impact sur l'environnement pourraient constituer une ressource alimentaire d'avenir. Si ces perspectives soulèvent bien des interrogations, les débouchés qui se dessinent sont d'abord destinés à l'alimentation animale.

Pour produire à l'échelle industrielle de nouveaux produits et ingrédients à base d'insectes, il faudra surmonter un certain nombre d'obstacles (i) **techniques** (sélection des insectes, leur élevage en grande masse, choix des matières agricoles, leur transformation via des procédés adaptés ...) (ii) **économiques** (coût de production, prix du produit/kg..) (iii) liés à la **durabilité** (impact sur l'environnement).

Plusieurs programmes en Europe ont été lancés pour défricher un champ de recherche où beaucoup reste à faire et pour apporter des solutions afin de faire émerger une nouvelle filière d'insectes. Parmi ces projets, le projet **DESIRABLE** (Conception d'une bioraffinerie d'insectes pour contribuer à des systèmes agroalimentaires plus durables) se propose de couvrir les problématiques de sous-valorisation de coproduits de biomasse, et de production locale de ressources riches en protéines, par un procédé de bioconversion par les insectes en protéines adaptées à l'alimentation d'animaux. Il intègre une vision globale de la filière, de l'utilisation des déchets organiques jusqu'à la consommation de poissons et volailles. L'aboutissement pourrait être une unité de bioconversion, appelée **Ento-raffinerie**. Des expériences à l'échelle du laboratoire et du pilote ont été menées pour chacun des composants de la bioraffinerie : l'élevage, la transformation et l'utilisation des produits. Une Analyse du Cycle de Vie (ACV) complète apportera une vision globale du système. Plusieurs voies de procédés d'extraction et de fractionnement des constituants d'insectes ont été explorées et ont permis de préparer plusieurs types de farines. Le projet regroupe des compétences sur un large panel d'expertises scientifiques, tant académiques qu'entrepreneuriales, pour une étude approfondie des composants de la bioraffinerie et de la filière.

Mots clés : insecte, ento-raffinerie, protéine, farine, alimentation animale

Réflexion sur l'intérêt économique de l'usage des matières premières d'insectes en alimentation animale

Philippe SCHMIDELY - *AgroParisTech*

En agriculture conventionnelle, la production de denrées animales est issue d'animaux sélectionnés pour leur niveau de performances du fait de leur efficacité technique et économique. Permettre l'expression de ce potentiel génétique nécessite d'utiliser des matières premières riches en énergie, et/ou protéines de haute valeur biologique dont le profil en acides aminés (AA) indispensables correspond au mieux aux besoins des animaux. Dans les espèces monogastriques, il est ainsi recouru à l'utilisation massive de tourteaux d'oléoprotéagineux en particulier de soja, pratique remise en question du fait de son prix de marché élevé lié à la demande croissante de cette matière première,

et du fait des impacts environnementaux associés à cette culture. L'alimentation animale est donc en recherche de substituts à ces matières premières, substituts qui doivent présenter un intérêt nutritionnel pour les productions considérées, et constituer des alternatives intéressantes économiquement. Les insectes ont été depuis longtemps utilisés dans certains pays comme des matières premières alternatives aux sources protéiques classiquement utilisées à des taux d'incorporation très variables, dans la mesure où ils sont riches en protéines de bonne valeur biologique, et en matières grasses souvent riches en acides gras insaturés (Rumpold et Schlüter 2013). La compilation récente d'un grand nombre d'essais (Makkar et al, 2014) a montré qu'il est possible sous certaines conditions de substituer des protéines de soja ou des farines de poisson par différentes matières premières issues d'insectes pour l'élevage d'animaux terrestres (porc, volaille) ou en aquaculture.

Néanmoins, l'approche économique de l'utilisation de ces produits issus d'insectes n'a été que rarement réalisée. Une des principales difficultés d'une telle analyse économique tient en partie au fait qu'en alimentation animale, l'incorporation des différentes matières premières dans un aliment commercial est optimisée au regard du rapport entre l'apport des différents nutriments jugés essentiels pour l'animal considéré, et le coût de ces différents nutriments. Ce problème peut être résolu par l'utilisation de la formulation des régimes alimentaires par optimisation économique sous programmation linéaire qui sélectionne les matières premières à incorporer sur leur rapport coût/nutriment. Cette approche nécessite en particulier de disposer d'une évaluation de la valeur nutritionnelle des différents aliments et de leur prix de marché. Dans ces conditions, la formulation de 3 types d'aliments pour la poule pondeuse, pour le poulet en croissance, et pour le saumon en croissance a été réalisée sur la base des recommandations nutritionnelles INRA pour le porc et la poule pondeuse, et sur celles du NRC (2011) pour les poissons, et sur les tables de composition et de valeur nutritives des matières premières (INRA-AFZ 2004). Concernant les différentes matières premières à base d'insectes retenues, les valeurs de composition nutritionnelles ont été obtenues à partir de la base de données FEEDIPEDIA (<http://www.feedipedia.org/>) fournissant en particulier les valeurs d'énergie métabolisable apparente (EMA) de ces produits destinés aux volailles. Il n'existe par ailleurs que très peu de données concernant les valeurs d'énergie digestible (ED) des matières premières à base d'insectes pour les poissons, qui ont donc été fixées à 90, 100 ou 110 % de celles des farines de poissons (3.6 Mcal ED/kg). La simulation économique a été effectuée sur une base de prix des matières premières en octobre 2014, et sous un prix théorique des différents produits à base d'insectes fixé à 3000 euros /tonne pour un produit brut non traité technologiquement.

Chez la poule pondeuse ou le poulet en croissance, la formulation montre qu'il n'est économiquement rentable d'incorporer des matières premières à base d'insectes que si leur prix d'intérêt est compris entre 400 et 800 euros /tonne, induisant des taux d'incorporation compris entre 5 et 8% suivant le type d'insecte considéré et son stade de développement. Un prix de marché de ces différentes matières premières à base d'insectes proche de celui du tourteau de soja ou du corn gluten feed peut accroître leur incorporation entre 10 et 20% de l'aliment. L'analyse duale de ces formules permet de montrer que l'incorporation de ces produits est limitée d'une part par leur rapport Prix/ EMA, ainsi que le rapport entre leur prix et leur concentration en certains AA digestibles. Chez le saumon en croissance, l'incorporation de matières premières à base de farine d'insectes n'est significative que pour un prix d'intérêt voisin du prix de marché des farines et huiles de poisson de poisson. A ce prix d'intérêt, leur incorporation peut représenter 15% de l'aliment.

En conclusion, incorporer des matières premières à base d'insectes n'est faisable économiquement que si leur prix de marché est compris entre 100 et 150% du prix des matières premières qu'elles substituent (corn gluten feed, tourteau de soja, farines et huiles de poisson). Par ailleurs, une détermination plus précise des valeurs nutritionnelles de ces produits constitue une étape indispensable de leur évaluation pour mieux préciser leur intérêt en formulation d'aliments commerciaux.

Consommation des insectes : des arguments santé à l'acceptation et au changement de comportement alimentaire

Frédéric FRANCIS - Entomofood

Frédéric Francis ^{1,2*}, Rudy Caparros ^{1,2}, Alabi Taofic ¹, Eric Haubruge ^{1,2}, Christophe Blecker ³

¹ Unité d'Entomologie fonctionnelle et évolutive

² Insectarium Jean Leclercq – Hexapoda, Waremmes, Belgique

³ Laboratoire de Science des Aliments et Formulation, Gembloux Agro-Bio Tech (ULg), Gembloux, Belgique

*Contact : frederic.francis@ulg.ac.be

L'Organisation des Nations unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) promeut l'idée d'utiliser les insectes comme ressource alimentaire pour assurer la sécurité alimentaire mondiale dans les prochaines décennies. En effet, près d'un milliard de personnes souffrent aujourd'hui de sous-nutrition et l'entomophagie représente une précieuse ressource alimentaire pour l'avenir. Sachant que certains insectes présentent des teneurs en protéines 3 à 4 fois plus élevées que la viande conventionnelle, on comprend aisément l'intérêt nutritionnel de l'entomophagie qui ne réside pas uniquement dans la richesse en protéines des insectes, mais aussi dans l'apport d'acides aminés essentiels, dans la qualité des lipides, dans la richesse en sels minéraux ainsi que dans les fortes teneurs en certaines vitamines. Il est certain que la qualité nutritionnelle de ceux-ci et la possibilité d'en produire à bas prix pourraient permettre de résoudre de nombreux problèmes de carences alimentaires.

Comme l'impact environnemental de la production industrielle d'insectes est faible, ces derniers présentent un attrait particulier comme ressource alimentaire animale. Aussi, élevées sur des substrats secs, les espèces d'insectes privilégiées actuellement sont peu consommatrices en eau. La production d'insectes alimentaires constitue donc une piste intéressante pour les éleveurs et les filières de productions animales, à la recherche d'alternatives durables et respectueuses de l'environnement.

Cependant, socialement et culturellement, l'insecte véhicule chez l'homme une image négative, empreinte de craintes et de peurs multiples surtout en Occident. Pourtant, les comportements changent et la promotion réalisée autour de l'entomophagie modifie les stéréotypes. Suite à de nombreuses dégustations et enquêtes réalisées depuis plus d'une dizaine d'années en Belgique dans différentes conditions, plusieurs paramètres ont été évalués sur l'évolution des comportements face aux insectes et le fait de franchir la barrière psychologique notamment en fonction de la préparation, de la formulation des insectes. Il n'est pas forcément nécessaire de les réduire en poudre, de les incorporer dans d'autres matrices alimentaires pour rendre les insectes pas uniquement comestibles mais simplement acceptables pour un grand nombre. Six pattes et si délicieux ... tout un programme.

Les insectes comestibles sont-ils une ressource alimentaire durable ?

Cédric AURIOL - Micronutris

Le développement d'aliments abondants, sains, nutritifs et ayant un faible coût environnemental est aujourd'hui un défi majeur. La disponibilité limitée des surfaces agricoles, l'impact des productions actuelles de nutriments sur les ressources et les écosystèmes, l'augmentation des prix des sources de nutriments rendent en effet indispensable la production de nutriments et d'aliments durables.

Les insectes comestibles représentent une des sources les plus prometteuses de nutriments durables dont certains à haute valeur ajoutée.

Alors que les insectes sont connus depuis longtemps pour leurs qualités nutritionnelles, plusieurs

études récentes ont montré que la production de certaines espèces impacte peu les ressources et les écosystèmes comparé aux élevages traditionnels.

La présentation a pour objectif de se poser la question de l'aspect durable des insectes comestibles en allant plus loin que la vision classique et de discuter cet aspect à travers la vision pratique et opérationnelle mise en place dans la société Micronutris.

Filière apicole et alimentation humaine

Yves LE CONTE - INRA Avignon

INRA, UR 406 Abeilles et Environnement, Domaine Saint-Paul, CS 40509, 84914, Avignon, France

L'abeille domestique est directement liée à l'alimentation humaine pour son rôle majeur de pollinisateur des cultures. Mais nous aborderons ici le lien plus direct de la colonie d'abeilles comme fournisseur d'alimentation humaine.

Le miel est le premier produit qui vient à l'esprit et le premier produit de la filière apicole. Comme pour le vin, il existe une richesse considérable de diversité de miels, monofloraux, toutes fleurs, dont l'origine fait la particularité. Ces miels sont traités avec une technologie particulière qui permet à la filière de proposer des produits de qualité au consommateur.

Le pollen est aussi récolté de la ruche par l'apiculteur qui le commercialise généralement séché, dans des pots de verre hermétique, mais il peut également être consommé frais.

La gelée royale est récoltée par les apiculteurs qui utilisent une technique élaborée pour en produire de faibles quantités, ce qui en explique le prix élevé. C'est un aliment qui contient une grande diversité de molécules.

L'apiculteur récolte aussi d'autres produits de la ruche, comme la cire et la propolis. Cette dernière est largement commercialisée pour ses vertus thérapeutiques.

Plus marginalement, le venin peut être récolté par les apiculteurs, mais cette pratique est interdite dans certains pays pour sa dangerosité vis-à-vis des phénomènes d'allergies au venin.

Enfin, les abeilles, et en particulier, les larves et les nymphes, sont consommées dans certains pays, en particulier les pays asiatiques comme source de protéines.

Les relations entre l'homme et les produits de la ruche comme source d'alimentation humaine seront développées particulièrement.

Thématique de la table ronde 1 : La filière Insectes, réglementation et acceptation sociétale

Philippe SCHMIDELY - AgroParisTech

Suite au positionnement favorable de certaines organisations internationales (FAO) sur l'utilisation d'insectes en alimentation animale ou humaine, certains opérateurs privés se sont déjà positionnés en Europe sur la commercialisation de produits à base d'insectes en alimentation humaine. En Europe, la Belgique via son Agence fédérale pour la sécurité de la chaîne alimentaire (Afsca) vient d'autoriser la mise sur le marché de 10 espèces d'insectes destinées à la consommation humaine, à condition que les prescriptions relatives à la sécurité alimentaire soient respectées. En France, aux Pays-Bas, en Allemagne, certains opérateurs privés proposent également pour la consommation humaine la commercialisation de différents produits à base d'insectes.

Par ailleurs, la préoccupation concernant le développement durable des activités agricoles peut conduire à considérer les produits à bases d'insectes comme des substituts de certaines matières premières riches en protéines utilisées en alimentation animale. Certains industriels pourraient trouver un intérêt pour l'élevage d'insectes sur différents substrats afin d'obtenir des protéines de bonne qualité, avec un impact environnemental favorable du fait de l'efficacité biologique importantes de ces insectes.

Jusqu'à présent, la mise sur le marché d'insectes pour la consommation humaine entre dans le champ d'application du règlement (CE) n°258/97 sur les nouveaux aliments qui sont définis comme toute denrée alimentaire dont la consommation humaine est restée négligeable dans l'Union européenne avant la date du 15 mai 1997. En conséquence, la mise sur le marché d'insectes pour la consommation humaine devrait être donc être basée soit sur la démonstration d'une consommation significative de ces produits avant 1997 dans la CE, soit sur une demande d'autorisation conditionnée par la preuve de l'innocuité de ces produits pour le consommateur. Concernant les animaux d'élevage, les produits à base d'insectes pourraient être considérés comme des matières premières de catégorie C3 (protéines animales transformées issues de sous-produits animaux consommables par l'homme, règlement CE 1069/2009) dont l'introduction a été autorisée exclusivement pour les espèces aquacoles en 2013 ((Règlement (CE) n°56/2013 2013).

Par ailleurs, la transmission de certains contaminants issus des substrats sur lesquels les insectes ont été élevés vers l'animal ou l'homme ainsi que l'impact environnemental des élevages d'insectes destinés à la consommation animale ou humaine n'a été que faiblement évalué.

L'objectif de cette table ronde sera donc de comparer les différents avis des participants sur les questions de faisabilité technique et économiques, leur interprétation des réglementations en cours ou à venir, la mise en place de contrôles afin d'identifier les voies d'émergence de filières de production d'insectes pour le secteur de l'alimentation animale et /ou humaine.

Intervention de Fédérations d'acteurs : missions et attentes

Miguel PROSPER - FFPIDI, Fédération Française des Producteurs et Importateurs, Distributeurs d'*Insectes*

Pourquoi la FFPIDI?

Pourquoi réunir les acteurs économiques d'une filière a priori en conflits d'intérêts ?

Fédérer n'a jamais été une mince affaire, cependant il existe un frein commun à tous ces acteurs économique de la filière entomocole : la réglementation.

Que cela soit dans le domaine de l'alimentation animal ou humaine, il n'existe pas à ce jour de débouchés réglementairement viable pour l'usage agroalimentaire.

Il appartient alors aux acteurs de la filière de s'unir pour démontrer le sérieux de l'entomoculture.

LA FFPIDI croit en la valeur d'une filière polyvalente, avec différentes échelles d'acteurs économiques. Seule cette diversité pourra garantir l'émancipation et la pérennité des promesses que nous fait l'entomoculture.

Roles of IPIFF– International Producers of Insects for Feed and Food – in Europe

Antoine HUBERT - *International Producers of Insects for Food & Feed*

IPIFF is a non-profit organization founded in 2013 which represents the interests of the breeders associated to this organization.

IPIFF gathers the main private players in the insect industry.

The goal of IPIFF is to help the insect industry prosper in Europe and worldwide, which means that:

- The European insect industry will be composed of a collaborative network of local partner companies that will share sustainability as a common value and promote insect industry as an eco-industry
- Insects will be promoted as a top-tier source of animal proteins for both human food and animal feed, thanks to its sustainable and nutritional properties

IPIFF missions cover:

1. Encouraging the understanding and collaboration amongst members and disseminate knowledge and informations to stakeholders
2. Developing and promoting shared standards and best practices
3. Gathering the members interest for institutional representation
4. Supporting a high-level and collaborative R&D

Objectives for mission 1 are :

1. Plan a shared communication strategy (e.g. website, newsletter, lectures, symposium)
2. Build a yearly picture of the European Insect Industry (key figures)
3. Set up an annual plenary seminar including members and stakeholders

Objectives for mission 2 are :

1. Create an extensive framework for risk management, focusing on health and safety
2. Establish an Ethics code which fosters the highest standards of professionalism

Objectives for mission 3 are :

1. Create geographic (national) groups that will advocate the development of the industry in line with the organization vision
2. Promote the creation of regulatory frameworks at national and European levels

Objectives for mission 4 are :

1. Pinpoint common R&D issues that can be addressed in a collaborative way (Life Cycle Assessment, nutritional studies...)

Contact: contact@ipiff.org

Website: <http://www.ipiff.org>

Exploitation des cellules d'insectes dans le domaine de la santé

Hassan CHAABIHI - *Agate bioservices*

Depuis quelques dizaines d'années, les cellules d'insectes font partie des principaux systèmes utilisés pour la production de protéines recombinantes. Plusieurs milliers de protéines ont ainsi été produits avec succès, que ce soit pour des études fondamentales de structure et fonction, pour le criblage de molécules chimiques « candidats médicaments » ou encore pour la biosynthèse de protéines thérapeutiques. Pour ces dernières, le développement des cellules d'insectes a été fortement freiné par certains facteurs fondamentaux liés principalement aux maturations post-traductionnelles, mais parfois aussi à la spécificité des procédés de culture de ces cellules.

Cependant, depuis la mise sur le marché ces dernières années de vaccins produits dans les cellules d'insecte, celles-ci connaissent un regain d'intérêt dans le domaine de la bio-production

pharmaceutique. En effet, ce système d'expression est particulièrement adapté à la production de particules structurées telles que les VLPs (Virus-Like Particles), permettant l'exposition de protéines antigéniques virales ayant la conformation adéquate pour induire efficacement une immunité. Ce développement s'est par ailleurs accompagné de la mise au point de nouveaux outils biologiques performants concernant notamment les vecteurs d'expression, mais aussi de procédés de production robustes et de méthodes spécifiques pour assurer une qualité pharmaceutique aux produits.

Cette présentation mettra en perspective la maturation de cette technologie depuis les premières cultures de cellules d'insecte in-vitro jusqu'au stade actuel rendant possible la production de lots de vaccins humains en quelques semaines. De nouveaux axes importants de développement mettant en œuvre les cellules d'insectes seront également abordés.

Next Generation Vaccines using Insect cell line

Stéphanie SPIRKEL - Meriel

Conventional vaccination, based on inactivated virus or on the use of live attenuated strains, has clearly be shown to be successful ways to fight infectious diseases in every part of the world and is considered to be cost-effective intervention.

Several viral diseases are highly contagious with severe financial implications for livestock industries like, FMDV, SIV and human health like Flu, Ebola virus, SARS...

Current FMDV vaccines are based on the production of large volumes of wild type viruses which are chemically inactivated and formulated. Killed vaccines are produced in BSL 3+ high containment facilities, associated with the very low risk of virulent virus escaping from containment, with potential devastating economic impact.

Egg-derived influenza vaccines have served well to combat influenza infections and still remain faster and high-yielding productions methods.

It will be very difficult to replace the conventional killed vaccines in the short term, because of their proven efficacy under laboratory or field conditions and low cost.

New vaccines using a recombinant technology would present two major advantages of having a DIVA feature and allowing antigen production in low bio-containment. These innovative vaccines should offer shorter lead times and greater production flexibility while maintaining vaccine safety.

The presentation is a review of new developments that are expected to bring improved new vaccines to the market in the foreseeable future as alternatives to classical attenuated and inactivated vaccines, and provide potential novel vaccines for emerging viruses.

A focus will be done on Sub-Unit or VLPs vaccines using the recombinant Baculovirus -Insect cell line or larvae expression system.

Développements potentiels de médicaments issus d'insectes

Roland LUPOLI - INSERM, Univ. Paris Descartes

Les molécules d'origine naturelle sont à l'origine de 60 % des médicaments actuels.

La Nature est donc une source d'inspiration bien supérieure à celle du cerveau humain, puisque les molécules naturelles représentent moins de 1 % (200 000 molécules) des 30 millions de molécules de synthèse créées par l'homme.

Ces molécules naturelles proviennent essentiellement des plantes et des microorganismes qui constituent encore actuellement un fort potentiel de découverte de nouveaux médicaments. Pourtant les plantes ne représentent que 16 % des 1,5 million d'espèces vivantes connues sur terre, et les microorganismes 7 %.

Les insectes, et autres arthropodes terrestres associés, comptent 1 million d'espèces, soit les 2/3 de toutes les espèces décrites, et on estime qu'il reste plus de 3 millions d'espèces nouvelles à découvrir.

Pourtant, la biodiversité chimique des insectes est paradoxalement inexploree car 0,3 % des espèces ont été partiellement analysées, et elles appartiennent seulement à 150 des 1600 familles existantes.

Les limitations de l'exploitation de ce réservoir de biodiversité chimique sont liées à la petite taille des insectes, aux fluctuations de leurs populations et à la difficulté de leurs élevages. Les plantes peuvent produire généralement une biomasse importante, sont fixées, localisables et le plus souvent cultivables industriellement. Les microorganismes lorsqu'ils sont cultivables peuvent être stockés puis multipliés en quantité et à volonté sur milieux artificiels adéquats, voire même parfois en masse dans des fermenteurs.

A part quelques exceptions notoires (criquets migrateurs, cigales de 17 ans...) les pullulations d'insectes sont rares, non localisables et imprévisibles. Des espèces communes une année peuvent devenir rarissimes pendant plusieurs années suivantes. Trouver une quantité importante d'insectes d'une même espèce dans la nature est le plus souvent une tâche difficile. Plusieurs mois d'investigations peuvent être nécessaires pour récolter les quelques grammes minimum requis (quelques centaines d'individus) d'une espèce ciblée, pour analyser les métabolites qu'elle contient. Comme la biologie de l'immense majorité des insectes est inconnue, ou complexe, leurs conditions d'élevage le sont également. Aussi la production d'une espèce ciblée pour ses molécules intéressantes sera le plus souvent impossible à réaliser ou d'un coût prohibitif.

Pour relever ces défis, et accéder ainsi à ce réservoir inexploité, plusieurs stratégies peuvent être envisagées.

La première stratégie de criblage par bioguidage consiste à créer une extractothèque, la plus représentative de tous les groupes d'insectes, à partir d'au moins une dizaine de grammes de chacune des espèces ciblées. L'activité des extraits bruts peut ensuite être mesurée *in vitro*, à plusieurs concentrations, sur les nombreux types de cellules en culture ou les systèmes enzymatiques, marqueurs de pathologies humaines disponibles. Les extraits actifs sont purifiés par chromatographies en fractions qui sont ensuite testées et repurifiées jusqu'à l'isolement d'une molécule pure active. Cette molécule identifiée, par résonance magnétique nucléaire (RMN) et spectrométrie de masse, peut alors, si elle est nouvelle, éventuellement être synthétisée chimiquement et entrer dans un protocole d'optimisation par chimie médicinale et essais *in vivo*.

Une seconde stratégie consiste à sélectionner une espèce dont les conditions d'élevage sont connues et produisant des molécules pharmacologiquement intéressantes, éventuellement activées dans l'insecte, et délicates à synthétiser chimiquement, pour développer son élevage industriel. Cela peut être également envisageable dans le cadre de l'hémisynthèse d'une molécule complexe comme c'est déjà le cas pour le taxol issu de l'if par exemple.

Une autre stratégie consisterait à transformer génétiquement des insectes, dont l'élevage industriel est au point, avec des gènes provenant d'autres espèces d'insectes ou de microorganismes codant pour des systèmes enzymatiques capables de produire ou de modifier des métabolites médicaments ou précurseurs, ou d'autres protéines, à l'instar des anticorps monoclonaux contre le virus Ebola produits dans le tabac par exemple.

Enfin, comme les insectes sont souvent associés plus ou moins intimement à des microorganismes (bactéries, champignons...) impliqués dans la production de métabolites secondaires nécessaires à l'insecte hôte, leur culture peut également permettre d'accéder à une chimiodiversité jusqu'à présent inconnue.

L'ambition actuelle de produire industriellement des insectes comestibles ouvre donc aujourd'hui

un champ innovant d'applications futures pour la production parallèle de molécules à haute valeur ajoutée pour la santé humaine.

Production des vecteurs AAV pour la thérapie génique de maladies rares en utilisant les cellules d'insectes

Otto-Wilhelm MERTEN - Généthon

L'obtention de la première autorisation de la mise sur le marché d'un vecteur AAV1 en vue du traitement de la déficience de LPL (Glybera®) a ouvert la possibilité de l'utilisation des vecteurs viraux en routine en vue du traitement des maladies rares et acquises. Cependant, cette percée signifie également que des méthodes de fabrication plus optimales seront nécessaires en vue de fournir la quantité de vecteurs requise pour le marché.

Généthon a choisi le système d'expression basé sur le baculovirus/cellules d'insecte pour la production des vecteurs AAV8 en vue du traitement des maladies neuromusculaires. Ce système de production a été implémenté à une échelle de 200L en vue de la fabrication des lots de vecteurs pour des essais cliniques de phases I/II.

Dans ce contexte, une culture en bioréacteur de 200L peut générer environ $6.3 \pm 1.3 \times 10^{15}$ vg (génomés de vecteur). Etant donné que la quantité nécessaire pour un essai clinique de phase I/II est estimée à 4×10^{16} vg, environ 5 à 6 cycles de production doivent être effectués en vue de produire la quantité requise.

Cependant ceci signifie aussi que des améliorations supplémentaires seront nécessaires pour remplir les besoins des phases avancées des essais cliniques ou lors de commercialisation ultérieure du produit.

La conférence présentera des améliorations effectuées dans le contexte du système d'expression à base de baculovirus/cellules d'insecte en vue d'augmenter l'efficacité de production.

Utilisation des cellules S2 de Drosophila dans le développement de vaccins

Sancha SALGUEIRO - ExpreS2ion Biotechnologies

Drosophila Schneider 2 (S2) cells, derived from the fruit fly *Drosophila melanogaster*, have been available for approximately 40 years. The resolution of the whole genome sequence of the model organism *D. melanogaster*, and the suitability of the S2 cells for use with modern molecular biology and cell biology techniques, has sustained an interest in their use in R&D, namely, for gene expression studies, using high throughput technologies with RNAi (interference RNA) studies.

Drosophila S2 cells have been widely used as a system for recombinant protein expression, though not as frequently as the better known baculovirus-driven protein expression system (Baculovirus expression system or BEVS). Unlike BEVS, that relies on viral infection and propagation in the cells, and eventually cell lysis, for release of the recombinant proteins, the *Drosophila* S2 protein expression systems are non-lytic and non-viral. Genetic engineering techniques are used to insert the gene of interest in the S2 cells' genome, and generate stably expressing S2 cell lines. The BEVS systems and the stable gene expression S2 systems are complementary, and allow for a broader range of interesting recombinant proteins to be expressed. The *Drosophila* S2 protein expression system has been used in inducible and stable protein expression modes, and has scaled up in both modes. Stable constitutive expression of secreted proteins in the *Drosophila* S2 system allows for a variety of protein

expression process modalities, including continuous protein expression, in perfusion systems.

This presentation will focus on the applications of the *Drosophila* S2 expression systems in the biopharmaceutical industry, in particular their use for vaccines and immunotherapy approaches. Some of the recombinant protein-based projects currently in clinical development, that rely on production in the *Drosophila* S2 systems will be presented, to provide examples of how this protein expression technology effectively complements the developers' protein expression tool box and may enable projects that would otherwise be compromised in their clinical development, for lack of a suitable protein expression system.

Thématique de la table ronde 2 :
Applications dans le domaine de la santé : enjeux et opportunités

Christian VALENTIN – Lyonbiopôle

Dans le domaine de la santé, la filière insecte s'est fortement développée depuis quelques années en biotechnologie médicale (biotechnologie «rouge»), principalement au travers de l'agrément par les autorités de santé de plusieurs vaccins à usage humain et vétérinaire produits à partir de systèmes d'expression et de production développés sur cellules d'insectes.

Par ailleurs, la richesse et la diversité des sources naturelles (plantes, micro-organismes ...) sont à l'origine de la découverte de très nombreuses nouvelles molécules d'intérêt pharmacologique : à ce titre la filière insecte représente un réservoir tout aussi riche que encore peu exploré.

L'objectif de la Table ronde sera avec les intervenants experts de ces différents domaines, de débattre des principaux enjeux et opportunités de cette filière, tant au niveau :

- de la production de bio médicaments (intérêts et productivité des systèmes d'expression issus de cellules d'insectes ; en regard des exigences réglementaires (sécurité, efficacité), de la connaissance scientifique acquise et de la maturité de technologies disponibles et de perspectives innovantes...) : quel positionnement pour ces systèmes d'expression ?

- que de la découverte de nouvelles entités moléculaires d'intérêt (accès à la biodiversité de la ressource, outils performants de sélection et d'identification fonctionnelle, production de molécules à forte valeur ajoutée...).

En regard du fort potentiel de cette filière, la Table ronde visera à confirmer les principales forces / opportunités et surtout à identifier les principaux verrous technologique, réglementaire, économique à lever dans l'objectif de définir les actions prioritaires à conduire afin de renforcer la valorisation santé de cette filière.

Stratégies de contrôle biologique contre des Lépidoptères ravageurs à l'aide de parasitoïdes oophages : Connaissances entomologiques et applications pour des biotechnologies

Elisabeth TABONE - INRA Centre de Recherche PACA UEFM

INRA - Centre PACA, UEFM, 90 Chemin Gustave Raymond, 06160 Antibes – Juan les Pins, France
elisabeth.tabone@paca.inra.fr Tel. +33497212517

Notre objectif premier est de développer des programmes de lutte biologique. A travers les différents projets que nous développons, nous avons acquis de nombreuses connaissances, dans plusieurs domaines, qui seront intéressantes pour les nouvelles technologies concernant les insectes.

Au cours de ce colloque seront présentés quelques exemples de programmes de lutte biologique que nous avons développés avec un focus sur les différentes étapes de recherche étudiées :

- Les ravageurs et les dégâts provoqués
- Les auxiliaires indigènes et exotiques
- Mise en élevage des insectes ravageurs et auxiliaires (milieu confiné)
- Recherche d'hôtes de substitution (réduction des coûts de production)
- Screening des parasitoïdes en laboratoire et en mésocosmes
- Confirmer l'efficacité des auxiliaires sur le terrain en collaboration avec nos partenaires
- Stratégies d'utilisation des parasitoïdes
- Développement d'une production de masse
- Mise au point de techniques de conditionnement et de transport
- Stockage des auxiliaires (recherche d'arrêt de développement)
- Management des agroécosystèmes et études des effets non intentionnels

Les programmes de contrôle biologique contre les ravageurs ont été conduits dans notre laboratoire, étape par étape, de façon spécifique pour chaque ravageur et chaque écosystème.

En partenariat avec un large réseau d'entomologistes à travers le monde, nous avons travaillé sur les thématiques suivantes :

- *Cydalima perspectalis*, la pyrale du buis (2014-2017), ravageur invasif en France et en Europe, originaire d'Asie.
- *Paysandisia archon*, le Castinidae palmivore (2012-2014), ravageur invasive dans le bassin Méditerranéen et en Europe.
- *Tuta absoluta*, la mineuse de la tomate ; 115 souches de *Trichogramma* ont été étudiés (2011-2014). L'efficacité des parasitoïdes en laboratoire, mésocosmes, serres et champs a été évaluée.
- *Chilo sacchariphagus*, le foreur ponctué de la canne à sucre: une stratégie de protection intégrée (IPM) à réduit de plus 50% les dégâts avec des gains économiques de 800 to 1800 dollars par hectare (association de lâchers inondatifs du parasitoïde, *Trichogramma chilonis* et conservation par une fourmi prédatrice, *Pheidole megacephala*) (2000-2011).
- *Cacyreus marshalli*, le Brun des pélagoniums en étudiant 8 espèces de *Trichogramma spp.* (2000-2001).
- *Plutella xylostella*, la Teigne des crucifères, en utilisant 37 souches de *Trichogramma spp.* (1998-2000).

Les connaissances obtenues et le partage des expériences via ces différents programmes de recherche seront intéressants pour d'autres projets sur les insectes et pour la communauté scientifique.

Mots clefs: parasitoïdes oophages, stockage au froid, élevage de masse, hôte de substitution, packaging, réseau entomologistes.

Utilisation des insectes et acariens prédateurs dans la mise en œuvre de la protection des cultures

Anne-Isabelle LACORDAIRE - Koppert

Résumé non parvenu

Julien VENDEVILLE – Biobest

Biobest, Orange, France

Bien que l'on utilise depuis longtemps les pollinisateurs pour améliorer les rendements de cultures, d'autres atouts attrayants pour l'agriculture sont trouvés ces dernières années chez les bourdons. Cette communication décrit l'utilisation des bourdons du genre *Bombus* sous serre et de leur impact économique et technique.

Depuis l'élaboration des premiers élevages de bourdons dans les années soixante, et de la mise en place des élevages de masse dans les années quatre-vingt, l'utilisation des pollinisateurs n'a fait que croître dans les cultures.

Les Bourdons sont élevés par une trentaine de compagnies dans le monde et plusieurs espèces sont produites en élevage de masse pour répondre au besoin des marchés locaux. Ils sont principalement employés pour la pollinisation des tomates sous serre, mais trouvent aujourd'hui leur utilité dans plus d'une vingtaine de cultures grâce à leur capacité à augmenter les rendements et à améliorer la qualité des fruits. Les dernières innovations en matière d'entomo-vectoring font aussi des bourdons des agents de biocontrôle efficaces face à certains micro-organismes pathogènes.

Key words : Bombus terrestris, pollinisation, culture, agriculture, Flying Doctors

Le ver à soie et les biotechnologies : état de l'art, enjeux et perspectives

Corinne ROYER - INRA

A l'orée du XXI^e siècle, le ver à soie tente de se réapproprier sa place d'antan en Europe et entreprend une métamorphose originale pour conquérir une nouvelle route de la soie.

Connu essentiellement pour l'utilisation, dans l'industrie textile, du cocon soyeux qu'il produit, de nouveaux développements technologiques (biotechnologies,...) permettent actuellement de positionner le ver à soie et la soie dans une ère de modernité et d'innovation¹.

Sur ces bases, le Japon mise aujourd'hui sur une relance de sa sériciculture², délocalisée par le passé dans les pays avoisinants.

L'objectif premier de cette présentation sera donc de chahuter, sans l'occulter, l'image traditionnelle, restrictive et parfois passéiste que l'on a de cet insecte et de son produit d'exception associé : la soie. Ceci, pour dévoiler les capacités de ce binôme (ver à soie-soie) à émerger dans des domaines industriels de pointe (biomatériaux, biomédical...).

Associé au potentiel précité, un autre aspect consistera à expliciter et/ou à s'interroger sur la pertinence de la mise en place d'une filière séricicole de qualité (incluant la valorisation de tous les sous-produits). Cette filière pourrait en effet s'intégrer dans notre tissu économique européen voire français en lien avec des dynamiques d'innovation, territoriales ou de restauration moderne de notre patrimoine historique.

¹ Transgenic Res. 2014 Oct;23(5):697-706. doi: 10.1007/s11248-014-9826-8. Epub 2014 Aug 12. The advances and perspectives of recombinant protein production in the silk gland of silkworm *Bombyx mori*.

² Japan's silk industry weaves its way into the 21st century (source: <http://asia.nikkei.com/magazine/20140327-REMAKING-THE-MARKERS/Tech-Science/0327TSS1Japans-silk-industry-weaves-its-way-into-the-21st-century>)

Karine LE ROUX - Ynsect

Karine Le Roux, Antoine Hubert, Alexis Angot, Fabrice Berro, Jean-Gabriel Levon, Nathalie Berezina.*

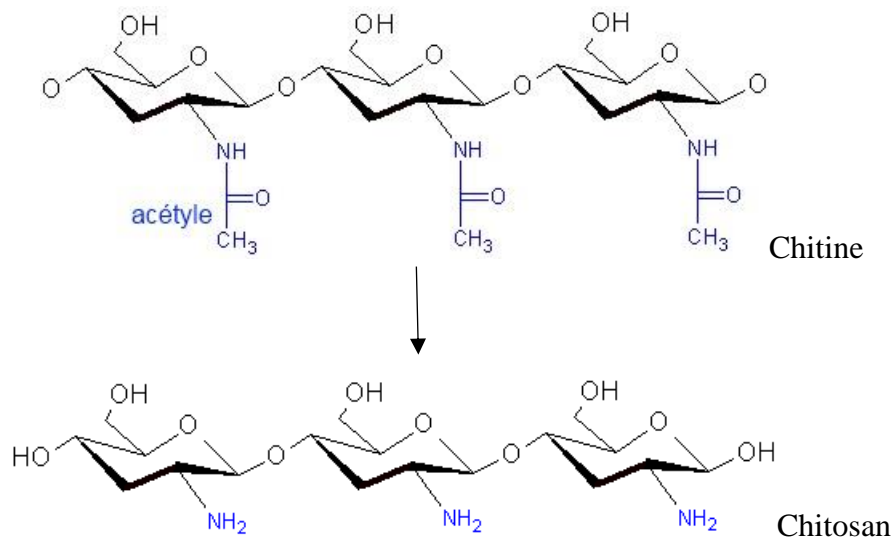
Ynsect, 4 rue Pierre Fontaine, 91000 EVRY, France

klr@ynsect.com

La chitine est le deuxième polysaccharide le plus abondant sur Terre après la cellulose. Elle est produite par de nombreux organismes tels que champignons, algues ou bactéries mais surtout chez les Arthropodes, tant dans les exosquelettes des crustacés que dans ceux des insectes.

Constituée de glucosamines en majorité N-acétylées, la chitine est remarquable par sa résistance aux agressions physiques, à la dessiccation, aux microorganismes et aux virus. Elle peut être modifiée en chitosane par désacétylation, ou être réduite en polysaccharides de poids moléculaire plus faibles. Ces dérivés ont de remarquables propriétés antifongiques et antibactériennes, entre autres, et sont utilisés en tant que films alimentaire, fils de suture, pansements, biomatériaux médicaux, ainsi que pour la dépollution d'ions métalliques, clarification de jus, etc.

La production de chitine à partir des coproduits de crustacés est bien connue depuis les années 1970. Quelles sont ses points forts et ses faiblesses ? Peut-on la transposer aux coproduits d'insectes ? Quelles sont les avantages et les contraintes de cette perspective ? Cette présentation propose de dresser un état des lieux des connaissances sur le sujet.



Thématique de la table ronde 3 :
Une filière à monter. Quels sont les leviers industriels et économiques

David GUERRAND - Consultant

L'élevage d'insectes est déjà connu et maîtrisé depuis de nombreuses années, notamment pour la production d'insectes destinés au contrôle biologique dans l'agriculture ou encore pour les applications dans le domaine pharmaceutique. Le développement de l'élevage d'insectes pour la filière agro-alimentaire est plus récent et soulève de nombreuses interrogations quant à la notion même de filière. De la même façon que les filières bovines ou avicoles sont structurées, il faudra certainement envisager une approche comparable pour assurer le développement à grande échelle

de l'utilisation des insectes dans les industries agro-alimentaires.

Les intervenants de cette table ronde représentent différents volets de l'utilisation des insectes, avec des leviers industriels et économiques qui leur sont propres tant en amont qu'en aval de chaque filière.

L'objectif de la table ronde sera de débattre de ces leviers et de poser les bases nécessaires à la structuration de filières insectes respectueuses de l'environnement et garanties de la qualité finale des produits mis sur le marché.

Au cours de la table ronde, les intervenants apporteront leurs points de vue sur cette filière à monter en abordant notamment les points suivants :

- le choix de la technologie d'élevage et la maîtrise des coûts industriels
- environnement normatif et qualitatif de la production d'insectes à grande échelle
- le contrôle sanitaire, la maîtrise de la santé de la population d'insectes dans un élevage
- la nutrition des insectes dans une optique d'optimisation des rendements et de contrôle de la qualité finale de l'insecte
- les aspects réglementaires

Etude sur les potentiels de développements de la filière insectes

Maxime CHAMILLARD – Adebitech

Une enquête a été réalisée à partir d'un questionnaire, utilisant google form, envoyé à des laboratoires académiques et des industriels de différents domaines d'applications. L'objectif a été de mettre en évidence l'intérêt potentiel (freins, avantages) de la filière insectes ainsi que de collecter les avis des scientifiques.

Cette étude a rencontré un réel succès puisqu'il y a eu 316 réponses dont 226 personnes intéressées par cette filière émergente. Parmi ces derniers, 121 sont des industriels et 105 sont des chercheurs du secteur public/parapublic.

L'étude montre également que 44 chercheurs du secteur public/parapublic utilisent d'ores et déjà l'insecte dans leur recherche et qu'ils sont 49 chercheurs à envisager des recherches dans cette filière. Les freins majeurs identifiés sont le manque de données bibliographiques, la réglementation, des difficultés de production de quantités suffisantes d'insectes et des difficultés à trouver des partenaires.

Parmi les industriels, il y a majoritairement des entreprises de moins de 250 employés (TPE et PME). Les secteurs qui s'intéressent le plus à la filière insecte sont l'agroalimentaire et l'industrie pharmaceutique.

Dans le secteur agroalimentaire, 51 sociétés ont répondu favorablement dont 13 sont déjà dans la filière et sont uniquement des petites entreprises (TPE et PME). Les freins majeurs rencontrés sont la réglementation et le manque de connaissance de l'insecte. La qualité nutritionnelle, le développement durable et le fait que cette nouvelle filière représente un marché à fort potentiel sont les 3 avantages qui ressortent le plus de cette étude.

Dans le secteur des industries pharmaceutiques, 23 ont répondu favorablement dont 2 sont déjà dans la filière. Les freins majeurs rencontrés sont le manque de connaissances, la réglementation et l'accès à la ressource. Le coût et le rendement sont les deux avantages majeurs dans l'utilisation d'insectes dans ce secteur par rapport à d'autres systèmes biologiques existants.

Bien que minoritaire dans la réponse, les secteurs « industrie cosmétique » (12 entreprises), « environnement » (9 entreprises), « services à l'agriculture » (7 entreprises), « matériaux » (2 entreprises), « énergies » (1 entreprise) et « industrie phytosanitaire » (1 entreprise) sont également très intéressés par la filière insecte.

Une analyse précise sera effectuée pour chaque domaine d'application (avantages, freins, points clés, applications potentielles...) et fera l'objet de l'intervention lors du colloque ainsi que d'un rapport.

Status and perspectives for inclusion of insects in the food and feed sectors

Paul VANTOMME – FAO

Insects are part of the traditional diets of approximately 2 billion people worldwide. Insects can contribute to food security and be a part of the solution to protein shortages, given their high nutritional value, low emissions of greenhouse gases (GHG), low requirements for land and water, and the high efficiency at which they can convert feed into food. Some 2000 species of insects are referred in literature as used for food. The nutritional composition of insects is comparable to conventional animal protein sources like beef and fish. The majority of insects consumed in developing countries today are harvested in nature from wild populations. In western countries, the disgust factor to consider insects as food, combined currently with their limited availability on the market and a lack of regulations governing insects as food and feed are major barriers for their further expansion. Consumer acceptability will be determined, in large part, by pricing, perceived environmental benefits, and the development by chefs and the catering industry of tasty insect-derived products. The overall contribution of edible insects to livelihoods is difficult to estimate by lack of reliable statistics. However, the biggest opportunity may well lay in the production of insect biomass as feedstock for animals and fish as it can be combined with the biodegradation of manure and the composting and sanitizing of organic waste. Insects have the potential to partly replace the increasingly expensive protein ingredients of compound feeds in the livestock industries. Grains that are used as livestock feed, which often comprise half the cost of meat production, could then be used for human consumption. Considering the immense quantities of insect biomass needed to replace current protein-rich ingredients such as meal from fish and soybeans, automated mass rearing facilities that produce stable, reliable and safe products need to be developed. For this to occur significant technological innovations, changes in consumer food preferences, insect-encompassing food and feed legislation, and progress towards more sustainable food production systems are needed. The close collaboration of government, food and feed industry, media, chefs and academia will be essential for success.

Keywords: Entomophagy / gastronomy / insects / sustainable diets / nutrition / health food / feed production

Multifaceted aspects of insect pathogenic and commensal bacteria in insect based food

Christina NIELSEN-LEROUX - INRA

UMR INRA –Micalis & AgroParisTech, Team Génétique Microbienne et environnement, Domaine de Vilvert, 78350 Joy en Josas, France

Like other organisms insects are associated with bacteria as commensals, symbionts or as pathogens. It seems obvious that aspects related to the role and impact of these microbes in insect based food, from rearing, during processing to storage and finally in the consumer, need to be explored at various levels. In the Micalis Institute (www.micalis.fr) we are working with several topics related to microbial food safety. Both to elucidate bacterial pathogenesis in insects, for instance with *Bacillus thuringiensis* (1,2,3), bacteria as probiotics (4) and bacteria in food conservation (5), the latter two are mainly belonging to species of lactic acid bacteria. Then although one of the interesting points with insects are the presumed low risk of transfer of pathogens from insect to vertebrates, there is a need for investigating the microbiota associated with the chosen insect's sources to evaluate benefice and risk. My presentation or poster will mainly highlight such aspects but will also raise ideas related to the potential of bacterial entomo-pathogens as enzyme sources for industrial biotransformation of insect based products. The aim of the presentation and hopefully the discussion is to set up research topics related to insect based food safety in order to include them in collaborative projects.

1) Daou N, Buisson C, Gohar M, Lereclus D, Nielsen-LeRoux C. (2009). *IlsA*, a unique surface protein of *Bacillus cereus* required for iron acquisition from heme, hemoglobin and ferritin. *PLoS Pathog.* 5(11): e1000675.

2) Nielsen-Leroux C, Gaudriault S, Ramarao N, Lereclus D, Givaudan A. (2012) How the insect pathogen bacteria *Bacillus thuringiensis* and *Xenorhabdus/Photorhabdus* occupy their hosts. *Curr. Opin. Microbiol.* 15(3): 220-231.

3) http://www.micalis.fr/micalis_eng/Poles-and-teams/Pole-Risk/GME-Lereclus

4) http://www.micalis.fr/micalis_eng/Poles-and-teams/Pole-Ecosystems/Probiote-Langella

5) http://www.micalis.fr/micalis_eng/Poles-and-teams/Pole-Ecosystems/Flec-Champomier-Verges

Evaluation des caractéristiques nutritionnelles et de l'aptitude à la transformation d'insectes consommés au Cameroun.

Aymar Rodrigue FOGANG MBA - INRA-Nantes/ Université de Yaoundé I- Cameroun

Aymar Rodrigue Fogang Mbasu ^(a,b,*), Germain Kansci ^(b), Gustave Demmano ^(b), Claude Genot ^(a*)

^a INRA, UR1268 Biopolymères Interactions Assemblages, Nantes - France

^b Université de Yaoundé I, Département de Biochimie - Cameroun

La consommation d'insectes est une habitude alimentaire dans de nombreux pays et particulièrement ceux en voie de développement. Encouragée par la FAO, elle contribuerait à lutter contre la raréfaction et le coût élevé des protéines animales liés au boom démographique mondial(1).

De nombreuses études rapportent en effet une teneur en protéines importante chez des insectes(2). Toutefois, ces études négligent souvent l'importance des autres nutriments tels que les vitamines, les minéraux et les lipides, en particulier aux stades larvaires, et l'incidence des pratiques traditionnelles (modes de conservation et de consommation) sur leur valeur nutritionnelle. Des utilisations via des transformations non traditionnelles pourraient également être proposées. Dans cette étude, nous nous proposons de déterminer la valeur nutritionnelle et l'aptitude à la transformation de trois insectes à l'état larvaire consommés en Afrique centrale. En préliminaire, un échantillonnage basé sur l'identification et la collecte de trois insectes très consommés a été effectué : larves de hanneton (*Rhyncophorus phoenicis*) et de deux types de chenilles (*Imbrasia ertli* et *Imbrasia epimethea*). Les protéines et les lipides seront extraits et leurs compositions détaillées seront déterminées. Les propriétés fonctionnelles des farines et des protéines seront évaluées par leur aptitude à retenir de l'eau, à former des gels, des mousses et des émulsions. Enfin, l'effet des traitements technologiques sur les propriétés nutritionnelles et technologiques se fera pour différentes techniques de cuisson (friture, à l'eau), de conservation (séchage, congélation) et de stockage (température, temps, humidité). Les résultats de ces travaux seront une contribution importante dans la connaissance de la valeur nutritionnelle et des propriétés technologiques des insectes dans la perspective de leur utilisation en industrie alimentaire.

Mots clés : Rhyncophorus phoenicis ; Imbrasia ertli ; Imbrasia epimethea ; insectes comestibles ; caractéristiques nutritionnelles ; traitements technologiques.

(1) FAO. «Edible insects: Future prospects for food and feed security.» FAO FORESTRY PAPER, n° 171 (2013): 201.

(2) Rumpold, B.A., et O.K. Schlüter. «Nutritional composition and safety aspects of edible insects.» Mol. Nutr. Food Res. 00 (2013): 1-22.

*Contacts: aymarfogang@yahoo.fr; claude.genot@nantes.inra.fr

POSTER #8 - SESSION 1

Circular Economy: valorization organic waste by insects

Jean-François KLEINFINGER - NextAlim

H DJELAL*, A CHANTAL*, S MARCQ*, A MOUNY*, L REGNIER*, R SMIA**, JF KLEINFINGER**

* Ecole des Métiers de l'Environnement, Campus de Ker Lann, 35170 Bruz-France

hayetdjelal@ecole-eme.fr

** NextAlim, <http://nextalim.com/jf.kleinfinger@nextalim.com>

In the coming years, the consumption of animal protein will strongly increase and with it, the need to feed protein to animals. In addition, over the past decade, soya, basic animal nutrition, and fish meal have seen their prices increasing.

In the meantime, the amount of organic waste continues to increase and it is essential to find solutions. To solve these problems, the use of insect like *Hermetia illucens* L., the Black Soldier Fly (BSF) seems to be an alternative for animal feed and soil compost production.

The BSF has a short life cycle, its larva is particularly voracious and it is safe for humans and the environment. So the bioconversion of organic waste material by the BSF allows many opportunities for industrial development

The main goal of this study is to find a new approach for recycling of industrial by-products in to products with high nutritional value, conforming to the concepts of sustainable development and circular economy. For this, various growth assays are conducted for enhancing the development of BSF larvae on organic waste.

Key words: insect, Hermetia illucens, Black Soldier Fly, organic waste, bioconversion, animal feed

Yeast providing nutritional solutions for industrial insect production

John CONWAY - Lallemand inc.

John Conway, Jacinthe Côté, Myriam Tourancheau, Shoeb Syed

Yeast has been used for many years as a source of protein to ensure a stable growth and development of insects. There are however uncertainties regarding the potential effect of using different yeast source on larval fruit fly adult emergence (pupation), female and pupae size (weight gain) and overall growth and survival of larvae and adult fly. Insect diet is composed of various yeast (7%) plus corn cob powder, sugar, corn meal, sodium benzoate, nipagin, citric acid, and guar gum in water. Various yeast formulations composed of torula yeast combined with brewer's yeast, distillers yeast, bakers yeast and yeast fractions, were evaluated. *Anastrepha ludens* and *obliqua* neonate larvae were fed the new diets for up to 9 days. The diet performance was evaluated based on its effect on some markers of development: percent larval recovery (number and weight), the larvae weight, percent pupation at 24 hours (adult larvae emergence) and weight of pupae. Of the 29 yeast formulations tested, 11 contributed to outstanding diet performance. Compared to the torula yeast rich formulations, those containing $\geq 50\%$ distillers or brewers yeast did not support as well larvae growth and development of *A. ludens* and *obliqua*. The formulations containing yeast fractions supported better the transformation of eggs to larvae and the pupation. There were no clear correlations between the protein content of the tested yeast formulations and the larval development markers studied, however the two larvae species do not appear to have the same protein requirement. Indeed, the best larval recovery, pupation at 24 hours and weight of pupae for *A. ludens* larvae were obtained with formulations containing on average 49% proteins, whereas the best larval recovery, pupation at 24 hours and weight of pupae of *A. obliqua* were obtained with formulations containing 46.5% proteins. These results suggest that growth factors other than proteins are needed to ensure proper diet performance for larval development. Yeast fractions contain specific amino acids and as much as 6% nucleotides, compounds that may play a role in cell proliferation. Therefore further research will be required to elucidate the mechanism through which yeast components exert their growth stimulating effect on fruit fly larvae. Moreover, the selected yeast formulations shall be tested on other insect species used for biocontrol and for food and feed, a new market development.

Le projet Millepâtes : Des pâtes à la poudre d'insectes

Antoine VOLATRON - ESIX Agro-A & Micronutris

Corret Séverine¹, Dieu Pierre¹, Duvert Marion¹, Legay Lucie¹, Lhermelin Julie¹, Lehuger Yohann¹, Mellet Thomas¹, Okouyi Darren¹, Pintat Mathys¹, Thummel Anne¹, Volatron Antoine¹, Heude Clothilde¹, Auriol Cédric², Défrize Jérémy², Benoit Bernay³

¹ ESIX Agro-A

² Micronutris

³ PROTEOGEN Université de Caen Basse-Normandie

La consommation de viande est de plus en plus critiquée pour son caractère dangereux vis-à-vis de l'environnement. La FAO recommande la consommation d'insectes pour substituer les apports protéinés de la viande dans une démarche éco-responsable. La consommation d'insectes est déjà

bien ancrée dans les cultures asiatiques, africaines et sud-américaines. Mais comment faire accepter la consommation d'insectes dans la société occidentale ?

Le projet Millepâtes souhaite répondre à cette question. Pour cela nous travaillons, nous élèves ingénieurs de l'ESIX Normandie et notre partenaire Micronutris, à la création de pâtes sèches contenant une portion de poudre d'insectes. L'avantage de ce produit est qu'il supprime le visuel de l'insecte afin de réduire la réticence que l'on peut avoir lors de sa consommation. De plus, la poudre d'insectes est incorporée dans des pâtes, un produit consommé régulièrement dans les foyers européens sous de multiples formes. Enfin, ce produit est à la fois un apport d'énergie et une source de protéine riche en acides aminés essentiels.

Micronutris fournit au projet la poudre d'insectes nécessaire à la création de ce produit innovant. Jusqu'à ce jour les essais ont été réalisés sur les différents paramètres de fabrication qui jouent sur la qualité sensorielle et physique des pâtes. Afin de caractériser les paramètres optimaux, des analyses rhéologiques ainsi qu'une analyse sensorielle ont été réalisées.

Les prototypes réalisés contiennent jusqu'à 18,5% de farine d'insectes. Les pâtes ont une couleur sombre et un goût de céréales complètes. Le projet passe cette année en phase d'industrialisation. Le travail sur du matériel plus performant va permettre d'affiner les réglages et permettre ainsi de répondre aux besoins qu'impose une commercialisation.

POSTER #15 - SESSION 1

DESIRABLE- Conception d'une bioraffinerie d'insectes pour contribuer à des systèmes agroalimentaires plus durables

SAMIR MEZDOUR - *AgroParisTech*

Le projet DESIRABLE se propose de couvrir les problématiques de sous-valorisation de coproduits de biomasse, et de production locale de ressources riches en protéines, par un procédé de bioconversion par les insectes en protéines adaptées à l'alimentation d'animaux.

Il intègre une vision globale de la filière, de l'utilisation des déchets organiques jusqu'à la consommation de poissons et volailles. L'unité de bioconversion, appelée bioraffinerie est étudiée en détail. Des expériences à l'échelle du laboratoire et du pilote ont été menées pour chacun des composants de la bioraffinerie : l'élevage, la transformation et l'utilisation des produits. Une Analyse du Cycle de Vie (ACV) complète apportera une vision globale du système.

Plusieurs voies de procédés d'extraction et de fractionnement des constituants d'insectes ont été explorées et ont permis de préparer plusieurs types de farines.

Le projet regroupe des compétences d'excellence sur un large panel d'expertises scientifiques, tant académiques qu'entrepreneuriales, pour une étude approfondie des composants de la bioraffinerie et de la filière globale : les compétences des partenaires académiques en entomologie, en technologie alimentaire, alimentation animale, analyse sensorielle, acceptation du consommateur, ACV, mais aussi celle des partenaires PME en élevage et technologies de transformation, permettront d'optimiser la bioraffinerie et d'évaluer pragmatiquement les retombées industrielles potentielles.

Mots clés : insecte, ento-raffinerie, protéine, farine, alimentation animale
Programme ANR : Systèmes Alimentaires Durables - Edition 2012 (ALID) 2012
Référence projet : ANR-12-ALID-0001

Ingrédients d'insecte (*Tenebrio molitor*) pour l'alimentation animale et l'industrie alimentaire

Christiane AZAGOH - *Agroparistech*

Azagoh C., Ducept F., Cuvelier M-E, Keller S, Lewandowski R, Mezdour S

Comment nourrir 9 milliards d'hommes en 2050, dans un contexte de menace de pénurie alimentaire, et de préservation de l'environnement? Chercheurs et industriels de l'agroalimentaire commencent à s'intéresser à la valorisation d'insectes comestibles (+ 1900 espèces consommées dans le monde) qui grâce à leurs qualités nutritionnelles, leur faible impact sur l'environnement pourraient constituer une ressource alimentaire d'avenir. Si ces perspectives soulèvent bien des interrogations, les débouchés qui se dessinent sont d'abord destinés à l'alimentation animale.

Cette étude fait partie des tâches du projet DESIRABLE "DESigning the Insect bioRefinery to contribute to a more sustainABLE agro-food industry" et a pour but de produire et de caractériser les protéines d'insectes en vue d'une utilisation dans l'alimentation animale mais aussi en tant qu'ingrédient pour l'industrie agroalimentaire. Après transformation par voie thermo-mécanique de larves de *Tenebrio molitor*, une fraction lipidique et 2 types de farine ont été obtenus : une farine complète et une farine contenant moins de 15 % de lipides, et respectivement 55-60 % et 65-70 % de protéines et une granulométrie comprise entre 150 et 1400 μm . Le profil d'acides aminés et des tests de croissance et de digestibilité sur animaux permettront de valider l'utilisation de cette farine comme ingrédient pour l'alimentation animale. La farine partiellement délipidée contient une fraction soluble et une fraction insoluble. La détermination des propriétés fonctionnelles des protéines de cette farine actuellement en cours d'étude laisse suggérer leur possible utilisation en tant qu'agent moussant, gélifiant ou émulsifiant. Leur caractérisation par électrophorèse a permis de définir leur taille comprise entre 20 à 170 kDa. La fraction lipidique montre un profil d'acide gras intéressant d'un point de vue nutritionnel: environ 45 % d'acide oléique ($\omega 9$) et 29 % d'acide linoléique ($\omega 6$). Des tests de stabilité sont en cours pour analyser la résistance à l'oxydation de la fraction lipidique et de la farine.

Mots clés : Protéines, lipides, insecte, alimentation animale, valorisation

Optimization of omega 6/omega 3 ratio in the mealworm, *tenebrio molitor*

Jérémy DEFRIZE - *Micronutris*

Celia Nave, Cédric Auriol, Jérémy Defrize and Thierry Talou

Production of abundant high quality nutriment with a low impact on resources and environment is one of the most important challenges that food industry will be faced in the future. Solutions under consideration include the use of edible insects that are already eaten by more than 2 billions of people in the world. Recent studies revealed that the production of several edible species, already well-known for their nutritional qualities, emit a low level of anthropogenic greenhouse gas (GHG) when compared to traditional sources of animal proteins in Europe. One of these species is the mealworm *Tenebrio molitor* which contains, in addition to proteins, polyunsaturated fatty acids such

as Omega 3 and Omega 6. Both are considered as high value molecules in Human diet. However, to be beneficial to our organism, these two molecules should be provided in our diet with a ratio close to 5 according to the French Agency of health security, environment and work (ANSES). The aim of this study was to assess the impact of different vegetal feed on the Omega 6/Omega 3 ratio in the mealworm *Tenebrio molitor*.

Edible insects and missing legislation: the EU outlook

Simone BELLUCO - *Istituto Zooprofilattico Sperimentale delle Venezie*

Belluco, S, Halloran, A, Ricci, A.

Edible insects may be available on the European market in the coming years. However, the marketing of edible insects is currently constrained by legislation. The EU Commission deems insects to be considered as Novel Food (Heinimaa and Trunk 2014) with the need for a pre market approval. However since food consisting of whole animal products are not explicitly mentioned in Art. 1 of Reg. 258/1997 some member states consider whole insects to be exempt from it justifying the set up of national rules as food safety is a matter of concurrent legislation.

Following this approach, the Belgian Federal Agency for the Safety of the Food Chain (FASFC) decided to tolerate insect based products and approved the use of ten insect species as a food ingredient if used as a whole and reared on authorized farms.

However, import of insects fit for human consumption from outside the EU is prevented by the lack of rules and consequently the impossibility for third countries to follow the FVO approval pathways. Regarding import for personal use (luggage and personal shipment) limited quantities of edible insects, are allowed according to Reg, 206/2009 but rather they seem to be subject of veterinary checks. Thus, import feasibility varies among countries, Insects quantities below 2 kg/person can be imported according to DEFRA (UK) personal import rule database. In contrast they are not allowed in German (Grabowski et al) and in Italy (Personal communication).

The proposal of new novel food regulation aims to streamline the authorisation procedure and to introduce a faster and more proportionate safety assessment for traditional foods from third countries (notification). If the definition of Novel Food will remain the same, "traditional food from a third country" will gain its own definition and will refer to novel food which is derived from primary production with a history of safe food use in a third country.

This epidemiological and historical evaluation will be sufficient to claim a food as safe, satisfying also the precautionary principle (art 7 Reg. 178/2002). Regarding "history of safe food use in a third country" it is asked that the safety could be confirmed with compositional data and from experience of continued use for at least 25 years in the customary diet of a large part of the population of a third country, prior to a notification.

After the approval pathway, edible insects are expected to be addressed at least in Reg. 853/2004 but reasonably also in 2073/2005 and in 1881/2006.

Insects as a possible source of bioactive peptides with anti-hypertensive properties

Pierre ROUGÉ - *Faculté de Pharmacie Toulouse*

Rougé P, Barre A

Protein hydrolyzates from insects have been documented as a possible source of bioactive peptides with anti-hypertensive properties (PAH). Like Captopril® and Lisinopril®, these PAHs specifically inhibit the angiotensin I-converting enzyme (ACE) to prevent the conversion of angiotensin I into angiotensin II, responsible for an increase in the blood pressure. In addition to this anti-hypertensive effect, ACE prevents the degradation of bradikynine, an hormone responsible for the vasodilatation (hypotension) of the blood vessels. PAHs thus consist of an interesting tool to control the blood pressure in people having moderate hypertension. Even though many potential PAHs have been identified in various foods and food products, most of them are readily inactivated by digestive enzymes such as pepsin, trypsin and chymotrypsin, and are therefore destroyed before they can inhibit the ACE to fulfill a pharmacological function. However, proline-containing PAH are of particular interest because they are much more resistant to the proteolysis by digestive enzymes and their lifetime in the blood stream is long enough to interact with ACE and exert their anti-hypertensive effect. Both di- and tripeptides containing a C-terminal proline residue have been isolated from protein insect hydrolyzates, namely Ala-Pro (AP), Phe-Pro (FP), Gly-Pro (GP), Asn-Pro (NP), Arg-Pro (RP), Val-Pro (VP), Tyr-Pro (YP), Ala-Leu-Pro (ALP), Phe-Gln-Pro (FQP), Ile-Ala-Pro (IAP), Leu-Ala-Pro (LAP), and Val-Ala-Pro (VAP). In order to assess the occurrence of these Pro-containing PAHs in protein hydrolyzates from edible insects, we performed a bioinformatic approach to screen the protein sequences of the yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) available at the NCBI database for the presence of these potential PAHs. With a few exceptions, most of the screened protein sequences contain Pro-containing di- and tripeptides with a potential anti-hypertensive activity. A very similar result was obtained for the protein sequences of the silkworm (*Bombyx mori*), that suggests some anti-hypertensive activity for edible insects included in the diet. Obviously, these hypothetical results need to be confirmed by some experimental approaches like the in vitro measurement of the inhibitory activity of protein hydrolyzates from edible insects on the ACE enzyme, and the decrease in blood pressure of rats fed with insect protein extracts.

Tropomyosin, a IgE-binding cross-reacting allergen in edible insects

Pierre ROUGÉ - *Faculté de Pharmacie Toulouse*

Annick Barre, Simon Cavelier, Audrey Zigliara, Stephanie Caze-Subra, Françoise Bienvenu, Jacques Bienvenu, Pierre Rougé

The muscle protein tropomyosin has been identified as a major allergen in both crustaceans (shrimps), dust mites (*Dermatophagoides* sp.) and mollusks (snails), responsible for more or less severe allergic reactions in sensitized people. Due to the extreme conservation of tropomyosin among invertebrates and, especially, among arthropods, tropomyosin should trigger some IgE-binding cross reactivity upon consumption of edible insects by individuals previously sensitized to dust mites or crustaceans. Western blotting experiments performed on protein extracts from various

edible insects including the yellow mealworm (*Tenebrio molitor*, Coleoptera), the house cricket (*Acheta domesticus*, Orthoptera), the silkworm (*Bombyx mori*, Lepidoptera), and the bamboo worm (*Omphisa fuscidentalis*, Lepidoptera), using sera from individuals sensitized to dust mites and shrimps, showed that most of the assayed sera readily interacted with tropomyosin of edible insects. Most of the IgE-binding cross reactivities occurring with food and food products are not clinically relevant, but some of them are. According to the occurrence of IgE-binding cross reactivity between tropomyosin from edible insects and other arthropods, it cannot be excluded that some crossed allergy could occur between edible insects and other arthropods. In this respect, anaphylactic manifestations have been reported upon consumption of different edible insects including fried silkworm pupae, yellow mealworm, and sago palm weevil larvae (*Rhynchophorus ferrugineus*, Coleoptera). However, edible insects as a source of sensitization still remains questionable since sensitized people usually react to other arthropods such as dust mites, shrimps or snails. Obviously, the allergenicity of edible insect proteins is an open question which deserves to be documented by *in vitro* tests (western blotting, degranulation tests, specific IgE) coupled to clinical approaches (skin prick tests, double blind, placebo-controlled food challenges). In the meantime, consumption of edible insects by people with known allergy to dust mites, shrimps or snails, should be discouraged to avoid any possible adverse reaction.

POSTER #3 - SESSION 2

Une approche multidisciplinaire des métabolites d'insectes pour explorer leur potentiel écologique et médicinal

Alexandre MACIUK - Faculté de Pharmacie, Univ. Paris-Sud

A. Maciuk⁽¹⁾, V. Éparvier⁽⁵⁾, D. Le Mai⁽¹⁾, S. Cojean⁽¹⁾, F. Roblot⁽¹⁾, A. Harfouche⁽¹⁾, J. Orivel⁽²⁾, P. Coulerie⁽³⁾, A. Magro⁽⁴⁾, C. Ducamp⁽⁴⁾, F. Ramon-Portugal⁽⁴⁾, C. Duplais⁽²⁾, C. Birer⁽²⁾, E. Poupon⁽¹⁾, B. Figadère⁽¹⁾

⁽¹⁾ UMR 8076 CNRS BioCIS, Faculté de Pharmacie, Université Paris-Sud.

⁽²⁾ UMR CNRS-INRA Ecofog, UAG, Kourou/Cayenne, Guyane.

⁽³⁾ IAC, Nouméa, Nouvelle-Calédonie.

⁽⁴⁾ ENFA, Toulouse.

⁽⁵⁾ ICSN, Gif-sur-Yvette.

Les métabolites d'insectes de type « petites molécules » sont une source de biodiversité très vaste et peu explorée par comparaison aux plantes. Le champ reste ouvert à la fois pour la taxonomie, l'écologie, la chimie et la biologie. Notre groupe de laboratoires (Paris, Toulouse, Nouméa, Cayenne) fédère des expertises et des attentes variées. L'approche chimique, incluant l'extraction et l'identification de ces métabolites, est à l'interface de plusieurs disciplines visant à comprendre la biosynthèse de ces molécules, les communications intra- et interspécifiques ou leur activités biologiques à visée pharmaceutique. Les thématiques en cours portent sur :

- l'identification de molécules répulsives de prédateurs produites par certaines coccinelles (*Calvia* sp) ;
- l'établissement d'une phylogénie des coccinelles intégrant la chimiotaxonomie, notamment impliquant les alcaloïdes ;
- les métabolites d'insectes (*Pyrrhocoris apterus*, *Nezara viridula*...), présentant une activité biologique sur des cibles variées (parasitoses humaines, neurodégénérescence) ;
- le profilage des populations bactériennes de cuticule de fourmis de Guyane (*Pachycondyla commutata*) et évaluation biologique de leurs métabolites bioactifs, notamment antibactériens.

Les travaux en cours et leurs résultats préliminaires sont présentés.

HematoBeeTest: Identification de biomarqueurs et mise au point d'un test hématologique pouvant témoigner du degré d'infection des colonies d'abeilles

Philippe BULET - Université Joseph Fourier de Grenoble, IAB

Philippe BULET^{1,2}; Karim ARAFAH²; Sébastien VOISIN²; Cédric ALAUX³; Yves LE CONTE³; Anne DALMON³; Michel BOCQUET^{2,4}; Laurent GAUTHIER⁵; Jozef SIMUTH⁶; Katarina BILIKOVA⁶

¹ Université Joseph Fourier, AGIM FRE CNRS 3405 (Grenoble, France)

² Plateforme BioPark d'Archamps (Archamps, France)

³ INRA PACA (Avignon, France)

⁴ Apimedia (Pringy, France)

⁵ Institut du Liebefeld (Berne, Suisse)

⁶ Institute of Forest Ecology, Slovak Academy of Sciences (Bratislava, Slovakia)

L'impact des facteurs stress/infectieux sur l'abeille est largement débattu à l'heure actuelle, mais peu d'articles concernent directement leur impact sur l'hémolymphe. L'approche que nous développons autour du projet HematoBeeTest va permettre (i) d'enrichir nos connaissances sur la réponse immunitaire des abeilles en fonction des pathogènes, (ii) de définir d'éventuelles spécificités de réponse, (iii) d'avoir une vision qualitative et quantitative de l'impact de tels facteurs sur les mécanismes de défense de l'abeille, (iv) de déterminer à partir de quel moment un facteur ou une combinaison de facteurs ont un réel impact sur l'abeille, ouvrant la voie à l'établissement de seuils plus pertinents pour la caractérisation de la dangerosité de ces facteurs, (v) d'identifier des marqueurs diagnostiques de l'état de santé des abeilles et développer des outils diagnostiques robustes, (vi) de réaliser des « carnets de santé » des colonies, des ruchers, et des territoires, sur la base d'analyses d'abeilles individuelles ou de mélanges d'hémolymphe, (vii) de mettre en place une base de données des résultats obtenus en vue d'établir des références pour l'interprétation des résultats de terrain, et (viii) de mieux répondre aux interrogations du grand public et des décideurs sur l'impact réel des infections sur l'immunité des abeilles, leur réponse et la conséquence sur la survie des colonies et la qualité des produits issus des ruches.

Pour réaliser ces objectifs, nous développons une approche analytique, sensible et robuste, adaptée à l'analyse de l'hémolymphe d'une abeille collectée dans son environnement. L'identification du (des) marqueur(s) repose sur des études réalisées par des approches complémentaires de spectrométrie de masse (désorption laser et électrobulbion) couplées en ligne ou hors ligne à une séparation par chromatographie liquide à haute performance afin d'étudier les molécules sécrétées dans l'hémolymphe d'une abeille en réponse à différents agents infectieux de référence ou reconnus comme infectant les abeilles (bactéries, champignons, virus, parasites).

Afin d'apporter la validation du (des) marqueur(s) identifié(s) sur les modèles expérimentaux et de mettre en place un « carnet de santé » des ruchers et ainsi renforcer/consolider nos connaissances sur les causes de la perte de colonies d'abeilles mellifères observée dans le monde, les analyses sont menées à la fois sur des échantillons d'hémolymphe d'abeilles collectées dans leur environnement naturel, mais également provenant de pays limitrophes de la France et à un pays d'Europe centrale.

En conclusion, ce travail va permettre la mise au point d'un outil de suivi et/ou diagnostic des colonies d'abeilles, et l'apport de solutions techniques robustes et facilement appréhendables à l'apiculture pour diagnostiquer l'état de santé de son cheptel.

A BRAND NEW ANTIMICROBIAL PEPTIDE FROM THE VENOM OF THE MYRMICINE ANT: BICARINALIN

Michel TREILHOU - Université Champollion

N. Téné¹, E. Bonnafé¹, M. Allaoua¹, A. Rifflet¹, L. Guilhaudis², I. Ségalas-Milazzo², B. Pipy³, A. Coste³, J. Leprince⁴, M. Treilhou¹

¹- EA 4357 - VacBio, University of Toulouse, CUFR Champollion, 81012 Albi, France.

²- UMR 6014 CNRS, IRCOF, IRIB, University of Rouen, 76821 Mont-Saint-Aignan, France.

³- PMRN - UMR 152, University of Toulouse, 31432 Toulouse, France.

⁴- Inserm U982, PRIMACEN, IRIB, University of Rouen, 76821 Mont-Saint-Aignan, France.

We have recently characterized bicarinalin, as the most abundant peptide from the venom of the ant *Tetramorium bicarinatum* [1]. Interestingly, this cationic and cysteine-free peptide exhibits no meaningful similarity with any known peptides and presents antimicrobial activities against *Staphylococcus aureus* and *S. xylosus*. To further investigate the lethal properties of bicarinalin, we have studied its antibacterial, antifungal and antiparasitic activities. Bicarinalin was active against twelve microorganisms with MICs ranging from 2 to 25 µM. *Cronobacter sakazakii*, *Salmonella enterica*, and *Aspergillus niger* were particularly sensitive to this novel AMP. Resistant strains of *S. aureus* and *Pseudomonas aeruginosa* were as sensitive as common strains. MBCs values were consistent with the corresponding MICs, except for the non-resistant *P. aeruginosa* and *E. cloacae* strains for which the MBCs were twice the corresponding MICs [2]. For each strain, the low ratio MBC/MIC confirmed the bactericidal property of bicarinalin. Moreover, we have shown that bicarinalin acted through a membrane permeabilization mechanism in accordance with its helical structure. Prepro-bicarinalin displayed a N-terminal domain that exhibited sequence homology with the pilosulin AMP family. Finally, the pharmacological potential of bicarinalin was highlighted by its weak cytotoxicity and its half-life in serum around 20h. Altogether, these results demonstrate the therapeutic potential of bicarinalin and enrich the knowledge about the diversity and the role of arthropod venom peptides.

Key words: venom, ant, AMP.

[1] A. Rifflet, S. Gavalda, N. Téné, J. Orivel, J. Leprince, L. Guilhaudis, E. Génin, A. Vétillard, M. Treilhou, *Peptides*, 38, 363 (2012)

[2] N. Téné, V. Roche-Chatain, A. Rifflet, E. Bonnafé, B. Lefranc, J. Leprince, M. Treilhou, *Food Control*, 42, 202 (2013)

Optimisation de la production de VLPs dans les cellules d'insectes

Hassan CHAABIHI - Agate bioservices

Christel Girard, Hassan Chaabihi

Les cellules d'insectes constituent l'un des principaux systèmes pour la production de complexes protéiques structurés comme les pseudo-particules virales VLPs (virus-like particles). La production de VLPs dans ce système connaît un important développement, qui s'est traduit depuis quelques années par la mise sur le marché des premiers vaccins basés sur ces structures.

Lorsqu'elles sont associées au vecteur baculovirus, les cellules d'insectes offrent des possibilités d'expression de gènes multiples et une rapidité de mise en œuvre importante. Cependant, la conception de constructions génétiques et de vecteurs d'expression permettant une production de VLP optimale peut s'avérer problématique dans bien des cas. Plusieurs conditions doivent

effectivement être réunies dont :

- Un niveau de production satisfaisant des protéines structurales dont les gènes sont exprimés
- Un auto-assemblage efficace des VLPs, notamment si plusieurs protéines sont produites
- Un adressage efficace vers le milieu extérieur pour faciliter la purification lorsque cela est possible

Ces différents paramètres varient d'une situation à l'autre en fonction des gènes exprimés et du virus d'origine. Il peut ainsi être nécessaire d'adapter les constructions en fonction de données biologiques connues, et parfois aussi de manière empirique, pour optimiser la production de certains VLPs. Pour illustrer ce point, une variété de constructions mettant en œuvre des protéines structurales du virus de l'hépatite C (HCV) ont été étudiées dans les cellules d'insectes. L'optimisation des constructions pour permettre l'exposition de la glycoprotéine E2 à la surface de VLPs chimériques a été réalisée avec succès. Par ailleurs, des VLPs impliquant les protéines C, E1 et E2 de HVC ont été produites en quantités importantes par optimisation des cassettes d'expression insérées dans le baculovirus.

POSTER #6 - SESSION 3

Storage of *Trichogramma chilonis* (Hymenoptera:Trichogrammatidae) to improve IPM strategies against the sugarcane stem borer, *Chilo sacchariphagus* (Lepidoptera: Crambidae)

Elisabeth TABONE - INRA EUFM

Elisabeth TABONE, Etty COLOMBEL, Maurane Buradino et Hong DO THI KHANH
INRA PACA – Unité Entomologie et Forêt Méditerranéenne – Laboratoire Biocontrôle
Elisabeth.tabone@paca.inra.fr – 04 97 21 25 17

The stem borer *Chilo sacchariphagus* is a key pest of sugarcane in Reunion Island and South-East Asia. Since 2002, an IPM strategy associating inundative release of an egg parasitoid, *Trichogramma chilonis* and conservation of a predatory ant, *Pheidole megacephala*, has been proposed. According to field experiments in Reunion Island, this reduced up to 50% of damage with financial gains ranging from 800 to 1800 dollars per ha.

To develop IPM strategies on a large scale, reducing the costs of beneficials and releasing field labour is necessary. In this context, cold storage is a key step to the development of the sugarcane borer biocontrol, by improving production and release management.

Thanks to a funding from the French Ministry of Agriculture (CASDAR), laboratory tests on cold storage of *T. chilonis* were first conducted, followed by field experiments on the performance of stored parasitoids.

Quality control after storage was performed several times (after mass production, before and after transport, after field release) in laboratory at $25 \pm 1^\circ\text{C}$, RH $75 \pm 5 \%$ and 16L: 8hD to evaluate emergence rate of stored insects, fecundity during 7 days and survival at 7th day of *T. chilonis* females.

For the first time, a long-term cold storage of *T. chilonis* was obtained without loss of physiological performance (good emergence, fecundity, survival during 7 days). Results suggested a quiescence state because no loss was observed due to storage interruption.

Moreover, the same efficacy of cold stored *Trichogramma* compared to non-stored individuals was obtained in the field (experimental sites in Reunion Island).

These important results make possible a large-scale application of IPM strategies in sugarcane production.

Key words: Chilo sacchariphagus, Trichogramma chilonis, inundative release, cold storage, diapause, quiescence, mass production.

Développement d'un projet de protection contre *Tuta absoluta* sur tomate Focus sur la recherche d'un parasitoïde oophage

Elisabeth TABONE - INRA EUFM

Elisabeth Tabone *, Maurane Buradino¹, Etty Colombel¹, Amélie Lefèvre³, Yannick Trottin⁴, Marion Giraud⁵, Jérôme Lambion⁶, Anthony Ginez⁷, Anne Terrentroy⁸, Frédéric Rey⁹.

¹ INRA PACA – Unité Entomologie et Forêt Méditerranéenne – Laboratoire Biocontrôle

* Elisabeth.tabone@paca.inra.fr – 04 97 21 25 17

² INRA PACA - Ecologie théorique et appliquée aux agrosystèmes semi-confinés (TEAPEA)

³ INRA UE0411 - Domaine Expérimental Alénya-Roussillon – mas blanc F-66200 Alénya

⁴ Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes (CTIFL)

⁵ Société InVivo AgroSolutions (IAS)

⁶ Groupe de Recherche en Agriculture Biologique (GRAB)

⁷ Association Provençale de Recherche et d'Expérimentations Légumières (APREL)

⁸ Chambre d'Agriculture des Bouches du Rhône (CA 13)

⁹ Institut Technique de l'Agriculture Biologique (ITAB)

In 2008, a new invasive pest on tomato crop was accidentally introduced in France: the South American tomato leafminer *Tuta absoluta*. Phytophagous larvae are responsible for damage with a reduction in photosynthesis and fruit damage, causing yield loss. Despite the existence of some treatments against the pest that have low toxicity for beneficials, this new pest was a real risk to crops in Integrated Biological Protection and Organic Agriculture on tomato.

In this context was developed the CASDAR Project "TutaPI" (2011-2014), funded by the French Ministry of Agriculture. After three years of research, the results are positive, both in terms of the development and the effectiveness of strategies, and the importance of the role of beneficials. Collaboration and complementarity of the partners of this project, from research, experimentation and development has improved the knowledge of the pest. It validated and provided effective strategies for producers to control *T. absoluta* that are adapted to different crop conditions. A combination of methods and beneficial insects, either commercially available or naturally occurring, are at the heart of the strategy. The release of the predatory mirid bug *Macrolophus pygmaeus* had good control efficiency on *T. absoluta* and results were improved by simultaneous releases of *Trichogramma achaeae*. Since the new French legislation on the introduction of non-native macro-organisms, it was of interest to work on endemic parasitoids, with less risk to the environment and better adapted to our environmental conditions. The aim was also to find a more efficient and less expensive oophagous parasitoid (easier to mass rearing and storable) than *T. achaeae*.

Wildlife vaccination without capture using an insect-vector - European wild rabbit, flea and recombinant vaccine: a case study

Anne DARRIES - Bio Espace

Anne Darries, Yi Li, Auguste Commeyras

In a different approach for combating insect-borne zoonoses, we propose that hematophagous arthropods could be used to carry no longer a pathogen but a vaccine. Using vectors as "living syringes" provides a unique way of reaching inaccessible wild host populations. This in order to protect endangered wild species directly, but it could also reduce risk of zoonoses to humans while protecting the wildlife species that acts as a disease reservoir.

Our research focuses on the protection of the European Wild Rabbit *Oryctolagus cuniculus* (L.) against 2 fatal viral diseases: myxomatosis and RHD (Rabbit Hemorrhagic Disease), using a specific rabbit flea species. There are two major research areas in our project: entomology and virology.

Entomology studies have involved (i) selection of a suitable vector, (ii) laboratory studies to develop an efficient mass rearing, (iii) verification that it has no side-impact on the ecosystems where it is introduced and (iv) definition of a field release strategy that promotes host-parasite contact while minimizing insect loss.

The selection of the flea species *Xenopsylla cunicularis* (Siphonaptera: Pulicidae) is based on its high host specificity, its simple life cycle (compared to other rabbit flea species) and its ecological requirements. Through the study of its biotic potential, its behavior and that of its host, and through optimization technique, we are able to produce 25000 fleas/rabbit/week. A strict monitoring of climatic parameters and larval diet allow us to produce fleas with high physiological quality to withstand cold storage and further manipulations.

Virology involves development of an efficient vaccine against the 2 diseases that can be transmitted by the insect-vector. Among the various natural strains of myxomatosis, the most suitable according to us is a virus of very low virulence (grade IV), which causes the formation of antibodies in rabbits without mortality, yet protects them against further acute disease. This attenuated strain also maintains a good natural disease resistance among rabbit populations. Regarding RHD, as virus culture is impossible, it was necessary to use a viral recombination RHD/myxomatosis as a potential vaccine against both diseases. This is currently undergoing laboratory testing.

Finally, at the interface between entomology and virology, we are working on a method for introducing sufficient vaccine onto the mouth-parts of mass-reared fleas to assure its transmission to rabbits.

POSTER #17 - SESSION 3

Les insectes auxiliaires à l'agriculture : des indicateurs de la restauration de la biodiversité.

Nicolas MOULIN - *Nicolas Moulin Entomologiste*

L'érosion de la biodiversité est devenue une évidence de plus en plus partagée. Depuis 2011, la stratégie nationale pour la biodiversité (SNB) a été révisée et est en cours jusqu'en 2020 en France. Dans certains paysages agricoles, plus qu'ailleurs, l'altération de la biodiversité se poursuit. En effet, depuis le milieu du XX^{ème} siècle, l'agriculture a entraîné une modification accélérée des paysages ; les espaces se sont considérablement ouverts dans les zones les plus intensives (très larges parcelles agricoles, rareté d'éléments peu perturbés tels les bosquets, bois, haies...). Ces agrosystèmes présentent une grande homogénéité spatiale, un appauvrissement de la richesse spécifique, une réduction de la diversité génétique. Ce constat conduit les acteurs et partenaires du monde agricole à s'interroger sur le concept d' « agriculture intégrée ».

La seconde interrogation est de savoir avec quel modèle biologique nous sommes capables d'obtenir des informations sur l'évolution de la biodiversité ?

Les insectes sont aujourd'hui de plus en plus pris en compte pour qualifier cette évolution. Cependant, avec 1,5 millions d'espèces dans le monde dont près de 36 500 en France, il est nécessaire de choisir des groupes à étudier plus que d'autres. Des groupes fonctionnels comme les prédateurs (coléoptères Carabidae, névroptères, diptères...), les insectes pollinisateurs (lépidoptères rhopalocères, hyménoptères...) sont ciblés en priorité. Les techniques d'échantillonnage et de dépouillement des données sont standardisées et applicables facilement. La connaissance ainsi acquise permet des identifications correctes et pertinentes, une analyse fiable des données obtenues et en final des plans d'actions efficaces.

Parcours des intervenants et des membres des comités

Cédric AURIOL

Cédric AURIOL, 31 ans, avait déjà créé à 23 ans une entreprise individuelle de vente de produits de loisirs pour financer ses études. En 2007, à la fin de ses études, il crée la Sarl EAP Group, une société d'import-export de textiles et emballages dont il est toujours le gérant associé.

Cédric s'organise en 2011 pour s'offrir le temps et les moyens nécessaires au lancement d'un nouveau projet d'entreprise : mettre au point et commercialiser des produits pour l'alimentation humaine à base d'insectes, des produits éco-responsables, nutritifs, adaptés aux perspectives d'évolution des habitudes alimentaires occidentales. Il s'agit notamment dans cet objectif de créer en France la première structure opérationnelle d'élevage d'insectes destinés à l'alimentation humaine.

Membre du Centre des Jeunes Dirigeants (CJD Toulouse) depuis 2009, Cédric inscrit pleinement le projet Micronutris dans une dynamique d'entreprise responsable, suivant une démarche de « Performance Globale » qui vise à associer au mieux performance économique, environnementale, sociale et sociétale.

Célia AZOYAN

Hassan CHAABIHI

Après une thèse de l'Université d'Aix-Marseille 2 en 1992, Hassan Chaabihi a participé à la création de la Société Protéine Performance, une des premières start-ups en France dans le domaine de l'ingénierie génétique et de la production de protéines recombinantes en culture cellulaire eucaryote. La société a notamment développé des anticorps monoclonaux recombinants destinés à la thérapie humaine et démontré la faisabilité de production de tels anticorps dans les cellules d'insectes (lépidoptères).

En 1997, Hassan Chaabihi a rejoint le groupe Qbiogene (Strasbourg & Amérique du Nord) en tant que directeur scientifique. La société a développé et mis sur le marché plusieurs technologies de biologie moléculaire, de culture cellulaire et de biochimie des protéines destinés au marché de la recherche, y compris en thérapie génique. Qbiogene a également été un acteur majeur dans le domaine des services de production et de purification de protéines, y compris en conditions cGMP pour les tests précliniques et pour les phases cliniques précoces.

Depuis 2005, Hassan Chaabihi dirige la société Agate bioservices, société de recherche et développement sous contrat. L'entreprise propose à ses clients des services en biologie moléculaire, en culture cellulaire, en production et purification de protéines pour la recherche préclinique et le drug-discovery. Agate bioservices exploite notamment des cellules d'insecte pour la production de protéines recombinantes, ou de pseudo-particules telles que les VLPs (virus-like particles) pour le développement de vaccins ou d'outils de diagnostic.

www.agatebioservices.com

Maxime CHAMILLARD

Actuellement en 4^{ème} année à l'école Sup'Biotech, école d'expertise en ingénierie des biotechnologies en 5 ans, et en stage à Adebitech, Maxime s'est orienté vers une formation marketing afin d'acquérir une double formation scientifique/business.

Il est également le président de l'association-entreprise Science & Business Consult' qui propose différents services aux entreprises biotech : community management, étude de marché, étude de satisfaction...

Il est passionné d'innovation en biotechnologies et apporte une attention particulière au respect de l'environnement. C'est pourquoi la filière insecte l'intéresse énormément et lui permet de croire au développement d'une filière agroalimentaire eco-friendly.

Jérémy DEFRIZE

Jérémy Defrize, 33 ans, docteur en physiologie de l'insecte et responsable de production de la société Micronutris.

De 2006 à 2010, au sein de l'Institut de Recherche sur la Biologie de l'Insecte à Tours, Jérémy Defrize a mené des travaux de recherche sur les interactions entre les insectes et leur environnement. Ses compétences en Biologie de l'Insecte et son profil de chercheur correspondent à celles recherchées pour un projet innovant de production d'insectes.

Dès 2011, Jérémy Defrize rejoint Micronutris pour accompagner la réflexion sur les conditions de production à mettre en œuvre pour le bon développement du projet. Sa mission va consister à mettre au point pour Micronutris des méthodes

d'élevages à grande échelle, compatibles avec la finalité alimentaire et ayant un haut niveau de qualité.

Jean-Baptiste de PANAFIEU

Dès qu'il sut marcher, Jean-Baptiste de Panafieu partit explorer les rochers bretons couverts de goémon, fouillant les mares à la recherche de crevettes et de poissons. Quelques temps après, il découvrit l'usage du masque et du tuba, d'abord pour imiter son père, puis parce que ses premières impressions sous-marines avaient définitivement orienté ses centres d'intérêts. Après une étude de l'alimentation du merlan qui lui permit de soutenir un doctorat en océanographie biologique, il continua à soulever les cailloux à marée basse et à effectuer de longues promenades sous-marines tout autour du monde. Devenu professeur agrégé de Sciences Naturelles, il fit partager à de nombreux jeunes sa passion des arénicoles et des holothuries. Aujourd'hui, il écrit des livres documentaires sur la faune marine, l'écologie des océans et l'évolution des êtres vivants. Il réalise également des documentaires pour la télévision, participe à des expéditions en tant que conseiller scientifique et conçoit des expositions.

Sandrine DELAFOSSE

Sandrine Delafosse est vétérinaire. Inspecteur de santé publique vétérinaire, elle est référente nationale en alimentation animale pour le ministère en charge de l'agriculture (DGAL).

Après plusieurs années d'expatriation (recherche sur la lutte contre les glossines), elle a rejoint la direction départementale des services vétérinaires (DDSV) de Charente (chef du service hygiène alimentaire) avant de devenir chef du service environnement, bien-être animal et équarrissage à la DDSV de l'Orne.

Elle a pris ses fonctions de référente nationale en alimentation animale en mars 2011.

A ce titre, ses activités principales sont :

- Participation à la préparation des textes réglementaires français, pour l'application de la réglementation européenne en alimentation animale
- Formation des inspecteurs des services déconcentrés relevant de la DGAL
- Organisation de groupes de travail (export d'aliments pour animaux, ...)
- Organisation et participation aux réunions régulières du réseau des inspecteurs en alimentation animale
- Aide technique aux inspecteurs dans les départements
- Information des inspecteurs (intranet, réunions, notes de service,...)
- Inspections des usines d'alimentation animale et des élevages
- Coordination des plans de surveillance et plans de contrôles en alimentation animale

Frédéric FRANCIS

Après des études d'ingénieur agronome, Frédéric FRANCIS a réalisé une thèse de doctorat en Sciences agronomiques et ingénierie biologique sur les relations multitrophiques dans le cadre de la lutte biologique des pucerons. Il débuta sa carrière comme assistant de recherche avant d'être nommé Professeur puis Directeur de l'Unité d'Entomologie fonctionnelle et évolutive de Gembloux Agro-Bio Tech – Université de Liège. Il est également Professeur visiteur à la Chinese Academy of Agricultural Sciences à Pékin et à la Shandong Agricultural University à Taian, en Chine. Il est également l'initiateur de l'Insectarium Jean Leclercq – Hexapoda et le responsable du Conservatoire entomologique de Gembloux (3 millions d'insectes naturalisés).

Les thématiques de recherche développées sont orientées sur la biodiversité afin de comprendre les interactions de plusieurs groupes d'insectes d'intérêts agronomiques, vétérinaires, ou médicaux entre eux ou avec d'autres éléments de leur environnement (plante-hôte, micro-organismes symbiotiques, auxiliaires entomophages). Les projets de recherche développés se basent sur une diversité d'approches multidisciplinaires telles que la systématique, l'écologie, la physiologie et allant jusqu'au développement d'outils moléculaires de protéomique et de génomique fonctionnels appliqués aux insectes modèles étudiés. Des études fondamentales fonctionnelles afin d'investiguer les relations insectes-microorganismes symbiotiques, les relations insectes vecteurs –virus ainsi que les interactions plantes – insectes dans le cadre des élicitations et réactions de défense végétales sont notamment développées. Sur base des résultats d'approches plus fondamentales de biodiversité, les objectifs des recherches sont de développer des finalités appliquées telles que la proposition de nouveaux moyens de luttés contre les insectes nuisibles en protection des cultures ou d'application à la valorisation de matières dans un concept de développement durable. Enfin, une valorisation particulière de la biodiversité entomologique est l'entomophagie, ou le fait de promouvoir les insectes comme sources alimentaires pour l'homme ou les animaux par des approches multidisciplinaires (études de l'efficacité d'élevage, l'analyse des qualités nutritionnelles, l'étude des facteurs socio-culturels).

David GUERRAND

David Guerrand est actuellement consultant.

David Guerrand a été directeur de l'activité Nutrition & Santé Pet Food chez DIANA, il a auparavant occupé différentes fonctions techniques dans le secteur de l'oenologie au sein de la société LALLEMAND où il a contribué au développement de formulations enzymatiques et de dérivés de levures. Il a ensuite rejoint le groupe néerlandais DSM en tant que responsable du développement technique de l'application des enzymes pour les secteurs « Food & Beverages », couvrant la brasserie, la

transformation des fruits, et la valorisation des protéines animales et végétales.

David Guerrand a obtenu son doctorat de biochimie à l'Université de Caen en 1997, ses recherches portant sur la caractérisation et la purification d'enzymes des voies de synthèse de polysaccharides des graminées. Parallèlement à ses travaux de recherche fondamentale, il a alors collaboré à des projets de recherche appliquée avec la société LVVEN.

Il est déjà intervenu dans un événement ADEBIOTECH, pour le colloque «Peptides issus des procédés d'hydrolyse » en octobre 2012.

Antoine HUBERT

Antoine Hubert est Président et co-fondateur d'YNSECT.

Il dirige chez YNSECT le département R&D, concentrant les activités d'innovation de l'entreprise sur cinq axes : génétique, zootechnie, biochimie, ingénierie et durabilité. Les projets de R&D sont menés en interne ou de manière collaborative, comme en témoignent les projets DESIRABLE (DESigning Insect bioRefinery for more sustainABLE agrofood systems), qui est une plateforme sur les protéines d'insectes utilisées en alimentation animale financée par l'Agence Nationale de la Recherche (3,1 million € de budget – 7 partenaires : AgroParisTech, INRA, CEA, CNRS, IRSTEA, IPV, YNSECT), ou KINETICH qui est une collaboration avec IFREMER sur la purification de la chitine.

Antoine Hubert était auparavant Chef de Projet à TOTAL puis Directeur Scientifique à ALTRAN où il a mené des projets de R&D sur la durabilité dans le domaine des biomatériaux, de la dépollution des sols, de la valorisation énergétique et du recyclage matière des déchets. Il a également co-fondé en 2007 l'association WORGAMIC, œuvrant dans le domaine la durabilité de systèmes alimentaires, qui promeut l'agriculture urbaine, la lutte contre le gaspillage alimentaire et le compostage des déchets en ville.

Il intervient également en conférencier dans des masters d'école d'agronomie comme AgroParisTech ou ESITPA Rouen, et a été enseignant vacataire à l'Université Saint-Quentin-en-Yvelines en licence et master sur les thématiques de Risques Industriels et d'Analyses de Cycle de Vie.

Il a une double formation d'Ingénieur Agronome d'AgroCampus Rennes et AgroParisTech.

Anne-Isabelle LACORDAIRE

Après s'être consacrée à sa famille, Anne-Isabelle Lacordaire reprend ses études. Elle s'oriente ensuite dans un premier temps dans la formation pour adultes du monde agricole. Elle se spécialise après dans la protection des cultures et plus particulièrement la protection biologique. Elle intègre la société Koppert France spécialiste du biocontrôle et devient la responsable du service formation. Elle acquiert en parallèle une expertise sur les aspects techniques et de conseils sur le terrain dans différents secteurs. Depuis 13 ans elle est responsable du secteur macroorganismes, de la pollinisation et des médiateurs chimiques pour le service recherche et développement. Elle participe à de nombreux colloques et fait partie de l'ABPBI (Académie du Biocontrôle et de la Protection Biologique Intégrée). Forte de son expérience elle intervient auprès des étudiants de Master Agrosociétés à l'Université de Provence d'Avignon depuis plus de 10 ans.

Danielle LANDO

Danielle Lando est titulaire d'un doctorat d'état obtenu à l'Institut Pasteur pour la recherche en virologie. Elle a effectué sa carrière dans l'industrie pharmaceutique où elle a exercé des fonctions de chercheur en pharmacologie cellulaire et moléculaire avant de prendre la responsabilité des biotechnologies au sein de Roussel Uclaf devenu Aventis.

Elle a œuvré pour des rapprochements entre son entreprise et le secteur académique en soutenant des projets collaboratifs. Elle a été membre nommé au Comité National du CNRS de 1995 à 2000.

Depuis 2001, elle exerce des activités scientifiques bénévoles au sein d'Adebiotech et est actuellement vice Présidente d'Adebiotech.

Stéphane LARRÉCHÉ

Stéphane Larréché a rejoint l'Anses en 2012. Il est aujourd'hui Chef de projet scientifique dans le département d'évaluation des risques liés aux aliments, plus spécifiquement sur les dangers biologiques et chimiques. Il est diplômé de l'École vétérinaire de Toulouse, et du Master de santé publique (MPH), spécialité épidémiologie, de l'École des hautes études en santé publique (EHESP). Stéphane Larréché a aussi exercé plusieurs années au sein d'un groupe agroalimentaire international, principalement en Europe et Amérique du Nord, en tant que chef de projet dans diverses activités opérationnelles des filiales du groupe.

Yves LE CONTE

Yves Le Conte est apiculteur amateur depuis 40 ans. Après des études universitaires en Biologie, il réalise une thèse sur les interactions abeille-varroa, puis intègre l'INRA d'Avignon en 1990. Depuis, il développe des programmes de recherche sur la communication chimique chez les abeilles, sur les mécanismes, l'évolution et les perturbations des régulations sociales des colonies, et sur le parasite de l'abeille, Varroa destructor. Depuis quelques années, son activité s'est centrée sur la compréhension des phénomènes responsables du déclin des populations d'abeilles avec une approche pluridisciplinaire aux niveaux physiologique, comportemental, écologique, pathologique et toxicologique dans une échelle expérimentale qui s'étend de la cellule au paysage.

Directeur de Recherche INRA, il dirige actuellement l'Unité Abeilles et Environnement du Pôle Abeilles d'Avignon et est coéditeur de la revue scientifique Apidologie.

Karine LE ROUX

Le parcours de Karine Le Roux est marqué par un équilibre entre une formation très universitaire et fortement axée vers les applications industrielles. Ce parcours repose sur une partie consacrée à la biologie, notamment la physiologie animale et végétale à l'université d'Orsay de 2001 à 2003. Puis les compétences liées à tous les aspects de l'agroalimentaire, spécialité produits laitiers, ont été acquises à Caen (actuel ESIX) jusqu'en 2006. Un master en biotechnologies appliquées aux biomasses marines a clôturé ce cycle, à l'université de Nantes. La majorité des projets attenants à cette année de master professionnel concernait la production et la caractérisation de polysaccharides algaux, notamment les alginates.

Après un passage par l'Irlande, Karine Le Roux s'est consacrée à un autre polysaccharide, la chitine, extraite des coproduits de crustacés. Dans le cadre d'une thèse CNRS-IFREMER, principalement en accueil au laboratoire de STBM de l'IFREMER Atlantique et au CRTT de Saint-Nazaire, l'étude portait sur la recherche et le développement d'un procédé de purification de la chitine biologique, comme alternative à la voie chimique traditionnelle. Depuis janvier 2012, cet objectif de valorisation complète s'est reporté sur une nouvelle biomasse : les insectes. La société Ynsect, leader dans la construction de la filière « insectes », porte une attention particulière à la chitine et ses dérivés, présents naturellement dans cette biomasse. Karine Le Roux étudie et apporte les éléments essentiels à la maîtrise de l'extraction des différentes chitines, leur caractérisation et leurs applications.

Roland LUPOLI

Responsable programme Pharma-Entomologie, INSERM - Univ. Paris Descartes

Roland Lupoli travaille à l'INSERM UMR-S 1124 dans le laboratoire de toxicologie, pharmacologie et signalisation cellulaire de l'université Paris Descartes. Ses projets concernent l'étude des mécanismes d'action atomiques de protéines par diffraction aux rayons X, comme les cytochromes ou AhR (Aryl hydrocarbon Receptor) impliqués dans la reconnaissance et la détoxification des molécules polluantes environnementales xénobiotiques. Parallèlement, il mène un programme de recherches concernant des molécules de défense d'insectes en mesurant leurs propriétés pharmacologiques in vitro sur des cellules humaines en culture.

Il avait initié ces travaux sur les insectes lorsqu'il était responsable de la plateforme entomologie puis chimie de la société Entomed. Entomed était une start-up basée près de Strasbourg fondée en 1998 par Jules Hoffmann, prix Nobel de médecine 2011, spécialisée dans la recherche et le développement de médicaments innovants issus d'insectes. Entomed a d'abord orienté ses recherches sur la production de peptides antimicrobiens d'insectes pour développer de nouveaux antibiotiques contre les infections nosocomiales résistantes. Des travaux ont ensuite été menés pour isoler et identifier des molécules de défense d'insectes anticancéreuses. Roland Lupoli a créé pour cela en 3 ans la plus grande banque mondiale de 1400 extraits d'insectes, en quantité suffisante pour l'identification moléculaire, à travers des collaborations qu'il a encadré dans le monde entier. Malgré la découverte et le développement de nouvelles molécules parvenues au stade préclinique, les investisseurs n'ont pas prolongé l'activité d'Entomed après 2005, en raison de leurs coûts élevés de production.

Roland Lupoli a ensuite travaillé deux ans au Muséum national d'histoire naturelle de Paris dans le laboratoire de chimie des substances naturelles. Il a créé une banque d'extraits à partir des collections nationales de champignons et d'invertébrés marins et il a mis en évidence des activités antibiotiques et antipaludiques importantes y compris dans des extraits anciens.

Il a publié un livre en 2010 : "L'insecte médicinal" qui fait une synthèse entomologique, historique et ethnologique sur tous les insectes utilisés dans les médecines traditionnelles du monde, à la lumière de la chimie des molécules découvertes et de leurs activités pharmacologiques. Interviews télévisions, radios, journaux, conférences et prix ont suivi, montrant ainsi l'intérêt du grand public pour les insectes et leur potentiel. Les liens entre insectes médicaments et insectes aliments l'ont amené aussi à s'intéresser aux insectes comestibles, et il a été commissaire de l'exposition "les insectes passent à table" en 2013 au Muséum.

Pour sa formation, après une maîtrise de biochimie et un DEA d'entomologie (UPMC Paris VI), il a travaillé à l'INRA de Montpellier et à l'Université d'Illinois à Urbana-Champaign afin d'obtenir son PhD (USTL Montpellier).

Frédéric MARION-POLL

Frédéric Marion-Poll est professeur à AgroParisTech et chercheur au CNRS (Laboratoire Evolution, Génomes, Spéciation) où il étudie le contrôle sensoriel, notamment gustatif de la prise alimentaire chez les insectes, avec des approches comportementales et électrophysiologiques. Il enseigne la protection des cultures contre les insectes, dans le contexte de l'écologie chimique et a initié un enseignement de neurobiologie à AgroParisTech. Avant de rejoindre le CNRS, il a effectué des recherches sur l'importance de l'olfaction et de la gustation dans les relations plantes-insectes à l'INRA de Bures-sur-Yvette et de Versailles. Il a également effectué deux séjours sabbatique d'une année aux Etats Unis (Université d'Arizona, Tucson) et en Australie (Australian National University, Canberra). Dans le contexte d'INSECTINOV, il s'intéresse tout particulièrement aux facteurs sensoriels qui conditionnent et limitent l'acceptation et l'ingestion de nouveaux aliments chez les insectes, et aux changements induits par la domestication dans le comportement alimentaire et reproducteur des insectes.

Otto-Wilhelm MERTEN

Otto-Wilhelm MERTEN a rejoint Généthon en 1997. Il est aujourd'hui responsable du groupe de vectorologie appliquée de Généthon, qui contribue à l'innovation et à l'optimisation de la production de vecteurs. Docteur en biotechnologie (Vienne, Autriche), il a travaillé à l'Institut Pasteur (Paris, France) ainsi qu'à l'Institut de Recherche Sandoz (Vienne, Autriche). Il a été impliqué dans le développement de procédés pour la production de virus à des fins vaccinales (grippe, poliomyélite, rage), puis à des fins thérapeutiques. Otto-Wilhelm Merten a publié 112 articles dans des revues internationales et est rédacteur en chef de Cytotechnology. Membre du comité exécutif de l'ESACT (European Society for Animal Cell Technology) depuis 16 ans (président de 2001 à 2005).

Samir MEZDOUR

Samir MEZDOUR est titulaire d'un doctorat en Génie des Procédés Industriels, obtenu à l'Université de Technologies de Compiègne (UTC). Il a commencé sa carrière dans l'industrie agroalimentaire où il a exercé des fonctions d'ingénieur R&D (Laiteries TRIBALLAT) et d'ingénieur qualité (HERTA). Dans le cadre du programme STRIDE, en faveur de la recherche et l'innovation technologique développement, il a mené des missions de conseil auprès de PME-PMI agroalimentaires du Nord-Pas-de-Calais. Pour la société Ingredia, Samir MEZDOUR a conçu et mis au point un procédé de fractionnement des caséines pour extraire la caséine alpha-s1 bovine en vue de la préparation d'un hydrolysate à activité biologique (peptides anxiolytiques issus de la caséine alpha-s1 bovine, développé sous le nom de Lactium), à l'échelle du pilote jusqu'au stade industriel. Ce projet l'a amené à séjourner pendant un an au Québec, dans le Centre de Recherche en Sciences et Technologies du Lait (STELA), en tant que chercheur invité.

Samir MEZDOUR a également occupé des fonctions d'enseignant-chercheur à l'Institut Supérieur d'Agriculture de Lille (ISA), chargé de recherche à la Faculté Agronomique de Gembloux et Maître de conférences à l'Université de Valenciennes. A AgroParisTech, il mène une activité de recherche au sein de l'UMR 1145 Génial « Ingénierie Procédés Aliments », plus particulièrement dans l'équipe « Structuration des produits par le Procédé » (SP2), autour de trois axes : (1) propriétés interfaciales des biopolymères, (2) effets des traitements thermomécaniques sur la structuration des matériaux alimentaires, (3) extraction et caractérisation des protéines.

Il intervient en tant que coordinateur dans le projet ANR DESIRABLE : « Conception d'une bioraffinerie d'insectes pour contribuer à des systèmes agroalimentaires plus durables » et Work Package leader dans le projet Qualiment « Approche intégrée de la déconstruction de matrices alimentaires modèles liquides, semi-liquides et solides », dans le WP 4 intitulé « Modélisation de la construction et de la déconstruction ».

Miguel PROSPER

Jean-Marc REICHHART

In 1985, he started a small group on insect immunity in the laboratory of Jules Hoffmann, who was working on ecdysteroid biosynthesis. He then spent 18 months in the French Biotechnology Company Transgene, where he succeeded in expressing the first insect antimicrobial peptides in yeast. In 1996, teaching developmental biology helped him to understand that the Toll pathway controls the antifungal response in the adult fly. This work was the breakthrough that led to the discovery of the human Toll-Like-Receptors and their implication in the Innate Immune System. Later, during a sabbatical in the Department of Genetics in Cambridge (UK), he discovered that in *Drosophila*, the recognition of microbes requires circulating upstream receptor molecules that activate Toll via serine protease cascades. And since 2000 as a professor in the university of Strasbourg, he studies the Innate Immune System in an evolutionary perspective, using *Drosophila* as a model and focusing on the interactions between host and pathogens

Corinne ROYER

Après un cursus universitaire réalisé à Toulouse, C. Royer, diplômée d'un DEA d'Agrochimie de l'Institut National Polytechnique (INP) de Toulouse a consacré ses études doctorales à l'étude du mode d'action des Régulateurs de Croissance d'Insectes (RCI), molécules alternatives aux insecticides neurotoxiques dans le cadre de la lutte contre les ravageurs de cultures.

Recrutée à l'INRA en tant que chargée de recherches en 1994, 17 années de son parcours professionnel ont été dédiées à la mise au point de la transgénèse chez le ver à soie domestique, *Bombyx mori* ainsi qu'au développement de ses applications dans différents domaines (textile, biomédical, pharmaceutique...). Tout au long de ce parcours, C. Royer a développé des compétences en physiologie (hormones de mue...), virologie et bio-ingénierie de l'Insecte et plus spécifiquement du ver à soie. En 2000, elle a publié en collaboration avec le Japon et les Etats-Unis la réussite de la transgénèse du ver à soie (Tamura et al., 2000) et plus récemment, en partenariat avec l'Inde, la création de vers à soie résistants au baculovirus (Subbaiah et al., 2013), pathogène à fort impact en sériciculture car décimant les élevages de vers à soie notamment en milieu tropical.

Elle est membre du réseau EFOR (Etudes Fonctionnelles chez les Organismes modèles) en tant que référente pour le modèle ver à soie et a participé au consortium international en charge de l'annotation manuelle de son génome.

En 2010, elle rejoint l'UMR BF2i (Biologie Fonctionnelle Insectes et Interactions) où elle assure, entre autres, la direction adjointe (spécificité Ressources Humaines) et l'animation de l'équipe « Entomotoxines » dont les axes de recherches sont consacrés à la recherche, la caractérisation et l'étude du mode d'action de peptides végétaux à activité entomotoxique.

Tamura et al., Nat Biotechnol. 2000 Jan;18(1):81-4. Subbaiah EV et al., Genetics. 2013 Jan;193(1):63-75. doi: 10.1534/genetics.112.144402. Epub 2012 Oct 26.

Sancha SALGUEIRO

PhD, MBA, VP Business Development

Dr. Salgueiro has over 15 years of executive experience in Biotechnology, in R&D and Global Business Development. Before joining ExpreS2ion Biotechnologies, she spent 3.5 years at Novozymes A/S, where she was responsible for partnering a number of projects in Biopharma.

Previous to that, Dr. Salgueiro held leading Business Development positions at privately-funded Diatos S.A. and Meristem Therapeutics in France and in the US, focusing on executing and driving partnerships with Biotech and Pharmaceutical companies with the purpose of leveraging the companies' technical platforms for enabling new drugs and provide alternatives for protein production, respectively. She successfully negotiated deals with a number of Biotech and Pharma companies worldwide. Dr. Salgueiro holds an Executive MBA from TiasNimbas University in the Netherlands and a PhD from the UEA in the UK.

Philippe SCHMIDELY

- Ingénieur agronome, docteur de l'Institut national agronomique de Paris Grignon (1993) et détenteur de l'Habilitation à diriger des recherches (2000).
- Directeur de l'UFR 'Nutrition Animale-Qualité des Produits- Bien être Animal' et Vice-Président du département SVS à AgroParisTech.

Professeur de sciences animales au département «Sciences de la Vie et Santé» à AgroParisTech, il contribue à la formation des ingénieurs en nutrition et alimentation animale en relation avec la qualité et la sécurité sanitaire des produits animaux. Il participe également à la formation d'ingénieurs concernant l'innovation et la performance économique des entreprises.

Chercheur sur la thématique de la partition des nutriments énergétiques chez le ruminant laitier en relation avec la digestion et le métabolisme, avec un focus sur le métabolisme des acides gras du lait, et modélisation mathématique de ces processus nutritionnels.

Expert national (depuis 2003) et Président (depuis 2006) du Comité d'Expert Spécialisé 'Alimentation Animale' de l'ANSES : rapporteur de 52 dossiers de saisines (autorisation d'additifs pour l'alimentation animale, allégations nutritionnelles...) et participation à 12 groupes de travail (6 présidences) pour éclairer l'administration (DGCCRF, DGAL) dans sa prise de décision.

Stéphanie SPIRKEL

Stéphanie Spirkel a rejoint le département Recherche et Développement de Merial, branche santé animale du groupe Sanofi en 2007. Depuis 2011, elle est scientifique au laboratoire de développement des procédés cellulaires et viraux, dont l'objectif est la mise au point et la montée en échelle des procédés de productions industriels de virus, utilisés comme principes actifs de vaccins vivants atténués, inactivés ou recombinants. Elle est ainsi impliquée dans la plateforme d'expression des protéines par le système baculovirus/cellules d'insectes. Elle a rejoint Merial après un master en biochimie, biologie cellulaire et moléculaire à l'université de Bourgogne où elle a participé à des recherches sur la régulation de gènes chez la drosophile avant de se spécialiser dans le domaine des bio-industries à l'IPROB de Lyon.

Elisabeth TABONE

Titulaire d'un doctorat en écologie, elle a démarré son parcours professionnel pour différentes sociétés privées, dans divers métiers liés aux insectes. Elle a été responsable des élevages d'insectes (APREL et DUCLOS) pour fournir en grand nombre des auxiliaires de lutte biologique aux agriculteurs. Puis, responsable du laboratoire entomologique BIOESPACE, spécialisé dans la vaccination d'animaux sauvages à l'aide d'insectes, elle a mis en place les élevages d'insectes hématophages et développé les stratégies d'utilisation de ces vecteurs.

A l'INRA depuis 1996, Responsable de programmes de lutte biologique, elle dirige une équipe de Biocontrôle spécialisée dans la recherche et le développement de parasitoïdes pour lutter contre les ravageurs de plantes. Experte reconnue mondialement pour ses recherches en lutte biologique à base de trichogrammes, elle a coordonné de nombreux projets de recherche contre divers ravageurs sur différentes cultures, avec une valorisation importante des résultats.

Plus récemment, elle a transféré son savoir-faire dans le milieu forestier et urbain afin d'ouvrir des perspectives innovantes de recherche pour le département EFPA.

Hélène THOMMERET

Christian VALENTIN

Technology and innovation Advisor , Lyon Bio pole Bio cluster

Dr Christian Valentin obtained his PhD in microbial biochemistry at UCBL Lyon 1 (France 1981).

Christian joint Institut Merieux , now Sanofi Pasteur R&D department ,as immunomodulator downstream processing

scientist. He managed then several international technological transferts with academic groupes and partnership with biotech companies.

Christian implemented biochemical characterization expertise platform for recombinant proteins, and developed Good Practices and specific biotechnology international quality standards (ICHQ5) within the company R&D organization.

Christian has been project leader for innovative vaccines before joining development department to develop and manage analytical development and formulation technology platform for several years. In 2009 , Christian moved to executive director position for Bioprocess R&D department.

Christian has been more specifically involved within Quality by design initiative and PAT (Process analytical development) concepts . He designed and managed the PATVAX project (development of innovative sensors for real time monitoring of bioprocesses) within open innovation network from Lyon Biopôle Bio cluster.

Early 2014, Christian joint Lyon Bio pôle Bio cluster management team , as technology and innovation Advisor . He contributes to set up innovative collaborative projects , bringing to start up and SMEs , his big pharma R&D experience.

Paul VANTOMME

FAO Biodata

Paul Vantomme is an agricultural engineer and works for FAO since 1978 in agro- forestry projects worldwide. From 1996 onwards he coordinates FAO global programme to promote Non-Wood Forest Products, particularly wild gathered food products like mushrooms and medicinal plants for example (<http://www.fao.org/forestry/nwfp/en/>). His focus is to enhance the contribution of forests to food security. Paul has a wide experience in awareness raising, communication and outreach activities at the global level in the field of NWFP and since 2002 on the promotion of edible insects in particular, with a huge impact and media attention generated on the topic from 2009 onwards (more than 100 journal, newspaper, TV, Youtube, etc.. references and publications: <http://www.fao.org/forestry/edibleinsects/en/>)

Julien VENDEVILLE

Julien Vendeville est responsable recherche et développement pour la filiale française de l'entreprise Biobest N.V. Depuis très jeune Julien est passionné de plantes et d'insectes et c'est très naturellement qu'il s'est orienté vers un cursus biologie végétale et a développé l'entomologie par passion. Depuis 8 ans il fait partie de l'entreprise Biobest acteur mondial de la protection intégrée et créateur de l'élevage de masse de *Bombus terrestris*. Fort de son expérience terrain en tant que conseiller technique en horticulture, maraichage et Zone Non Agricole, il développe en parallèle des expérimentations pour améliorer les techniques de lutte biologique en condition de culture. Aujourd'hui en charge des thématiques de recherche appliquée concernant les macro-organismes il participe notamment au développement et recherche de solutions concernant *Drosophila suzukii*, l'utilisation du concept d'entomo-vectoring par les bourdons, le développement de nouveaux phytoséides utiles à la protection des plantes et l'optimisation de la pollinisation.

Yasmine ZOUICHA

Titulaire d'un diplôme de docteur-ingénieur en biologie moléculaire et cellulaire, Yasmine ZOUICHA a occupé différents postes de chef de produit, responsable de laboratoire, chef des ventes.

Elle est actuellement responsable marketing de la division BioPharmaceuticals de PALL Life Sciences.

Stands



Liste des Participants

| | | |
|------------------|-----------------------|-------------------------------|
| Marion | ALIGNAN..... | INPT-INRA/ENSIACET |
| Emmanuelle..... | APPER..... | TEREOS SYRAL |
| Harry..... | ARCHIMEDE..... | INRA |
| François..... | ATTALI..... | SODIAAL INTERNATIONAL |
| Cédric..... | AURIOL..... | MICRONUTRIS |
| Pascal..... | AUROUET..... | INNOPROTÉA FRANCE |
| Christiane..... | AZAGOH..... | AGROPARISTECH |
| Stéphane..... | BALLAS..... | OVALIE INNOVATION |
| Maryna..... | BARDOT..... | SYNPA |
| Jean-Luc..... | BARET..... | GREEN TECHNOLOGIES SARL |
| Annick..... | BARRE..... | FACULTÉ DE PHARMACIE |
| Audrey..... | BAUSTIER SOULARD..... | ETUDIANTE |
| Simone..... | BELLUCO..... | IZSVE |
| Marie..... | BERLING..... | CREA |
| Pascale..... | BERTHET..... | PALL LIFE SCIENCES |
| Nicolas..... | BESSE..... | ADISSEO FRANCE SAS |
| Alexandra..... | BIERRY..... | STALLERGENES |
| Philippe..... | BINART..... | CHR HANSEN FRANCE |
| Sylvie..... | BONNY..... | INRA |
| Dominique..... | BORREILL..... | BIO SPRINGER |
| F-Xavier..... | BOULANGER..... | BIOBEST |
| Marine..... | BOURSIER..... | VITAGORA |
| Thérèse..... | BOUVERET..... | BIOTECH INFO 3.0 |
| Sabine..... | BREUL..... | ORVIA GOURMAUD SELECTION |
| Louise..... | BRUNET..... | AGROPARISTECH |
| Philippe..... | BULET..... | CNRS |
| François..... | CACHOT..... | LESAFFRE INGREDIENTS SERVICES |
| Gilles..... | CASSOTTI..... | ADU-MONTBÉLIARD |
| Hassan..... | CHAABIHI..... | AGATE BIOSERVICES |
| Maxime..... | CHAMILLARD..... | ADEBIOTECH |
| Fanny..... | CHAPELIN..... | NUTRINSECT |
| Sébastien..... | COLLIN..... | AGROPARISTECH |
| François..... | COLOMBAN..... | DANONE RESEARCH |
| John..... | CONWAY..... | LALLEMAND INC |
| Jérôme..... | COSTIL..... | JNC ENVIRONNEMENT |
| M-Elisabeth..... | CUVELIER..... | AGROPARISTECH |
| Christophe..... | D'ATGUESVIVES..... | SARL BENTO |
| Xavier..... | DAMONGEOT..... | ADU-MONTBÉLIARD |
| Anne..... | DARRIES-VALLIER..... | BIO ESPACE |
| J-Baptiste..... | DE PANAFIEU..... | AUTEUR SCIENTIFIQUE |
| Jérémy..... | DEFRIZE..... | MICRONUTRIS |
| Jean-Michel..... | DEPREZ..... | PROTEIN FARM |
| Patrick..... | DEPREZ..... | ENZYBEL INTERNATIONAL SA |
| Yoan..... | DRILLET..... | BROCELIANDE |
| Elisabeth..... | DUMOULIN..... | AGROPARISTECH |
| Marie-Anne..... | DUPIN..... | NEW PROTEIN CAPITAL |
| Simon..... | DUPONT..... | CNRS |
| Fabienne..... | DUPUY..... | ANGERS TECHNOPOLE/BIPRO |
| Méline..... | DUTERTRE..... | LEMPA |
| Caroline..... | EV RAT GEORGEL..... | INSTITUT DE L'ELEVAGE |
| Franck..... | FAIVRE..... | MAAF |
| Aymar..... | FOGANG..... | UNIV. DE NANTES |

| | | |
|-------------|------------------|------------------------------|
| Frédéric | FRANCIS | GEMBLOUX AGRO-BIO TECH |
| Mohamed | GASTLI | NEXTPROTEIN |
| Marta | GIMENO | NESTLÉ |
| Robin | GODARD | NEOMA BUSINESS SCHOOL |
| Pierre | GODEFROY | VOXAUM |
| Alberto | GONZALEZ JORDAN | UNIV. DU MAINE |
| Matthias | GRAWEHR | ESSENTO |
| David | GUERRAND | CONSULTANT |
| Cécile | GUILLON-KROON | TERRENA INNOVATION |
| Zahia | HANNAS | MERIAL |
| Frédéric | HERLIN | INNOPROTÉA FRANCE |
| Luc | HERRMANN | I.E.I. FRANCHE-COMTÉ |
| Grégory | HIDOT | PALL FILTRATION |
| Antoine | HUBERT | YNSECT |
| Mathieu | ISOARD | SAS GLOBE EXPORT |
| Johan | JACOBS | MILLIBETER |
| Jacques | JARRIN | IFP ENERGIES NOUVELLES |
| Séverine | KELLER | AGROPARISTECH |
| J-François | KLEINFINGER | NEXTALIM |
| Pascal | KLIMINOWSKI | PRODUCTÉIN FACTORY |
| Lorenzo | LA TORRE | CONSULTANT |
| A-Isabelle | LACORDAIRE | KOPPERT |
| Danielle | LANDO | ADEBIOTECH |
| Guy | LANNOY | VALORIA |
| Christelle | LANSARD | UPBM |
| Rémi | LANTIERI-JULLIEN | KHEPRI SAS |
| Pierre | LAPOUJADE | TOULOUSE TECH TRANSFER |
| Stéphane | LARRECHÉ | ANSES |
| Yves | LE CONTE | INRA AVIGNON |
| Jacques | LE ROUZIC | INRA |
| Aziliz | LE TALLUDEC | ETUDIANTE |
| Nicolas | LEBLANC | BUGS IN FOOD |
| Samuel | LECHEVIN | SARIA INDUSTRIES |
| Virginie | LEFEUVRE | MIXSCIENCE |
| Baptiste | LELONG | GROUPE LIMAGRAIN |
| Olivier | LEMAIRE | AKIOLIS |
| Richard | LEWANDOWSKI | AGROPARISTECH |
| Stanislas | LHOMME | PX'THERAPEUTICS |
| Aurélien | LIVET | CRA DES PAYS DE LA LOIRE |
| Roland | LUPOLI | UNIV. PARIS DESCARTES |
| Alexandre | MACIUK | UNIV. PARIS-SUD |
| Isabelle | MAILLET | INRA |
| Kévin | MAILLY | KHEPRI SAS |
| Frédéric | MARION-POLL | AGROPARISTECH |
| Vivien | MATUSZEWSKI | PROTÉ HORIZON |
| Charles | MAYOLLE | ISA LILLE |
| Sylvain | MAZALREY | SILAB |
| Francesco | MELES | UCSC |
| Otto-Wilhem | MERTEN | GÉNÉTHON |
| Samir | MEZDOUR | AGROPARISTECH |
| Virginie | MODESTE | CITOLAB |
| Damien | MOREL | APPI |
| Nicolas | MOULIN | NICOLAS MOULIN ENTOMOLOGISTE |
| Angélique | MULARONI | UNIV. CLAUDE BERNARD LYON 1 |
| Miranda | NALLY-DELMOTTE | GENOPOLE |

| | | |
|------------------|----------------------|---------------------------------|
| Christina | NIELSEN-LEROUX | INRA |
| Michael | O'DONOHUE | INRA |
| Emmanuel | PELILLO | PROTEINUS |
| Jean-Yves | PERINO | S O |
| Aurélie | PERRIN | INVIVO AGROSOLUTIONS - INRA |
| Lionel | PETIT | PROTEINUS |
| Olivier | PETIT | PROTEINUS |
| Sylvain | PEYRACHE | ACCINOV |
| Delphine | PIROT | CBB CAPBIOTEK |
| Pithou | PLONG | INSECTAVENIR |
| Jacques | POULENARD | THAÏS QUALITY CONSULTING |
| Roger | PUFF | L'AGRION DE L'OISE |
| Angélique | QUILICHINI | DRRT |
| Antoine | RAVENEL | GLOBE EXPORT |
| M-Cristina | REGUZZI | UCSC |
| Jean-Marc | REICHHART | IBMC |
| Vincent | RIVERA | IDBIOTECH |
| Marcel | ROQUETTE | AVATAR ÉMOI |
| Pierre | ROUGÉ | FACULTÉ DE PHARMACIE |
| Sébastien | ROUSSELLE | BIOTOP |
| Corinne | ROYER | INRA |
| Pascale | ROZAN | ETAP-LAB |
| Sancha | SALGUEIRO | EXPRES2ION |
| Michel | SAUVAIN | IRD |
| Philippe | SCHMIDELY | AGROPARISTECH |
| Elisabeth | TABONE | INRA UEFM |
| Séverin | TCHIBOZO | CRGB |
| Hélène | THOMMERET | DGCCRF |
| Clarisse | TOITOT | ADEBIOTECH |
| Michel | TREILHOU | UNIV. CHAMPOLLION |
| Marc | VAEZ-OLIVERA | ISA - LILLE |
| Christian | VALENTIN | LYONBIOPÔLE |
| Pascal | VAN GOETHEM | 6 PATTES EN BOUCHE |
| Sabrina | VANDEPLAS | ADISSEO FRANCE SAS |
| Paul | VANTOMME | FOOD & AGRICULTURE ORGANIZATION |
| Mireille | VASSEUR-COGNET | IEES-PARIS |
| Mariana | VEAUVY | CVT SUD |
| Julien | VENDEVILLE | BIOBEST |
| Florian | VERGNEAUX | ETUDIANT |
| Matthieu | VERMERSCH | NEW PROTEIN CAPITAL |
| Nathalie | VIARD | CONSULTANTE |
| William | VICKERY | CONSULTANT |
| Bruno | VITASSE | ASSOCIATION ZONE-AH! |
| Olivier | VOIZEUX | SCIENCE & VIE JUNIOR |
| Antoine | VOLATRON | ESIX AGRO-A |
| Ariane | VOYATZAKIS | BPIFRANCE FINANCEMENT |
| Delphine | WEISSMAN | INVIVO NSA |
| Quentin | WERRIE | PUPA PLANET |
| Frédérique | WITTMER | ETUDIANTE |
| Filip | WOUTERS | VIVES |
| Nicolas | WROBLEWSKI | NOVAGRAAF TECHNOLOGIES |
| Anna | ZAIDMAN-RÉMY | INSA DE LYON |
| Yasmine | ZOUICHA | PALL LIFE SCIENCES |