



PESTICIDES

utilisation et réduction des risques

COLLOQUE DE RESTITUTION



PESTICIDES & ENVIRONNEMENT

ENTRE SCIENCE ET DÉCISION

23-24-25 mars 2011

CENTRE INTERNATIONAL DES CONGRÈS
TOURS

écophyto2018

Réduire et améliorer l'utilisation des phytos :
moins, c'est mieux



Commissariat Général au
Développement Durable

Direction de la Recherche
et de l'Innovation

Service de la Recherche

Animation scientifique
du programme

INERIS

maîtriser le risque
pour un développement durable

Depuis 1999, le ministère chargé du développement durable soutient des recherches en appui aux politiques publiques sur l'évaluation et la réduction des risques liés à l'utilisation des pesticides dans le cadre d'un programme dédié. Celui-ci a pour objectifs principaux de mieux évaluer les dangers et les risques pour les organismes non-cibles liés à la présence de pesticides dans l'environnement et de contribuer à la construction d'approches permettant une réduction de l'utilisation de ces substances et des risques associés.

L'objectif du colloque organisé à Tours du 23 au 25 mars 2011 est de montrer comment les connaissances produites dans le cadre de ce programme peuvent contribuer à une meilleure protection des milieux naturels exposés à ces substances ou susceptibles de l'être. Il s'agit d'apporter aux décideurs et gestionnaires des milieux concernés des références scientifiques pour la définition, la mise en oeuvre et l'évaluation des actions publiques en lien avec les pesticides. La notion de gestion s'entend au sens large depuis les pratiques agricoles jusqu'à la mise sur le marché des pesticides, leur surveillance dans l'environnement à la protection et à la restauration des écosystèmes.

Il s'agit de faire le point de l'avancement des connaissances apportées par le programme et d'identifier des pistes d'axes de recherche à soutenir dans le futur, en privilégiant le dialogue entre praticiens de la décision publique et chercheurs.

Le colloque s'adresse ainsi à la fois aux chercheurs des thématiques impliquées et à tous les acteurs de la gestion des milieux : services centraux et déconcentrés de l'Etat, profession agricole, collectivités territoriales, agences, industries, associations, etc.

Les présentations et discussions mettront l'accent sur les éléments susceptibles de faire l'objet d'un transfert à destination des utilisateurs finaux des produits de la recherche. La conférence est découpée en trois moments, autour de thèmes représentant des enjeux pour la recherche et pour l'action publique :

- Les résultats des **projets soutenus suite à l'appel à proposition de recherche 2006** (APR 2006) seront présentés en deux sessions. Un échange avec la salle, co-animé par des scientifiques et des acteurs publics, sera proposé suite à chacune des deux sessions, questionnant surtout le fond des projets. Une table ronde rassemblant chercheurs et gestionnaires clôturera l'APR 2006, permettant d'en proposer **un bilan** notamment pour les aspects concernant l'utilité des projets en terme de politiques publiques.
- Les actions prévues dans le cadre des **projets soutenus suite à l'appel à proposition de recherche 2009** (APR 2009) seront ensuite présentées en trois sessions, co-animées par des scientifiques et des acteurs publics. Une partie des travaux se réalisant en appui au plan Ecophyto 2018, ce moment fort du colloque débutera par la présentation des enjeux de recherche du plan. Une discussion avec la salle est prévue en fin de chacune des sessions, interrogeant à la fois le fond des projets et leur utilité en terme de politiques publiques.
- Une **discussion prospective** sous la forme d'une table ronde clôturant le colloque, réunira des représentants des parties prenantes de la question des pesticides. A la lumière des travaux présentés au cours de ces trois journées, elle permettra de faire émerger leurs attentes et besoins complémentaires en matière de recherche, également en termes de méthodes et d'outils, pour améliorer la gestion des pratiques agricoles et la préservation des milieux naturels.



PESTICIDES & ENVIRONNEMENT

ENTRE SCIENCE ET DÉCISION

Document publié sous la coordination de :

Marion BARDY
MEDDTL

Eric THYBAUD
Catherine GONDCAILLE et Vanessa VEG
INERIS

*La rédaction des résumés a été réalisée par les coordinateurs de projets
et reste sous leur responsabilité*



23-24-25 mars 2011

CENTRE INTERNATIONAL DES CONGRÈS
TOURS

RÉSULTATS DES TRAVAUX ISSUS DE L'APPEL À PROPOSITIONS DE RECHERCHE 2006 _____ 7

SESSION 1 - RÉDUCTION DE L'UTILISATION DES PESTICIDES - APPROCHES SYSTÉMIQUES ET ANALYSE SOCIO-ÉCONOMIQUE _____ 8

- Caractérisation des pratiques de protection des cultures et de leur évolution - **Laurence GUICHARD** _____ 9
- EMERITAT - Utilisation de modèles d'exposition aux pesticides pour la reconstitution et la mise en œuvre de scénarios réalistes de contamination de mésocosmes permettant d'étudier les impacts d'itinéraires techniques sur les organismes aquatiques - **Laurent LAGADIC** _____ 13
- PHYTOVILLE - Sociologie des usages des pesticides dans les jardins amateurs - **Denis SALLES** _____ 17
- SYBAN - Systèmes de culture bananiers sans pesticides : conception et conditions d'adoption aux Antilles Françaises - **Philippe TIXIER** _____ 20

SESSION 2 - PESTICIDES ET MILIEUX NATURELS : ÉVALUATION *A PRIORI* ET SUIVI POST-HOMOLOGATION _____ 24

- Indicateurs pour l'évaluation de l'impact des produits phytosanitaires sur la composante microbienne de la qualité biologique des sols - **Guy SOULAS** _____ 25
- ECOMET - Étude comparée des effets de phytosanitaires et de produits de lutte anti-vectorielle sur les communautés microbiennes aquatiques d'écosystèmes tropicaux - **Christophe LEBOULANGER** _____ 29
- ERICOR - Évaluation du risque pesticides pour les récifs coralliens de la Réunion - **Jean TURQUET** _____ 32

PRÉSENTATION DES PROJETS RETENUS POUR L'APPEL À PROPOSITIONS DE RECHERCHE 2009 _____ 35

SESSION 1 - RÉDUCTION DE L'UTILISATION DES PESTICIDES - APPROCHES SYSTÉMIQUES ET ANALYSE SOCIO-ÉCONOMIQUE _____ 36

- VINPEST - Une évaluation expérimentale des consentements à la réduction de l'utilisation des pesticides dans le vin - **Angela SUTAN** _____ 37
- AVERSION - Rôle de l'aversion au risque des agriculteurs dans l'utilisation de pesticides et implications pour la régulation - **Douadia BOUGHERARA** _____ 38
- ACTINOVIGNE - Réduction de l'utilisation des pesticides par l'emploi des bactéries actinomycétales comme nouvelle source de biofongicides pour contrôler les maladies fongiques de la vigne *Vitis vinifera L.* - **Christophe CLÉMENT** _____ 39
- ALTERBIO - Alternatives biologiques à l'usage des pesticides dans les plantations de banane plantain - **Patrick LAVELLE** _____ 41
- ASPIB - Approche systémique pour appréhender les communautés de bioagresseurs : application à la protection intégrée du blé - **Jean-Noël AUBERTOT** _____ 42
- ECCOTER - Les mesures agroenvironnementales à enjeu « eau/pesticides » : évaluation environnementale et économique de l'impact de modifications des pratiques agricoles par modélisation intégrée à partir de scénarios d'évolution - **Stéphane ROUSSET** _____ 43
- RODONTICIDES - Accéder aux représentations des éleveurs pour adapter l'accompagnement à la baisse des produits phytosanitaires dans le cadre d'une lutte contre les espèces invasives - **Yves MICHELIN** _____ 44
- ECHAP - Réduire l'utilisation des fongicides en associant stratégies de traitement optimales et couverts échappants aux maladies - **Corinne ROBERT** _____ 45

SOMMAIRE _____

SESSION 2 - PROJETS TRANSVERSAUX _____ **46**

- ALT'CARPO - Impacts agronomiques et environnementaux d'une méthode de lutte permettant de réduire fortement l'usage des pesticides : les filets Alt'Carpo en arboriculture - **Yvan CAPOWIEZ** _____ **47**
- ECOPRO - Évaluation d'une éco-technologie de protection des cultures de plants de pomme de terre - **Denis FAURE** _____ **48**
- TRAM - Gestion de la toxicité en zone RAMSAR - **Philippe LE GRUSSE** _____ **49**

SESSION 3 - PESTICIDES ET MILIEUX NATURELS : ÉVALUATION *A PRIORI* ET SUIVI POST-HOMOLOGATION _____ **50**

- MIRIPHYQUE - Mise au point de descripteurs du risque de contamination des eaux de surface par les phytosanitaires à l'échelle du bassin versant. Prise en compte des dimensions spatiales et temporelles. Appui à l'évaluation et à la gestion du risque - **Nadia CARLUER** _____ **51**
- IMPALAC - Prédire l'impact des herbicides en mélange et à faible concentration sur les communautés algales planctoniques et benthiques lacustres - **Agnès BOUCHEZ** _____ **52**
- TOPHYPAC - Tolérance des communautés phytoplanctoniques aux phytosanitaires dans le panache de la charente - **Christian BECHEMIN** _____ **53**
- MODAPEX - Modélisation de la dispersion aérienne de pesticides et évaluation des niveaux d'exposition à l'échelle du paysage - **Yves BRUNET** _____ **54**

TEXTE DE L'APPEL À PROPOSITIONS DE RECHERCHE 2006 _____ **56**

TEXTE DE L'APPEL À PROPOSITIONS DE RECHERCHE 2009 _____ **64**



UN COLLOQUE CHERCHEURS - DÉCIDEURS SUR LES PESTICIDES

Pendant de nombreuses années, l'agriculture a construit une part importante de ses progrès considérables en rendement par l'intensification du recours aux pesticides chimiques dans la lutte, efficace soulignons-le, contre les ravageurs des cultures. Longtemps, ces substances, encore appelées phytosanitaires car elles permettent de préserver la santé des plantes cultivées, ont paru incontournables dans un contexte où nourrir la planète était et reste d'ailleurs une priorité.

Aujourd'hui le contexte a radicalement changé. La contamination généralisée des eaux douces et la pollution de l'air par les pesticides, la dégradation des sols et des alertes sérieuses sur la santé humaine inquiètent à juste titre les citoyens et les décideurs. L'agronomie elle-même a trouvé des inconvénients à l'utilisation massive de telles molécules et ne sait plus toujours faire face aux nombreuses résistances aux pesticides chez les ravageurs des cultures. Il est maintenant bien admis que la solution aux problèmes de l'alimentation mondiale viendra d'une agriculture qui optimise à son profit et de façon durable l'ensemble des services écosystémiques. Cela implique notamment une préservation de la qualité des sols et de leur fonctionnement écologique, l'arrêt de la pollution des eaux par les intrants agricoles et leurs produits de dégradation, le maintien des populations de ravageurs à des niveaux compatibles avec de bons rendements, la protection de la biodiversité et la limitation des émissions de gaz à effet de serre, voire même la contribution à leur diminution via le stockage du carbone dans les sols ou la biomasse.

Les pouvoirs publics nationaux et européens ont réagi à ces défis par une série de mesures en faveur d'une agriculture plus respectueuse de l'environnement. Une des mesures phare est l'engagement pris dans le cadre du Grenelle de l'environnement de diviser par deux la quantité de pesticides utilisés par l'agriculture.



Anticipant ces enjeux, le ministère chargé du développement durable a lancé dès 1999 le programme de recherche « Evaluation et réduction des risques liés à l'utilisation des pesticides » en vue de fournir les éléments scientifiques de cette transition. Il élabore les réponses à de nombreuses questions de recherche, parmi lesquelles : Comment mieux évaluer les risques liés aux pesticides ? Comment diminuer leur usage et, surtout, les risques associés ? Quelles pratiques agricoles vertueuses peuvent permettre une production de produits de qualité sans risque toxique ? Quelle perception du risque et quelle volonté de changer les pratiques chez les professionnels ? Quels instruments économiques pour dissuader l'usage des pesticides à risque ?

Les scientifiques, les acteurs professionnels et les décideurs publics seront présents du 23 au 25 mars à Tours pour prendre connaissance des résultats de la recherche, s'informer sur les projets en cours, débattre et discuter des solutions proposées et des réponses qui restent à apporter. Ce colloque s'inscrit dans la continuité des manifestations que le service de la recherche du ministère chargé du développement durable organise depuis maintenant deux décennies afin d'une part d'éclairer par une expertise scientifique de qualité les choix de politiques publiques, d'autre part de stimuler les questions de recherche à partir des besoins sociaux.

Claire HUBERT

Chef du Service de la Recherche
MEDDTL

Présidente du Comité
d'Orientation du Programme

Eric VINDIMIAN

Directeur Régional
Languedoc Roussillon
CEMAGREF

Président du Conseil
Scientifique du Programme

MERCREDI 23 MARS 2011

- 13:00** Accueil des participants, enregistrement
- 14:00** **Discours de bienvenue et ouverture du colloque**
- 14:30** **Conférence introductive**
- 15:30** Pause

RÉSULTATS DES TRAVAUX ISSUS DE L'APPEL A PROPOSITIONS DE RECHERCHE 2006

- 15:50** **Session 1 : Réduction de l'utilisation des pesticides – Approches systémiques et analyse socio-économique**

Caractérisation des pratiques de protection des cultures et de leur évolution : méthodologie de diagnostic et propositions visant à améliorer l'impact environnemental des systèmes de culture et d'élevage
- **Laurence GUICHARD**

EMERITAT - Utilisation de modèles d'exposition aux pesticides pour la reconstitution et la mise en œuvre de scénarios réalistes de contamination de mésocosmes permettant d'étudier les impacts d'itinéraires techniques sur les organismes aquatiques - **Laurent LAGADIC**

PHYTOVILLE - Sociologie des usages des pesticides dans les jardins privés urbains - **Denis SALLES**

Systèmes de culture bananiers sans pesticides : conception et conditions d'adoption aux Antilles Françaises
- **Philippe TIXIER**

- 17:10** **Débat - discussions**
- 17:45** Fin de la première journée

JEUDI 24 MARS 2011

- 08:35** **Session 2 : Pesticides et milieux naturels : évaluation *a priori* et suivi post-homologation**

Indicateurs pour l'évaluation de l'impact des produits phytosanitaires sur la composante microbienne de la qualité biologique des sols - **Guy SOULAS** (présenté par Fabrice MARTIN-LAURENT)

ECOMET - Étude comparée des effets de phytosanitaires et de produits de lutte anti-vectorielle sur les communautés microbiennes aquatiques d'écosystèmes tropicaux
- **Christophe LÉBOULANGER**

ERICOR - Évaluation du risque pesticides pour les récifs coralliens de La Réunion - **Jean TURQUET**

- 09:35** **Débat - discussions**
- 10:10** Pause
- 10:25** **Table ronde - Bilan de l'APR 2006**
- 11:55** Déjeuner

PRÉSENTATION DES PROJETS RETENUS POUR L'APPEL A PROPOSITIONS DE RECHERCHE 2009

- 14:00** **Présentation des enjeux de recherche du plan Ecophyto 2018** - Représentant du Ministère chargé de l'Agriculture

- 14:30** **Présentation de l'APR « Pesticides » 2009**
- Eric VINDIMIAN, président du Conseil Scientifique

- 14:45** **Session 1 : Réduction de l'utilisation des pesticides – Approches systémiques et analyse socio-économique**

VINPEST - Une évaluation expérimentale des consentements à la réduction de l'utilisation des pesticides dans le vin - **Angela SUTAN** (présenté par Rozires DELIZA)

AVERSION - Rôle de l'aversion au risque des agriculteurs dans l'utilisation de pesticides et implications pour la régulation - **Douadia BOUGHERARA**

ACTINOVIGNE - Réduction de l'utilisation des pesticides par l'emploi des bactéries actinomycétales comme nouvelle source de biofongicides pour contrôler les maladies fongiques de la vigne *Vitis vinifera* L.

- **Christophe CLEMENT**

ALTERBIO - Alternatives biologiques à l'usage des pesticides dans les plantations de banane plantain
- **Patrick LAVELLE**

JEUDI 24 MARS 2011 (suite)

VENDREDI 25 MARS 2011

Session 1 : Réduction de l'utilisation des pesticides – Approches systémiques et analyse socio-économique (suite)

ASPIB - Approche systémique pour appréhender les communautés de bioagresseurs : application à la protection intégrée du Blé - **Jean-Noël AUBERTOT**

ECCOTER - Évaluation des mesures agroenvironnementales à enjeu « eau/pesticides » - Effets propres, coût-efficacité, coordination territoriale et sectorielle - **Sylvain ROUSSET**

RODONTICIDES - Réduire l'usage des rodenticides dans les prairies par une compréhension des points de vues des agriculteurs et de leurs contraintes de système : élaboration d'une méthode agro anthropologique appliquée à la lutte contre le campagnol terrestre - **Yves MICHELIN** (présenté par Shantala MORLANS)

ECHAP - Réduire l'utilisation des fongicides en associant stratégies de traitement optimales et couverts échappant aux maladies - **Corinne ROBERT** (présenté par Bruno ANDRIEU)

16:05 Débat - discussions

16:40 Pause

16:55 Session 2 : Projets transversaux

ALTCARPO - Impacts agronomiques et environnementaux d'une méthode de lutte permettant de réduire fortement l'usage des pesticides : les filets Alt'Carpo en arboriculture - **Yvan CAPOWIEZ** (présenté par Aude ALAPHILIPPE)

ECOPRO - Évaluation de l'impact environnemental d'une éco-biotechnologie alternative à des traitements phytosanitaires prescrits ou non spécifiques : cas de la biostimulation ciblant la virulence régulée par quorum-sensing lors de la culture de plant de pomme de terre - **Denis FAURE**

TRAM - Gestion de la toxicité en zone Ramsar - **Philippe LE GRUSSE**

17:25 Débat - discussions

17:45 Fin de la deuxième journée

20:00 Dîner du colloque
(centre-ville de TOURS)

PRÉSENTATION DES PROJETS RETENUS POUR L'APPEL À PROPOSITIONS DE RECHERCHE 2009 (suite)

08:30 Session 3 : Pesticides et milieux naturels : Évaluation *a priori* et suivi post-homologation

MIRIPHYQUE - Mise au point de descripteurs du risque de contamination des eaux de surface par les phytosanitaires à l'échelle du bassin versant. Prise en compte des dimensions spatiales et temporelles. Appui à l'évaluation et à la gestion du risque - **Nadia CARLUER**

IMPALAC - Prédire l'impact des herbicides en mélange et à faible concentration sur les communautés algales planctoniques et benthiques lacustres - **Agnès BOUCHEZ**

TOPHYCAC - Tolérance des communautés phytoplanctoniques aux phytosanitaires dans le panache de la Charente - **Christian BECHEMIN** (présenté par Sabine STACHOWSKI-HABERKORN)

MODAPEX - Modélisation de la dispersion aérienne des pesticides et des niveaux d'exposition à l'échelle du paysage - **Yves BRUNET**

09:10 Débat - discussions

09:30 Pause

09:45 Table ronde de clôture des 3 journées

**11:45 Clôture du colloque par la Présidente du Comité
d'orientation et le Président du Conseil scientifique du
programme**

12:00 Fin du colloque



RÉSULTATS DES TRAVAUX ISSUS DE L'APPEL À PROPOSITIONS DE RECHERCHE **2006**



SESSION 1 RÉDUCTION DE L'UTILISATION DES PESTICIDES - APPROCHES SYSTÉMIQUES ET ANALYSE SOCIO-ÉCONOMIQUE

Caractérisation des pratiques de protection des cultures et de leur évolution - Laurence GUICHARD	9
EMERITAT - Utilisation de modèles d'exposition aux pesticides pour la reconstitution et la mise en œuvre de scénarios réalistes de contamination de mésocosmes permettant d'étudier les impacts d'itinéraires techniques sur les organismes aquatiques - Laurent LAGADIC	13
PHYTOVILLE - Sociologie des usages des pesticides dans les jardins amateurs - Denis SALLES	17
SYBAN - Systèmes de culture bananiers sans pesticides : conception et conditions d'adoption aux Antilles Françaises - Philippe TIXIER	20



RESPONSABLE SCIENTIFIQUE

Laurence GUICHARD

INRA

UMR Agronomie INRA-AgroParisTech

BP 1

78850 THIVERVAL-GRIGNON

laurence.guichard@grignon.inra.fr

PARTENAIRES DU PROJET

ARVALIS - Institut du Végétal

Benoît Réal, Philippe Desvignes,

Adélaïde Wissocq

CTIFL

Franziska Zavagli

Institut de l'élevage

Sophie Bertrand, Charlotte Morin

INRA

Muriel Morison, Raymond Reau,

Aurélien Schmidt

ITB

Nicole Bouveris, Michel Cariolle

CARACTÉRISATION DES PRATIQUES DE PROTECTION DES CULTURES ET DE LEUR ÉVOLUTION

MOTS CLÉS

Pratiques agricoles, indicateurs, utilisation de pesticides, cultures annuelles et pérennes.

OBJECTIF

Ce projet a eu pour objectifs de caractériser les évolutions récentes des pratiques de protection des cultures et d'identifier les marges de progrès pour améliorer ces modes de protection sur plusieurs cultures annuelles ou pérennes : blé tendre, betterave et colza en systèmes céréaliers, maïs en système de polyculture-élevage et vergers de pommiers.

Pour atteindre ces objectifs, nous avons (1) défini un cadre méthodologique (choix d'indicateurs et harmonisation des modes de calcul) permettant d'utiliser les données disponibles pour renseigner les évolutions récentes des pratiques, (2) mis au point des méthodes de caractérisation de ces pratiques basées sur des indicateurs en vue d'en faciliter le suivi, et d'en identifier les déterminants majeurs, (3) appréhendé les principaux freins au changement de pratiques.

PRÉSENTATION DES TRAVAUX DE RECHERCHE

Travail méthodologique préalable : choix des indicateurs et règles de calcul

Quatre indicateurs d'utilisation des produits phytosanitaires ont été étudiés (1) Le Nombre de traitements appliqués à l'hectare sur un cycle de production (2) la QSA = masse de l'ensemble des substances actives (SA) contenues dans les produits commerciaux utilisés à l'hectare sur un cycle de production (3) IFT_{PC} = nombre de doses homologuées de produit commercial épanchées à l'hectare sur un cycle de production (4) IFT_{SA} = nombre de doses « de référence » de SA apportées à l'hectare sur un cycle de production (indicateur mis au point dans le cadre du projet). Ce travail a nécessité une importante réflexion sur le paramétrage nécessaire et le partage des règles de décision conduisant aux conventions de calcul des différents indicateurs. Un travail spécifique d'adaptation des indicateurs aux spécificités des cultures pérennes (recours aux microorganismes, emploi de produits « alternatifs ») a été conduit. Enfin, un travail sur la prise en compte des caractéristiques de toxicité et d'écotoxicité des substances actives a été mené. Au final, ce travail s'est concrétisé par la constitution d'une base de paramétrage « phytosanitaire » commune, qui sert de référence à l'ensemble des partenaires du projet, et leur permet de calculer de façon identique les différents indicateurs retenus et leurs déclinaisons.

Caractérisation des pratiques et évolutions sur cultures annuelles. Premier regard sur cultures pérennes et systèmes d'élevage

Sur cultures annuelles, les principaux résultats de IFT_{PC} au niveau national confirment un recours moyen aux pesticides très différent selon les cultures, traduisant des sensibilités plus ou moins importantes à certains bioagresseurs. Ces résultats montrent également une assez forte plage de variation des IFT_{PC} pour une culture une année donnée (du simple au quadruple selon les espèces). Cette variabilité reste très importante à une échelle régionale, ce qui suggère des pressions de bioagresseurs très différentes la même année et pose la question des conditions de milieux (et donc des éventuelles marges de progrès) à l'origine de ces différences. En termes d'évolution, l'analyse des pratiques sur des séries chronologiques longues (1994-2008) et surtout annuelles montrent que les agriculteurs adaptent leurs pratiques à des conditions climatiques très exceptionnelles (fongicides sur blé en 2003 par exemple) mais que cela ne se traduit pas par des modifications importantes et tendancielle dans les stratégies mises en œuvre sur ces longues périodes.



En système d'élevage, la variabilité des pratiques des éleveurs sur blé et maïs est au moins aussi importante que chez les céréaliers, avec des valeurs extrêmes (hautes) jamais observées chez des céréaliers. La comparaison aux valeurs d'IFT « de référence » (base 7^{ème} décile des données SSP) montre que les pratiques des éleveurs sur maïs et blé sont relativement intensives puisque proches de cette référence. Ces éléments suggèrent assez fortement que des voies de progrès sont possibles en matière de pratiques chez les éleveurs.

Sur vergers de pommiers, une enquête spécifique sur les pratiques des producteurs a été conduite. Le choix du jeu de données pour le modèle du pommier a été orienté sur la diversité des pratiques pour réaliser une analyse comparative de la sensibilité des indicateurs d'intensité d'utilisation des produits phytosanitaires. Si l'échantillon n'a pas la vocation à fournir une vision statistique des pratiques sur pommes, il permet d'appréhender la très grande variabilité des pratiques sur cette culture, entre années mais également d'importants écart-types au sein d'une même année.

Analyses multivariées pour une meilleure compréhension de la diversité des pratiques agricoles et de ses déterminants

Différents types d'analyses multivariées ont été travaillées, dans le but de comprendre les logiques d'actions des agriculteurs, d'identifier les déterminants de la lutte chimique et les marges de progrès possibles pour réduire le recours à la lutte chimique. Ce travail de diagnostic a été réalisé sur plusieurs cultures (blé, colza, betterave et pommiers) à partir des enquêtes nationales du SSP ou d'enquêtes annuelles propres à chaque institut technique. Les démarches méthodologiques adoptées et les outils d'analyses utilisés ont été divers, pour s'adapter aux objectifs recherchés. Ce travail propose pour le colza un cadre générique permettant l'analyse des données « enquêtes pratiques culturelles du SSP » intégrant la dimension système de culture. Ce cadre est en cours de test sur les systèmes avec blé. Il permet une vision à une échelle nationale de la diversité des systèmes de culture. Décliné par région, ce cadre permet de repérer des profils de stratégies très différents et caractéristiques selon les régions. Ainsi ont été repérés treize systèmes de culture principaux avec colza en France. Deux d'entre eux représentent près de 19 % des surfaces et correspondent à des cultures en rotations courtes où le labour est exceptionnel. Le colza y est conduit avec une forte fertilisation, une utilisation importante de pesticides, et les rendements y sont relativement bas, conduisant à une efficacité des pesticides particulièrement faible. A l'opposé, les systèmes de culture avec rotation longue et labour fréquent sont associés à une utilisation plus modérée de pesticides, et à des rendements plus élevés. Sur blé, les parcelles qui se caractérisent par des IFT forts et des rendements faibles correspondent à des rotations courtes où le blé sur blé n'est pas rare, situées sur des terres à cailloux, expliquant alors le faible rendement. A l'opposé, le groupe dont l'IFT est faible avec des rendements élevés est associé à des rotations plus longues sur des sols à fort potentiels. En betterave, des stratégies de désherbage très diversifiées et très liées aux contraintes de l'exploitation ont pu être mises en évidence sans qu'il soit possible de les relier à un

niveau d'IFT, la protection herbicide ne pouvant pas être décrite par ce seul indicateur qui ne rend pas compte en particulier des conditions d'application des traitements ni de la pression adventice à la parcelle.

Contribution à une meilleure connaissance de la place des méthodes de lutte dites « alternatives » ou « complémentaires » en verger de pommier

Une enquête a permis de comprendre la place de la lutte dite « alternative » ou « complémentaire » par rapport aux autres méthodes en verger de pommier, et d'identifier les freins à sa mise en œuvre. Il en ressort qu'une majorité des exploitants réalisent eux mêmes le suivi de leur verger mais qu'il faudrait les accompagner par des actions de formation afin d'améliorer leur diagnostic. Par ailleurs, les méthodes prophylactiques et les méthodes de lutte « alternatives » ou « complémentaires » sont connues des producteurs et pour certaines déployées. Une meilleure prise en considération des freins techniques, économiques (coût de main d'œuvre lors des installations et coût de la méthode elle-même) et logistique (manque de temps, synchronisation de certaines actions) ainsi qu'un accompagnement de fonds sur la place de ces méthodes (à efficacité partielle) dans les stratégies de protection des vergers doivent être développés.

ACQUIS EN TERME DE TRANSFERT

Partage d'expérience et « auto-formation » d'un collectif inter-instituts

Ce projet a été l'occasion d'un réel apprentissage collectif sur la question des indicateurs d'utilisation de pesticides, et au-delà, de la constitution d'un échange peu habituel entre filières sur un sujet « sensible ». Au final, ce projet débouche sur une caractérisation formalisée des pratiques et de leur évolution pour des filières très différentes, et une méthode et des paramètres en permettant désormais une veille en « routine ». Il débouche aussi sur une meilleure connaissance des partenaires entre eux, des ressources et compétences partageables, qui devraient à l'avenir pouvoir être remobilisées sur des sujets proches.

Des indicateurs pertinents pour des filières différentes

Initialement travaillés pour des cultures annuelles (Champeaux, 2007), l'étude a permis de démontrer la pertinence des quatre indicateurs pour le verger de pommier, pris comme modèle de production pour l'arboriculture fruitière. Ce travail a fait l'objet d'une présentation au groupe technique indicateurs de Ecophyto 2018. Une déclinaison de l'IFT à la substance active a été mise au point dans le cadre du projet afin de mieux rendre compte du recours aux produits phytosanitaires. Moins pédagogique que l'IFT_{pc} pour les agriculteurs, il permet cependant de prendre en compte certaines nouveautés des industries phytosanitaires (en particulier l'offre de produits commerciaux pré-mélangés qui peuvent amener des variations d'IFT_{pc}).

Base de paramètres partagée sur les produits phytosanitaires

Ce travail s'est concrétisé par la constitution d'une base de paramétrage « phytosanitaire » commune, qui a permis aux partenaires d'avoir accès aux différents critères nécessaires aux calculs des indicateurs et de leur déclinaison. Son intérêt est direct en matière de partage des références nécessaires pour assurer un calcul de manière homogène et routinière. Les perspectives qui se dessinent sont de l'actualiser annuellement et la mettre à disposition de l'ensemble des acteurs intéressés par la question de la pression d'utilisation des pesticides.

Analyse réflexive sur les bases de données mobilisées et contribution à leur amélioration

Notre travail a contribué à compléter et actualiser les données sur les produits phytosanitaires, mais une gestion de cette actualisation / veille est clairement posée, qui permette à chacun de partager une information publique sur ce sujet. Compte tenu de son expérience en matière de valorisation des données « enquêtes pratiques culturelles » du SSP, notre collectif de travail se retrouve aujourd'hui également fortement mobilisé dans les différents groupes de travail visant à améliorer les questionnaires pour 2011.

Vers une évolution du conseil et des formations

Au sein de chacun des organismes partenaires, la réalisation de ce projet a conduit à la transmission d'informations d'ordre méthodologique et pratique sur l'évolution des pratiques des agriculteurs. Cela a permis de partager les enjeux de la connaissance de ces pratiques et de réorienter à la fois le conseil (ITB, ARVALIS) et la communication. Aujourd'hui par exemple, tous les programmes de protection des cultures sont systématiquement complétés par les 2 indicateurs IFT_{PC} et IFT_{SA} par ARVALIS dans les « Choisir », recueils de préconisations de début de campagne. Du côté de l'Institut de l'Élevage, l'indicateur IFT ainsi que son outil associé développé dans le cadre du projet pour calculer l'IFT au niveau des exploitations d'élevage a été intégré dans plusieurs projets sur l'évaluation environnementale des exploitations.

PERSPECTIVES DE RECHERCHE

Des références agronomiques à acquérir et partager

Cette analyse a permis d'identifier pour la recherche et le développement certaines références agronomiques nécessaires pour réduire le recours aux pesticides. Par exemple, pour le colza, si à l'avenir l'accroissement de la taille des exploitations se poursuit, on peut s'attendre à une progression des systèmes de culture sans labour les plus dépendants des intrants. Cette évolution s'accompagnerait probablement d'une dégradation des IFT du colza dans les années à venir. Ce travail renvoie assez clairement à l'importance par exemple d'explorer, de mieux comprendre et de développer des systèmes de culture en non labour économes en intrants. Pour les partenaires du développement, il s'agit d'étudier de nouvelles pistes de collecte d'informations plus précises que les enquêtes de pratiques culturelles, en particulier sur le développement des adventices.

Vers un lien pratiques / impacts ?

Les indicateurs retenus dans le cadre du projet sont des indicateurs qui caractérisent la pression liée aux pratiques agricoles en matière d'utilisation de produits phytosanitaires. Ces indicateurs ne permettent pas de qualifier leurs conséquences sur les compartiments de l'environnement ou la santé humaine. Au cours de l'exercice, nous avons proposé un mode de calcul de l'IFT qui intègre pour partie des notions de toxicité et d'écotoxicité. Mais un travail particulier reste à entreprendre afin de rendre possible, à grande échelle et par les acteurs eux-mêmes, la caractérisation des impacts des pratiques agricoles (et des systèmes de culture) vis-à-vis des compartiments environnementaux.

PERSPECTIVE DE TRANSFERT

Le challenge est certainement dans notre capacité collective à pouvoir faire vivre le paramétrage permettant le calcul des différents indicateurs, c'est-à-dire le partager, le rendre transparent aux utilisateurs et l'actualiser. Un projet est en cours sur cette question, porté par les ICTA, auquel le travail mené dans le cadre du projet pesticides du ministère en charge de l'écologie aura servi d'amorce. Ce projet vise à mettre à disposition sur l'extranet d'ARVALIS - Institut du végétal une calculatrice automatique des IFT_{PC} et IFT_{SA} (conforme aux définitions des modes de calcul élaborés dans le projet) reliée à la BDD Phytcom de l'institut (actualisée annuellement et qui répertorie tous les pesticides autorisés sur blé tendre). A terme, cette BDD sera complétée par l'ensemble des produits utilisables sur maïs, protéagineux, pomme de terre et oléagineux en collaboration avec le CETIOM. Il est également prévu de proposer à l'ITB et à l'ITL de compléter la BDD Phytcom avec les produits phytosanitaires utilisés sur leurs cultures. Ainsi sur l'extranet des Instituts « grandes cultures », les techniciens et les agriculteurs auraient à leur disposition un même outil de calcul des IFT_{PC} et IFT_{SA} pour l'ensemble des cultures de leurs rotations.

FORMATION

Formation par apprentissage d'un agronome AgroParisTech (A. Schmidt 2008/2009)

Interventions de l'INRA dans des modules de formations intégrant les acquis de recherche du projet : (1) Formations AgroParisTech 3èmes années : Module « s'adapter au changement », PIST option Cigales (Changement et Innovation : Gérer et Accompagner L'Évolution des Systèmes techniques) ; (2) Formation IFORE, cycle de formation Police de l'Eau « Réduire l'utilisation de pesticides ? Pratiques actuelles et marges de manœuvre ». Présentation par les Instituts Techniques des travaux auprès de leurs ingénieurs régionaux et/ou équipes techniques.

Rapports de stage

Delavault M., 2007. Analyse d'un indicateur de fréquence de traitement (IFT) pesticides et de ses variantes, mémoire de fin d'étude Master 2 Administration Générale des Entreprises, Institut des Administrations et des Entreprises, Bordeaux, ARVALIS, 70 p. Rapport confidentiel.

- Bettinelli M., 2008. Comparaison d'indicateurs phytosanitaires en verger de pommiers en vue de leur choix, mémoire de fin d'études Montpellier SupAgro, Ctifl, 55 p. Rapport confidentiel.
- Schmidt A., 2008. Caractérisation des pratiques de protection des cultures et de leur évolution : construction d'une base de référence pour le calcul d'indicateurs, rapport de stage de 2^e année AgroParisTech, INRA, 43 p.
- Torloting J., 2008. Etude des stratégies de protection du blé tendre d'hiver au travers de l'Indicateur de Fréquence de Traitement, mémoire de fin d'études ENSAIA, Arvalis, 78 p. Rapport confidentiel.
- Escoffier A., décembre 2009, Caractérisation des pratiques phytosanitaires en exploitations laitières, Rapport de stage de césure AgroParisTech, 52p.
- Schmidt A., 2009. Caractérisation des pratiques de protection des cultures et réflexions sur les conditions de réussite d'un plan de réduction de l'utilisation de produits phytosanitaires par les pouvoirs publics : *Application à la production de blé et de colza*. Mémoire de fin d'études AgroParisTech, INRA, 93 p.
- Guichard L., Novembre 2010. « Plus d'agronomie pour moins d'intrants : quelles possibilités de réduire l'usage des pesticides en agriculture ? ». Cycle de 3 conférences auprès d'agriculteurs de l'Orne, ADEAR 61.

VALORISATION

Articles scientifiques et techniques

- ITB, 2008. Les actions de l'ITB pour un désherbage durable, Betteravier Français n°182 du 11 mars 2008.
- Schmidt A. Guichard L., Reau R., 2010. Le colza est très dépendant des pesticides dans les rotations courtes sans labour, Agreste synthèse. Août 2010. 7 pages.
- INRA, 2010. Caractérisation et évolution de l'utilisation des pesticides en grande culture au cours des campagnes 1994, 2001 et 2006 : exploitation des données « enquêtes Pratiques culturales » du SSP. Disponible en téléchargement sur www.versailles-grignon.inra.fr/agronomie/productions/publications/rapports
- Zavagli F., Villeneuve F., Tisiot R., Verhaeghe A., Brachet M-L., 2011. Les indicateurs de pression d'utilisation des produits phytosanitaires - Application aux cultures fruitières et légumières. Infos CTIFL, n°269, Mars 2011. En projet, pour 2011. Meynard JM., Halska J., Guichard L., Schmidt A. Pesticide use reduction in France : how field crops stakeholders support alternative techniques.

Communications dans des congrès

- Réal B., avril 2008. Evolution des IFT blé tendre. Comop Ecophyto, Paris.
- Guichard L., mars 2009. Utilisation des produits phytosanitaires en France en grandes cultures. Colloque de restitution des travaux de l'Observatoire des Résidus de Pesticides 2006-2008 « Mieux connaître les usages de pesticides pour comprendre les expositions », Paris.
- Bouveris N. et Muchembled C., 2010. Nouvelles pistes de réflexion sur la gestion des adventices en culture de betteraves, 21^{ème} COLUMA, Dijon.
- Guichard L., 23-24/11/2010. Méthodologie de mesure de l'utilisation des pesticides. Colloque « Réduction de l'emploi des pesticides » organisé par la confédération paysanne, Toulouse.

RESPONSABLE SCIENTIFIQUE

Laurent LAGADIC

INRA

Equipe Ecotoxicologie et Qualité des Milieux Aquatiques

UMR 0985 INRA-Agrocampus Ouest

Ecologie et Santé des Ecosystèmes

65, rue de Saint Briec

35042 RENNES CEDEX

laurent.lagadic@rennes.inra.fr

PARTENAIRES DU PROJET

ARVALIS - Institut du Végétal

Benoît Réal

BRGM

Igor Dubus*, Nicolas Surdyk,

Anne Togola

INRA

Unité Expérimentale Écologie et Écotoxicologie Aquatique (U3E)

Didier Azam, Alphonse Quemeneur,

Martine Ollitrault

*Actuellement : FOOTWAYS



EMERITAT - UTILISATION DE MODÈLES D'EXPOSITION AUX PESTICIDES POUR LA RECONSTITUTION ET LA MISE EN ŒUVRE DE SCÉNARIOS RÉALISTES DE CONTAMINATION DE MÉSOCOSMES PERMETTANT D'ÉTUDE LES IMPACTS D'ITINÉRAIRES TECHNIQUES SUR LES ORGANISMES AQUATIQUES

MOTS CLÉS

Modèles de transferts, mélange de pesticides, multi-exposition, itinéraires techniques, effets écotoxicologiques, bioessais *ex situ*, mésocosmes aquatiques.

OBJECTIF

En dépit des avancées réalisées dans le domaine des méthodes d'évaluation des risques des pesticides pour les milieux aquatiques, de nombreuses incertitudes subsistent, notamment en ce qui concerne (i) la caractérisation spatiale et temporelle de l'exposition des organismes et (ii) les effets résultant d'expositions multiples et variables dans le temps. Le programme EMERITAT a été mis en œuvre par un consortium d'équipes spécialisées respectivement dans le conseil en systèmes de culture, l'estimation des transferts de pesticides dans les paysages agricoles au moyen d'outils de modélisation, le suivi du devenir des pesticides en milieu aquatique, et l'évaluation du risque de ces produits pour les communautés de microalgues et d'invertébrés à l'aide de dispositifs expérimentaux de type mésocosmes.

S'inscrivant à l'interface entre les volets 1.2 'Amélioration des procédures d'évaluation des risques *a priori*'¹ et 1.3 'Caractérisation des effets des pesticides sur les écosystèmes'² de l'APR 2006, EMERITAT avait pour objectif l'évaluation des risques des produits phytosanitaires sur des communautés d'organismes aquatiques dans des conditions réalistes d'exposition. En effet, l'étude a pris en compte à la fois la diversité des substances actives et les périodes d'application de l'intégralité des pesticides entrant dans les itinéraires techniques (ITK) préconisés pour la lutte contre les bioagresseurs lors d'une rotation triennale pois/blé/colza. Les ITK retenus correspondaient d'une part à une conduite de culture dite « classique » et d'autre part à une stratégie qualifiée de « bas intrants pesticides », basée à la fois sur la réduction du nombre de traitements et sur la substitution de substances actives. Deux scénarios agropédoclimatiques, correspondant à des sols hydromorphes, ont été définis à partir de deux situations environnementales contrastées, à savoir l'Ouest de la France (site de La Jaillière) et l'Est du Bassin Parisien (site de la Brie), pouvant conduire à des flux de substances actives différents en direction des milieux aquatiques. Le programme EMERITAT a permis d'établir si la mise en place d'une stratégie de type « bas intrants pesticides » permet de réduire à la fois la contamination des milieux aquatiques par les pesticides et les effets de ces derniers sur les communautés de microalgues et d'invertébrés.

PRÉSENTATION DES TRAVAUX DE RECHERCHE

Démarche expérimentale

Sur la rotation culturale triennale pois / blé / colza retenue dans EMERITAT, la conduite de culture « classique » de la succession blé-colza nécessite 10 passages au champ

¹ Item « comparaison des prévisions des scénarios et modèles mis en œuvre dans le cadre de l'évaluation *a priori* avec des observations réelles en vue de la validation ou de l'amélioration des outils de l'évaluation des risques »

² Item « amélioration de la caractérisation des termes d'exposition des organismes non-cibles et mise en relation avec des effets biologiques à différents niveaux d'organisation ».

tandis que l'ITK « bas intrants pesticides » n'en nécessite que 6. L'itinéraire « classique » implique l'application de 16 substances actives (correspondant à des IFT de 7,16 et 6,14 pour le blé et le colza, respectivement), tandis que l'itinéraire « bas intrants pesticides » se limite à 12 applications (correspondant à des IFT de 3 et 3,64 pour le blé et le colza, respectivement). Huit de ces molécules sont communes aux deux ITK.

Les substances actives apportées aux cultures sont soumises à divers phénomènes physiques, chimiques et biologiques qui déterminent leur transfert depuis la zone d'application vers l'atmosphère, le sol, les eaux souterraines et les eaux de surface. Dans le cadre d'EMERITAT, les transferts issus d'une parcelle drainée vers une pièce d'eau réceptacle ont été simulés, pour une succession de trois années climatiques moyennes, au moyen de modèles numériques appliqués à des sols hydromorphes présents sur les sites de La Jaillière et de la Brie. Pour chacune de ces deux situations agropédoclimatiques, les transferts simulés sont les pertes par drainage (modèle MACRO), ruissellement (modèle PRZM) et dérive de pulvérisation (abaques de Ganzelmeier). Les concentrations hebdomadaires prédites par ces modèles de transfert ont été utilisées pour contaminer des mares expérimentales (mésocosmes) et étudier, pendant deux années consécutives, les réponses des communautés de microalgues et d'invertébrés à l'exposition aux différentes substances actives.

L'étude a été réalisée dans 16 mésocosmes circulaires d'environ 9 m³, situés à l'air libre, dans les conditions climatiques (température, éclairage, précipitations) naturelles. Trois réplicats sont utilisés pour chaque modalité de traitement (ITK x contexte pédoclimatique), quatre mésocosmes étant utilisés comme témoins. La contamination des mésocosmes a été réalisée avec des préparations commerciales lorsqu'il s'agissait d'apports par dérive, alors que des substances actives pures ont été utilisées lorsque les apports étaient issus du drainage et du ruissellement. La dynamique des substances actives et, pour certaines d'entre-elles, de leurs métabolites principaux, dans l'eau a été suivie de façon hebdomadaire sur l'ensemble de la durée d'expérimentation (deux ans, de novembre 2008 à octobre 2010). Le suivi en continu des effets des traitements sur les communautés de microalgues et d'invertébrés des mésocosmes était basé sur des critères structurels (abondance des taxons) et fonctionnels (fragmentation de la litière d'aulne).

Principaux résultats

Les résultats de la modélisation des transferts ont montré que, dans les scénarios étudiés, la dérive était généralement la voie majeure de contamination des milieux aquatiques, suggérant que le type de situation agropédoclimatique considéré était de peu d'importance. Une contribution non négligeable du ruissellement et du drainage a été mise en évidence pour des substances appliquées en automne, comme le diflufenican (DFF), l'isoproturon, le méso-sulfuron-méthyl ou le prosulfocarbe. Cette contribution était plus importante dans le cas du scénario « La Jaillière », en cohérence avec les propriétés des sols.

La comparaison des concentrations mesurées dans l'eau des mésocosmes avec des valeurs de référence de toxicité aiguë pour les microalgues ou pour *Daphnia magna* a permis d'identifier les substances présentant les risques les plus importants pour les différents compartiments biologiques. Pour les producteurs primaires (microalgues), il s'agit logiquement de certains herbicides : isoproturon, DFF et diméthachlore pour tous les traitements, avec en outre le prosulfocarbe pour la stratégie « bas intrants pesticides ». Pour les invertébrés, ce sont les insecticides pyréthrinoides qui apparaissent comme les substances les plus à risque quel que soit l'ITK considéré. De plus, dans le cas des itinéraires « bas intrants pesticides », le cyprodinil, et dans une moindre mesure l'ioxynil, présentaient aussi des valeurs de concentrations susceptibles d'être à l'origine d'un effet négatif sur les macro-invertébrés.

Dans les mésocosmes, les effets directs des traitements sur le phytoplancton et le périphyton ont été de très faible amplitude, sans doute du fait de la saison à laquelle ont eu lieu les apports les plus importants en herbicides (automne) qui ne correspond pas à une période de multiplication très active des microalgues. Des effets indirects ont en revanche été observés au printemps 2009 dans les mésocosmes exposés aux itinéraires « bas intrants pesticides », avec notamment une augmentation temporaire de la biomasse phytoplanctonique. Ceci découle d'une diminution de l'abondance de nombreux invertébrés à la suite de leur exposition au cyprodinil.

Tous les traitements avec des insecticides ont eu un impact négatif sur l'abondance des arthropodes, qu'il s'agisse d'espèces planctoniques ou benthiques. Les crustacés isopodes (aselles) et amphipodes (gammare) ont été les plus affectés, indépendamment du type d'ITK. D'autres groupes, comme les rotifères par exemple, ont bénéficié de la réduction de l'abondance de certains arthropodes. De même, dans les mésocosmes exposés au cyprodinil (itinéraire « bas intrants pesticides »), un effet positif indirect des traitements sur l'abondance des larves de chironomes de différentes sous-familles a été observé, en relation avec la réduction de l'abondance d'autres espèces d'invertébrés. D'un point de vue fonctionnel, tous les traitements ont eu un impact négatif sur la fragmentation de la litière, en raison d'une diminution durable de l'abondance des invertébrés fragmenteurs (aselles et gammare notamment).

Bien que l'impact des traitements a été observé plus tôt dans les mésocosmes utilisés pour l'évaluation de l'ITK « classique », la conduite de culture dite « bas intrants pesticides » s'est également traduite par des effets significatifs sur la structure des différentes communautés et sur un processus écologique (fragmentation de la litière). Pour les deux types d'ITK, ces impacts sont à mettre en relation avec l'exposition aux insecticides pyréthrinoides, ce qui amène à conclure que la mise en œuvre d'ITK destinés à minimiser l'impact environnemental nécessite certaines reconsidérations.

ACQUIS EN TERME DE TRANSFERT

Les résultats issus du programme EMERITAT ont permis de comparer différents scénarios d'exposition des eaux

de surface représentatifs des systèmes drainés français, selon que la conduite culturale fait appel à des itinéraires de protection phytosanitaire « classiques » ou « bas intrants pesticides ». Il apparaît que les itinéraires techniques « bas intrants pesticides », visant à réduire l'utilisation des pesticides, ne donnent pas encore entière satisfaction en termes de réduction des impacts sur les milieux aquatiques.

Sur un plan plus général, ce programme a mis en évidence l'intérêt du couplage entre modélisation et approches expérimentales en écotoxicologie pour l'évaluation environnementale des pratiques de protection des cultures. En outre, les informations sur la toxicité des produits vis-à-vis des organismes aquatiques peuvent être utilisées directement à des fins réglementaires, notamment dans le cadre de suivis post-homologations des substances actives.

PERSPECTIVES DE RECHERCHE

Amélioration de la prise en compte des effets indirects sur les organismes aquatiques dans l'évaluation des risques.

Approfondissement de la démarche de couplage entre modèles de transfert et effets écotoxicologiques.

Analyses de l'impact environnemental de différents ITK sur des cultures autres que le blé et le colza (à la fois en termes de transferts et d'effets).

Spatialisation des transferts et des effets pour établir une vision nationale.

PERSPECTIVE DE TRANSFERT

L'exploitation des résultats du programme EMERITAT vise à améliorer les préconisations fournies par les conseillers agricoles afin de prendre en compte de manière réaliste l'impact que peuvent avoir les itinéraires techniques sur les écosystèmes aquatiques et améliorer ainsi la construction de programmes de protection des cultures permettant de lutter contre la dégradation de la qualité des eaux superficielles.

Il est à noter qu'une partie de la méthodologie déployée pour la modélisation des transferts de produits phytosanitaires a été valorisée par la start-up FOOTWAYS créée durant le cours du projet par l'un de ses participants

FORMATION

Thèse de doctorat

Auber A. Évaluation expérimentale de métriques caractérisant les réponses structurelles et fonctionnelles des communautés d'invertébrés aquatiques aux stress induits par des pesticides (METRIX). *Thèse de Doctorat, Ecole Doctorale Vie-Agro-Santé, Agrocampus Ouest Rennes* (débutée le 01/10/2008).

Rapports de stage

Le Bourg C., 2009. Mise au point de tests de toxicité pour l'étude de l'effet des pesticides sur les embryons du mollusque *Lymnaea stagnalis*. *Mémoire de fin d'études, DUT Génie Biologique, UBO, Brest, 35 p.*

Le Gouge A. 2009. Optimisation d'un test de toxicité pour l'étude de l'effet de pesticides sur une algue verte unicellulaire, *Desmodesmus subspicatus* Chodat. *Mémoire de fin d'études, DUT Génie Biologique, UBO, Brest, 20 p (+ 9 annexes).*

VALORISATION

Articles scientifiques

Auber A., Roucaute M., Togola A., Caquet Th., 2011. Structural and functional effects of conventional and low pesticide input crop-protection programmes on benthic macroinvertebrate communities in outdoor pond mesocosms. *Ecotoxicology*, en révision favorable.

Auber A., Roucaute M., Togola A., Caquet Th. Use of biological traits for the assessment of pesticide effects on invertebrate community structure and function in outdoor pond mesocosms. *Science of the Total Environment*, soumis.

Coutellec M.-A., Collinet M., Caquet Th., 2011. Parental exposure to pesticides and progeny reaction norm to a biotic stress gradient in the freshwater snail *Lymnaea stagnalis*. *Ecotoxicology*, sous presse. DOI 10.1007/s10646-011-0611-7.

Articles techniques

En préparation pour *Perspectives Agricoles* : «Transfert et impacts de produits phytosanitaires dans les écosystèmes aquatiques».

Communications dans des congrès

Communications orales

Auber A., Roucaute M. & Caquet Th., 2010. Effects of realistic exposure to pesticide mixtures on aquatic macroinvertebrate communities and leaf litter breakdown: a mesocosm approach. *SETAC Europe 20th Annual Meeting, Seville, Spain, 23-27 May 2010.*

Auber A., Roucaute M. & Caquet Th., 2010. Using traits to characterize effects of pesticide exposure on aquatic macroinvertebrates and predict leaf breakdown processing. *Joint Congress of the North American Benthological Society and of the American Society of Limnology and Oceanography, Santa Fe NM, USA, 6-11 June 2010.*

Auber A., Roucaute M., Lagadic L. & Caquet Th., 2011. Using functional traits to characterize the effects of pesticides on aquatic macroinvertebrate communities. *SETAC Europe 21st Annual Meeting, Milan, Italy, 15-19 May 2011.*

Roucaute M., Auber A., Caquet Th. & Lagadic L., 2011. SPEAR index adaptation to lentic/outdoor pond mesocosm studies: an assessment of long term vulnerability to pesticides. *SETAC Europe 21st Annual Meeting, Milan, Italy, 15-19 May 2011.*

Posters

- Auber A., 2009. Evaluation expérimentale de métriques caractérisant les réponses structurelles et fonctionnelles des communautés d'invertébrés aquatiques aux stress induits par des xénobiotiques. *Journée des doctorants du CAREN, Rennes, France, 19 février 2009.*
- Auber A., Roucaute M. & Caquet Th., 2010. Utilisation de traits biologiques et écologiques pour caractériser les effets des pesticides sur les communautés de macroinvertébrés benthiques. *Colloque Ecologie 2010, Montpellier, France, 2-4 Septembre 2010.*
- Lagadic L., Auber A., Caquet Th., Togola A., Roucaute M., Réal B., Azam D. & Quemeneur A., 2010. Comparative post-registration study on the impact of conventional and low pesticide input crop protection programs in outdoor pond mesocosms. *SETAC Europe 20th Annual Meeting, Seville, Spain, 23-27 May 2010.*
- Surdyk N., Réal B., Dubus I., Togola A., Caquet Th. & Lagadic, L., 2010. Realistic exposure scenarios for post-registration studies on plant protection products in aquatic mesocosms. *SETAC Europe 20th Annual Meeting, Seville, Spain, 23-27 May 2010.*
- Togola A., Caquet Th., Surdyk N., Réal B. & Lagadic L., 2010. Development of online SPE/UPLC/MS/MS method for analysis of various pesticides in water. *SETAC Europe 20th Annual Meeting, Seville, Spain, 23-27 May 2010.*

RESPONSABLE SCIENTIFIQUE

Denis SALLES

CEMAGREF

Unité Aménités et Dynamiques des
Espaces Ruraux

Centre de Bordeaux

50, avenue de Verdun – Gazinet

33612 CESTAS CEDEX

denis.salles@cemagref.fr

Julia BARRAULT

CERTOP, Université Toulouse Le Mirail /

CINBIOSE, UQAM

julia.barrault@gmail.com

PARTENAIRES DU PROJET

Agence de l'Eau Adour-Garonne

Laurent Verdié, Françoise Goulard

Région Midi-Pyrénées

Fabienne Quéau

DRAF-SRPV Midi-Pyrénées

Gilbert Chauvel



PHYTOVILLE - SOCIOLOGIE DES USAGES DES PESTICIDES DANS LES JARDINS AMATEURS

MOTS CLÉS

Jardinage amateur, pesticides, méthodes alternatives, responsabilité, marché, sociologie de l'action publique environnementale, code de gestion des pesticides du Québec.

OBJECTIF

Le projet de recherche *Phytoville* initié par le CERTOP-CNRS de l'Université de Toulouse-Le Mirail en juin 2007, proposait d'analyser les déterminants et l'évolution des pratiques de jardinage et notamment l'utilisation des produits phytosanitaires dans les jardins amateurs en s'appuyant sur analyse sociologique à trois niveaux :

- une analyse de l'évolution des représentations sociales du jardin ;
- une analyse des pratiques effectives de jardinage et en particulier celles liées aux traitements phytosanitaires ;
- et une analyse des processus de diffusion et de réception des messages de vente et de conseils en matière de jardinage et de traitements phytosanitaires, relayés par la filière de production et de distribution des produits de jardin, par la presse spécialisée, par les organismes d'homologation et de réglementation, par des prestataires de service, par des associations de jardinage...

Ses objectifs spécifiques étaient les suivants :

- comprendre l'engouement que suscite la pratique de jardinage comme activité de loisir, comme fonction ornementale du cadre de vie et comme fonction de production vivrière ;
- saisir la logique et les justifications des règles de décision en matière de traitements phytosanitaires au travers de l'observation de l'ensemble des pratiques de jardinage et tester l'hypothèse d'une écologisation des pratiques ;
- analyser les ressorts et les déterminants des changements de pratiques de jardinage et les effets d'une politique réglementaire sur des usages privés grâce à une enquête au Québec où le Gouvernement a mis en place en 2003 une législation interdisant l'utilisation des pesticides par les particuliers.

Phytoville avait par ailleurs un double objectif opérationnel visant à :

- cerner les facteurs et des leviers d'action (réglementaires, contractuels, incitatifs, pédagogiques) nécessaires à la réduction des risques de contamination sanitaire et environnementale par les pratiques de traitement dans les jardins ;
- mettre à jour les conditions d'une appropriation sociale de pratiques de traitement alternatives.

1. Enquête auprès des jardiniers (questionnaire (N=900) et entretiens (N=27))

Elle met en évidence une évolution déclarée des pratiques de jardinage dans le sens d'une réduction de l'usage des pesticides (57 % déclarent utiliser des pesticides et 82 % indiquent que la première intervention qu'ils mettent en œuvre dans leur jardin en cas de « problème » est prioritairement *naturelle et manuelle*). Au-delà de cette tendance, les pratiques de jardinage se révèlent un univers de décision incertain en ce qui concerne notamment les diagnostics, le choix des produits, le dosage et les conditions d'utilisation (seulement 30 % des jardiniers déclarent adopter une protection systématique avec des équipements adaptés). Des variations de conceptions et de pratiques du jardinage s'observent selon l'âge et le sexe : la catégorie des hommes de 55 ans et plus s'avère particulièrement utilisatrice de pesticides et peu sensible aux risques et messages de prévention. Inversement, les jardiniers plus jeunes (de 26 à 45 ans) et les femmes, privilégient nettement la non-utilisation de produits phytosanitaires. Plus particulièrement, ceux qui jugent importante la fonction alimentaire de leur jardin déclarent utiliser moins de produits chimiques et davantage de produits naturels. L'autoconsommation apparaît donc comme un facteur de prévention à l'égard des risques sanitaires potentiels des pesticides.

D'une manière générale, une majorité de jardiniers se déclarent conscients des risques que présentent les pesticides pour l'environnement et la santé. Inversement 1/3 jugent ces risques « peu ou moyennement élevés ». Dans cette catégorie figurent les individus ayant les pratiques les plus « à risques » : les plus gros utilisateurs de produits, ceux qui assument le surdosage de produits et enfin ceux qui se protègent le moins à l'application des produits. Les entretiens confirment un important déficit d'information de la part de l'ensemble des jardiniers rencontrés au sujet de la composition des produits, de l'homologation, des risques liés à leur usage. Ceci démontre, entre autres, que la surenchère d'information sur l'étiquette des produits et les messages publicitaires sensés être pédagogiques avant tout (cf. infra) ne réduisent pas le déficit d'information et son assimilation et que d'autres moyens d'information/sensibilisation (et pas seulement mobilisés par le marché) doivent être trouvés.

2. Enquête auprès des prescripteurs de pratiques (fabricants, distributeurs et presse spécialisée)

Elle montre que l'essentiel de l'argumentaire des prescripteurs concernant les risques sanitaires et environnementaux des pesticides repose sur une vision très critique des pratiques des jardiniers, accusés d'être mal informés (voire désinformés par les associations « anti-pesticides »), peu conscients et peu soucieux des impacts des produits de jardin, cherchant avant tout l'efficacité à court terme. Les fabricants de produits phytosanitaires se considèrent investis de 3 missions qu'ils s'attachent à valoriser : éduquer les consommateurs par une pédagogie de la « bonne utilisation » ; diffuser un message fabricant pour contrer les messages « de désinformation des anti-pesticides » ; et former les distributeurs jugés pas ou mal formés.

A l'image des fabricants, l'argumentaire des distributeurs concernant les risques sanitaires et environnementaux des pesticides tend à transférer sur les usagers l'essentiel de la responsabilité. L'interaction client/vendeur dans la distribution apparaît comme le point d'interface privilégié entre consommateurs et produits au niveau duquel peuvent être délivrés des messages et des conseils.

La presse spécialisée se trouve, quant à elle, dans une période charnière où les conceptions écologiques et biologiques du jardinage promues dans les lignes éditoriales pour répondre à la demande, sont en forte contradiction avec les publicités et les visuels affichés qui restent marqués par une référence systématique aux pesticides chimiques.

ACQUIS EN TERME DE TRANSFERT

Tout au long du programme Phytoville, les relations continues avec le comité de suivi, l'Agence de l'eau Adour-Garonne et la Sous-direction de la protection et de la gestion des ressources en eau et minérales du MEDDTL ont conduit à penser les résultats des enquêtes en termes de recommandations utiles pour des organismes gestionnaires, des associations et le public. Bien qu'identifiée tardivement par les services du MEDDTL comme connaissance stratégique pour l'action, l'enquête Phytoville a

pu être utilisée afin de repérer et de développer certains axes de communication de la campagne ministérielle de « communication comportementale » (dans le cadre de l'Axe 8 d'Ecophyto 2018) à destination des jardiniers amateurs et du grand public.

PERSPECTIVES DE RECHERCHE

Fort des connaissances déjà acquises avec les recherches menées dans le cadre de Phytoville, la recherche peut trouver des prolongements dans une analyse à la fois de la construction et du déploiement de cette campagne de communication (construite selon un modèle de partenariat public/privé) et de ses impacts sur les jardiniers amateurs afin de mesurer l'évolution des pratiques phytosanitaires dans ce contexte nouveau.

PERSPECTIVE DE TRANSFERT

Les connaissances élaborées dans le cadre de Phytoville permettront le transfert à moyen terme de *savoirs actionnables* par les institutions publiques et de façon plus générale pour l'ajustement des dispositifs d'action de prévention contre les risques liés aux pesticides.

FORMATION

Thèses de doctorat

Barrault J., *Responsabilité & Environnement. Les usages amateurs des pesticides en France et au Québec* (titre provisoire), sous la direction de Denis Salles et Louise Vandelac, co-tutelle Université de Toulouse-Le Mirail et Université du Québec à Montréal (soutenance prévue en juin 2011).

VALORISATION

Chapitres d'ouvrages et Articles scientifiques

Barrault, J., (2010), « Responsabilité et environnement. Questionner l'usage amateur des pesticides », in Duchemin, E. (dir), *La gouvernance à l'épreuve des enjeux environnementaux et des exigences démocratiques*, Ed. de l'Environnement-Vertigo, (version remaniée de l'article paru dans le n° spécial de novembre 2009), sous presse.

Barrault, J., (2009), « Responsabilité et environnement. Questionner l'usage amateur des pesticides », *Vertigo*, n° spécial « La gouvernance à l'épreuve des enjeux environnementaux et des exigences démocratiques », novembre.

Barrault, J., (2009) « Responsabilité et environnement. Les pratiques phytosanitaires dans le jardinage amateur », in Dobré M. et S. Juan (dir.), *Environnement et modes de vie*, L'Harmattan, pp.227-236.

Barrault J., (2007), « Jardinage amateur et pesticides : Main verte et boîte noire », *Actes du colloque international « Environnement et politique-s »*, AISLF, CERTOP, Toulouse.

Communications dans des congrès

- Barrault, J. (2010), « Usages domestiques des pesticides. Les rôles multiples des femmes entre prévention et action écocitoyenne », *Colloque annuel du CINBIOSE*, Université du Québec à Montréal, Montréal, 8 avril.
- Barrault, J. (2009), « Jardinage domestique et usages des pesticides », *Colloque international de l'ACFAS*, Ottawa, Canada, 11-15 mai.
- Barrault, J. (2009), « Le pari de la responsabilisation individuelle dans la gouvernance des problèmes d'environnement », *Colloque VERTIGO*, Ottawa, Canada, 14 mai.
- Barrault, J. (2008), « Responsabilité et environnement. Les pratiques phytosanitaires dans le jardinage amateur », *Colloque international Environnement et modes de vie*, Université de Caen-Basse Normandie, Caen, 25-26 septembre.
- Barrault, J. (2008), « Main verte et boîte noire. Recherche sur les usages des pesticides par les jardiniers amateurs en France et au Québec », *Colloque annuel du CINBIOSE*, Université du Québec à Montréal, Montréal, 1 avril.
- Barrault, J., Salles, D. (2007), « PHYTOVILLE. Sociologie des usages des pesticides dans les jardins amateurs », *Colloque « Pesticides et Environnement : De la connaissance à l'action »*, Reims, 9-10 novembre.
- Barrault, J. (2007), « Jardinage amateur et pesticides : Main verte et boîte noire », *Congrès international de l'AISLF « Environnement et Politique-s »*, Toulouse, 24-26 juin.

RESPONSABLE SCIENTIFIQUE

Philippe TIXIER

CIRAD

PRAM - UPR Systèmes bananes et ananas

Quartier Petit-Morne - BP 214

97285 LAMENTIN CEDEX

Martinique

tixier@cirad.fr

PARTENAIRES DU PROJET

CIRAD

Unité Propre de Recherche 26, Systèmes de culture bananiers, plantains et ananas

INRA

Unité de Recherche ASTRO, Agrosystèmes Tropicaux (ex UR APC)

IRD

UMR RPB (IRD ; CIRAD ; Université Montpellier 2), Résistance des plantes aux bioagresseurs, IRD Montpellier

CEMAGREF

Unité de Recherche AEMA, Agriculture et Espace Insulaire



SYBAN - SYSTÈMES DE CULTURE BANANIERES SANS PESTICIDES : CONCEPTION ET CONDITIONS D'ADOPTION AUX ANTILLES FRANÇAISES

MOTS CLÉS

Systèmes de culture bananiers, rotations et associations culturales, régulation biologique des bioagresseurs, orientation des processus écologiques, modélisation, adoption des innovations, Guadeloupe, Martinique.

OBJECTIF

La Guadeloupe et la Martinique sont des milieux insulaires fortement peuplés où l'habitat et les terres agricoles sont étroitement imbriqués, et où les problèmes de pollution par les pesticides se posent de manière importante. Un développement agricole durable y implique l'adoption par les agriculteurs de systèmes de culture préservant l'environnement et garantissant une production saine.

Ce projet a visé à produire des connaissances et à les intégrer afin de développer des systèmes de culture innovants (sans produits phytosanitaires) pour la culture bananière de Guadeloupe et de Martinique. Jusque dans les années 1990, ces cultures étaient basées sur des monocultures fortement consommatrices de pesticides. La recherche en partenariat avec les professionnels a déjà permis de réduire les quantités de pesticides en introduisant des jachères, des rotations culturales, et l'utilisation de vitroplants sains. Cependant plusieurs innovations techniques restent à concevoir pour atteindre l'objectif de « Zéro pesticide ». Des propositions de stratégies innovantes adaptées au contexte insulaire tropical avec notamment le choix et l'assemblage dans le temps et dans l'espace des plantes cultivées et associées doivent être étudiées. Des moyens de lutte non chimique contre les différents bioagresseurs ont également été développés. Dans ce projet, nous avons axé notre travail sur la recherche de plantes assainissantes vis-à-vis des parasites telluriques et des adventices. Des modèles de simulation ont été construits et utilisés pour explorer des assemblages de pratiques définissant des systèmes de cultures durables. En interaction avec ces travaux biophysiques, des travaux sur l'adoption de nouvelles techniques par les agriculteurs et par les filières ont été menés sur les deux îles. Enfin, les prototypes de systèmes de culture proposés par la recherche ont été évalués selon leurs performances agronomiques et économiques, leurs bénéfices pour l'environnement mais aussi selon leur capacité à être adoptés par les agriculteurs.

PRÉSENTATION DES TRAVAUX DE RECHERCHE

De l'étude des mécanismes écologiques à la mise au point de pratiques culturales innovantes

Le projet SYBAN a permis d'acquérir de nouvelles connaissances sur le fonctionnement agro-écologique des bananeraies. L'accent a été mis sur les plantes de services utilisées pour lutter contre les adventices, améliorer la fertilité du sol et lutter contre les bioagresseurs.

La sélection de plantes de service qui soient utilisables en association ou en rotation culturale représente une étape particulièrement importante de la conception de systèmes de culture limitant l'usage des pesticides. Nous avons sélectionné une gamme de plantes de couverture permettant de constituer une couverture vivante permanente. Les critères de sélection d'une couverture vivante destinée à une bananeraie comprennent la couverture rapide du sol afin de contrôler les adventices et la capacité à persister sur le long terme avec des ombrages variant rapidement au cours des cycles des bananiers. Nous avons également évalué les effets indirects des plantes

de couverture sur la culture principale et les adventices, impliquant des processus tels que l'allélopathie, la fertilité des sols, le parasitisme, la rétention de l'eau et des minéraux, l'infiltration de l'eau, ou la stabilité structurale du sol. Nous avons ainsi caractérisé une cinquantaine de plantes potentielles et évalué dans le détail 11 plantes de couverture sur leur capacité à couvrir le sol, à maintenir cette couverture à moyen terme (9 mois) et à tolérer un entretien par fauchage ou roulage. Il apparaît qu'il existe un compromis entre capacité d'installation et tolérance à l'ombrage. Une méthode de sélection des plantes de couverture assistée par modèle a été développée.

Nous avons caractérisé les compétitions pour l'eau et pour l'azote entre les bananiers et les plantes de service, et identifié des traits fonctionnels des plantes de services permettant d'optimiser le compromis compétition / lutte contre les adventices et les bioagresseurs. Nous avons également mesuré l'impact de ces plantes de service i) sur la dynamique des nématodes phytoparasites et ii) sur le potentiel de régulation du charançon du bananier. Une étude d'épidémiologie spatiale du charançon du bananier a permis de proposer de nouveaux modes de gestion de ce ravageur par l'organisation spatiale des parcelles et du piégeage.

Concernant les plantes de service sélectionnées en début de projet, nous avons réalisé leur évaluation en conditions d'association sur plusieurs cycles de culture lors d'essais multi-locaux. Ainsi, nous avons évalué un système de culture bananier reposant sur l'utilisation du soja pérenne comme plante de couverture. Un dispositif expérimental a été mis en place afin de comparer les systèmes de culture conventionnels et intégrant le soja pérenne. Nous avons mesuré que les bananiers sont de taille plus importante mais légèrement plus tardifs dans le traitement associant bananiers et soja pérenne par rapport à un système avec du sol nu. La nutrition en magnésium est meilleure dans le traitement Banane/ Soja (remontée d'éléments des couches profondes du sol). Le système de culture proposé permet de contrôler le développement des nématodes et de la flore d'adventices sans utiliser de pesticides, tout en maintenant des niveaux de production élevés.

La modélisation pour assister la conception de systèmes de culture

Les outils de modélisation sont intervenus à différents niveaux de ce projet : (i) pour mieux comprendre les mécanismes écologiques se déroulant au sein de l'agroécosystème, (ii) pour intégrer les connaissances et assister la conception de systèmes de culture et, (iii) pour assister l'évaluation de l'adoptabilité des systèmes de culture innovants dans différents contextes d'exploitations. Nous avons développé des outils de simulation se basant sur les connaissances existantes mais intégrant les spécificités des systèmes de culture bananiers. Ainsi le modèle SIMBA déjà développé a été adapté afin de prendre en compte les effets des plantes de couverture. Des formalismes permettant de simuler des peuplements plurispécifiques en conditions tropicales ont été développés, afin notamment de proposer des organisations spatiales de ces plantes de service, des résidus de culture, et des zones fertilisées dans les bananeraies. Un modèle de

simulation de l'épidémiologie spatiale du charançon du bananier (modèle COSMOS) a été développé. Ce modèle aide à organiser les habitats présents dans le système de culture dans l'espace et dans le temps ; par exemple, le modèle COSMOS aide à optimiser l'organisation spatiale de pièges à phéromones sur les parcelles.

Identifier les conditions d'adoption des innovations

Enfin, une étude *ex-ante* sur le potentiel d'adoption des innovations a établi les bases permettant de mieux définir des systèmes de culture adaptés à chaque type d'exploitation agricole. Les principaux freins à l'adoption de systèmes de culture innovants ont été identifiés à l'échelle de la filière et des acteurs impliqués.

Un modèle d'exploitation bananière a été développé. Les résultats des simulations montrent que les impacts des systèmes innovants peuvent varier considérablement selon le type d'exploitation dans lequel ils s'insèrent. D'une manière générale, les systèmes innovants amènent à une substitution des intrants chimiques par de la main d'œuvre. Dans le cas des cultures associées, cette substitution se fait au détriment du revenu des planteurs. Néanmoins les cultures associées de légumineuses semblent permettre une meilleure productivité de la bananeraie et conduisent à des niveaux de perte compatibles avec les niveaux de subventions autorisées par les contrats agri-environnementaux.

Nous avons étudié les conditions d'adoption des systèmes de culture innovants avec un modèle économétrique d'adoption à partir d'une enquête réalisée auprès de 607 exploitations. Ce modèle, estimé sur 3642 répétitions de choix de systèmes de culture, a révélé un taux moyen de prédiction de 70 %. Les taux d'adoption observés varient de 39 % pour les systèmes sans pesticides à 67 % pour les cultures de rotation, ce qui montre la nécessité d'étudier les facteurs d'adoption des innovations en dehors du revenu seul. L'étude a révélé l'importance de la prise en compte des interactions entre facteurs d'adoption, ce qui peut complètement inverser le rôle d'un facteur. Le niveau de réduction de pesticides apparaît ainsi réhibitoire pour certains planteurs alors qu'il influence positivement l'adoption pour les planteurs anticipant une interdiction des molécules.

ACQUIS EN TERME DE TRANSFERT

L'ensemble de nos travaux montre qu'il est possible de développer des systèmes de culture qui limitent très fortement l'usage des pesticides. Ce projet a permis d'établir les bases des pratiques culturales permettant la réduction des pesticides et de les intégrer dans des systèmes de culture. La prise en compte du niveau potentiel d'adoption de ces systèmes permet de définir ceux qui sont les plus adaptés en fonction du type d'exploitation considéré. Cependant, même si certains systèmes ont été évalués sur plusieurs années et sur plusieurs sites (voire même ont commencé à être adoptés, par exemple association bananier – soja pérenne), des ajustements techniques permettant de les optimiser (notamment au niveau économique) restent nécessaires. Cela va passer par l'utilisation de modèles de simulations développés

dans ce projet et, par le relais pris par les partenaires techniques (Institut Technique Tropical - IT²). Les acquis en termes de transfert ont donné lieu à 9 publications de vulgarisation.

PERSPECTIVES DE RECHERCHE

Les perspectives du projet SYBAN s'inscrivent dans la valorisation des résultats déjà acquis. En effet, à partir des connaissances acquises, il va être possible de définir des pratiques culturales (notamment de gestion des bioagresseurs : nématodes, charançons et adventices) qui pourront être transférées aux agriculteurs. Ensuite, des mécanismes devront également être approfondis (par exemple, le rôle des prédateurs généralistes dans le contrôle du charançon). Les méthodes, développées afin de comprendre le fonctionnement des systèmes de culture plurispécifiques, ont montré un intérêt qui dépasse celui des systèmes bananiers. Nous avons montré que les systèmes bananiers sont un modèle biologique particulièrement adapté pour étudier ces interactions complexes (compétition pour les ressources ou interactions entre communautés aériennes ou souterraines). Les outils de modélisation développés dans le cadre du projet SYBAN vont continuer à être utilisés par les différentes équipes pour poursuivre l'activité de conception de systèmes de culture limitant l'usage des pesticides. Il s'agira maintenant de construire, sur la base des connaissances acquises, des prototypes de systèmes de culture de seconde génération.

PERSPECTIVE DE TRANSFERT

Le transfert des systèmes de culture innovants développés dans ce projet va continuer et être optimisé pour les différentes conditions de sol et de climat. Ce transfert se fera principalement *via* les partenaires techniques (Institut Technique Tropical - IT²). Les résultats acquis dans ce projet pourront également, dans une certaine mesure, être transférés aux autres zones de production au niveau mondial, aussi bien pour celles destinées à l'exportation que celles produisant pour les marchés locaux. Dans ces autres cas, il sera particulièrement important de prendre en compte les contextes de production différents des Antilles.

FORMATION

Thèses de doctorat

- Ariste-Zéline Mylène, débutée en décembre 2008. Rôle des exsudats racinaires de crotalaires dans la régulation du nématode *Radopholus similis*, endoparasite du bananier.
- Blazy Jean-Marc, 2008. Evaluation *ex-ante* de systèmes de culture innovants par modélisation agronomique et économique : de la conception à l'adoption. Cas des systèmes de culture bananiers de Guadeloupe.
- Chabrier Christian, 2008. Survie et dissémination du nématode *Radopholus similis* (Cobb) Thorne dans les sols bruns-rouilles à halloysites (nitisols) : effets de l'état hydrique et des flux hydriques.

Henriet Céline, 2008. Silicon in banana : a soil-plant system approach.

Mollet Grégory, débutée en Septembre 2009. Etude des régulations biologiques de *Cosmopolites sordidus* dans les réseaux trophiques des bananeraies.

Vinatier Fabrice, 2010. Dynamique spatiale du charançon du bananier en interaction avec le système de culture et l'organisation paysagère.

VALORISATION

Articles scientifiques

Le projet SYBAN a donné lieu à 34 publications dans des revues avec comité de lecture, plus de 9 sont encore prévues. Voici une sélection de publications illustrant les résultats du projet SYBAN :

Blazy, J.M., Ozier-Lafontaine, H., Dore, T., Thomas, A. Wery, J., 2009. A methodological framework that accounts for farm diversity in the prototyping of crop management systems. Application to banana-based systems in Guadeloupe. *Agricultural Systems*, 101, 30-41.

Blazy, J.M., Dorel, M., Salmon, F., Ozier-Lafontaine, H., Wery, J. Tixier, P., 2009. Model-based assessment of technological innovation in banana cropping systems contextualized by farm types in Guadeloupe. *European Journal of Agronomy*, 31, 10-19.

Blazy, J.M., Tixier, P., Thomas, A., Ozier-Lafontaine, H., Salmon, F. Wery, J., 2010. BANAD: A farm model for ex ante assessment of agro-ecological innovations and its application to banana farms in Guadeloupe. *Agricultural Systems*, 103, 221-232.

Blazy, J-M, Carpentier, A., Thomas, A. 2010. The Willingness to Adopt Agro-ecological Innovations: Application of Choice Modelling to Caribbean Banana Planters. *Ecological Economics*, *sous presse*

Chabrier, C., Carles, C., Desrosiers, C., Quénéhervé, P. Cabidoche, Y.M., 2009. Nematode dispersion by runoff water: Case study of *Radopholus similis* (Cobb) Thorne on nitisol under humid tropical conditions. *Applied Soil Ecology*, 41, 148-156.

Dorel, M., Lakhia, S., Petetin, C., Bouamer, S. Risede, J.M., 2010. No-till banana planting on crop residue mulch: effect on soil quality and crop functioning. *Fruits*, 65, 55-68.

Dorel, M., Achard, R. Tixier, P., 2008. SIMBA-N: Modeling nitrogen dynamics in banana populations in wet tropical climate. Application to fertilization management in the Caribbean. *European Journal of Agronomy*, 29, 38-45.

Duyck, P.F., Pavoine, S., Tixier, P., Chabrier, C. Quénéhervé, P., 2009. Host range as an axis of niche partitioning in the plant-feeding nematode community of banana agroecosystems. *Soil Biology & Biochemistry*, 41, 1139-1145.

Duyck, P.F., Lavigne, A., Vinatier, F., Achard, R., Okolle, J. Tixier, P., 2011. Addition of a new resource in agroecosystems: do cover crops alter the trophic positions of generalist predators? *Basic and Applied Ecology*, 12, 47-55.

Henriet, C., Bodarwe, L., Dorel, M., Draye, X. Delvaux, B., 2008. Leaf silicon content in banana (*Musa* spp.) reveals the weathering stage of volcanic ash soils in Guadeloupe. *Plant and Soil*, 313, 71-82.

- Malezieux, E., Crozat, Y., Dupraz, C., Laurans, M., Makowski, D., Ozier-Lafontaine, H., Rapidel, B., de Tourdonnet, S. Valantin-Morison, M., 2009. Mixing plant species in cropping systems: concepts, tools and models. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 29, 43-62.
- Rhino, B., Dorel, M., Tixier, P. Risède, J.M., 2010. Effect of fallows on population dynamics of *Cosmopolites sordidus*: toward integrated management of banana fields with pheromone mass trapping. *Agricultural and Forest Entomology*, 12, 195-202.
- Risède, J.M., Chabrier, C., Dorel, M., Rhino, B., Lakhia, K., Jenny, C. Quénéhervé, C., 2010. Recent and up-coming strategies to counter plant-parasitic nematodes in banana cropping systems. *Acta Horticulturae*, 828, 117-127.
- Tixier, P., Salmon, F., Chabrier, C. Quénéhervé, P., 2008. Modelling pest dynamics of new crop cultivars: The FB920 banana with the *Helicotylenchus multicinctus*-*Radopholus similis* nematode complex in Martinique. *Crop Protection*, 27, 1427-1431.
- Tixier, P., Malezieux, E., Dorel, M. Wery, J., 2008. SIMBA, a model for designing sustainable banana-based cropping systems. *Agricultural Systems*, 97:139-150.
- Tixier, P., Lavigne, C., Alvarez, S., Gauquier, A., Blanchard, M., Ripoche, A. Achard, R., 2011. Model evaluation of cover crops, application to eleven species for banana cropping systems. *European Journal of Agronomy*, 34, 53-61.
- Vinatier, F., Chailleux, A., Duyck, P.F., Salmon, F., Lescourret, F. Tixier, P., 2010. Radiotelemetry unravels movements of a walking insect species in heterogeneous environments. *Animal Behaviour*, 80:221-229.
- Vinatier, F., Tixier, P., Le Page, C., Duyck, P.F. Lescourret, F., 2009. COSMOS, a spatially explicit model to simulate the epidemiology of *Cosmopolites sordidus* in banana fields. *Ecological Modelling*, 220, 2244-2254.

Communications dans des congrès

Le projet SYBAN a donné lieu à 21 communications à congrès, principalement dans les domaines de l'agronomie des systèmes de culture, de l'écologie, et de la protection des cultures.

SESSION 2 PESTICIDES ET MILIEUX NATURELS : ÉVALUATION A PRIORI ET SUIVI POST-HOMOLOGATION

Indicateurs pour l'évaluation de l'impact des produits phytosanitaires sur la composante microbienne de la qualité biologique des sols - **Guy SOULAS**

25

ECOMET - Étude comparée des effets de phytosanitaires et de produits de lutte anti-vectorielle sur les communautés microbiennes aquatiques d'écosystèmes tropicaux - **Christophe LEBOULANGER**

29

ERICOR - Évaluation du risque pesticides pour les récifs coralliens de la Réunion - **Jean TURQUET**

32



RESPONSABLE SCIENTIFIQUE

Guy SOULAS

INRA
UMR 1219 Œnologie INRA Université
V. Segalen Bordeaux 2
ISVV ; 210 chemin de Leysotte
33882 VILLENAVE D'ORNON CEDEX
Guy.soulas@oenologie.u-bordeaux2.fr

Pour tout renseignement :

Fabrice MARTIN-LAURENT

INRA
UMR 1229 / Microbiologie du sol et de
l'environnement
fabrice.martin@dijon.inra.fr

PARTENAIRES DU PROJET

Université Bordeaux 2 - UMR

Œnologie

Guy Soulas

Université de Pau - LEM

Robert Duran

INRA Dijon - UMR MGS

Fabrice Martin-Laurent

INRA Epoisses - Bretenières - UMR

PME

Diederik van Tuinen

ENSAIA Nancy - UMR AE

Emile Benizri

Université Nancy I - LIMOS

Corinne Leyval

Chambre d'Agriculture - CA 33 -

Blanquefort

Maxime Christen

CELESTA Lab - Montpellier

Xavier Salducci



INDICATEURS POUR L'ÉVALUATION DE L'IMPACT DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES SUR LA COMPOSANTE MICROBIENNE DE LA QUALITÉ BIOLOGIQUE DES SOLS

MOTS CLÉS

Bioindicateurs, structure et abondance de communautés microbiennes, cycle du carbone, cycle de l'azote, cycle du soufre, dégradation des pesticides, activités enzymatiques, diversité biochimique, nombre de copie de gènes fonctionnels, test de germination de spores, pouvoir de colonisation de champignons MA.

OBJECTIF

Nous avons tenté de vérifier l'hypothèse selon laquelle les micro-organismes sont des bioindicateurs potentiels de la qualité des sols et des instruments d'évaluation du risque lié à l'utilisation des pesticides. Ce travail a été organisé autour de deux axes.

Le premier, prospectif, visait à tester la valeur bioindicatrice de communautés microbiennes du sol assurant différentes étapes-clé des cycles du C, de l'N, du S et du P pour lesquelles les gènes ont été identifiés. Nous avons ainsi ciblé et suivi l'évolution quantitative de ces gènes sensée représenter celle des espèces microbiennes hôtes. Des tests d'activité potentielle ont également été mis au point. Les objectifs étaient de développer de nouveaux outils venant renforcer l'arsenal analytique actuel.

Le second axe thématique, plus opérationnel, visait à proposer un ensemble intégré de mesures de différents paramètres de taille, d'activité et de diversité des communautés microbiennes des sols conçu pour répondre à des critères techniques et économiques relatifs à des analyses de routine. Ces analyses sont conçues pour venir compléter la batterie de tests de « référence » déjà mis en œuvre dans les laboratoires d'analyse.

PRÉSENTATION DES TRAVAUX DE RECHERCHE

1. Les démarches expérimentales et les produits utilisés

Nous avons basé notre démarche sur trois types d'approches :

- Une approche basée sur un test écotoxicologique classique consistant à étudier les courbes dose-réponse de différents bioindicateurs microbiens pour un cocktail de pesticides utilisés en viticulture. L'objectif est de déterminer une caractéristique de danger, la Dose Létale 50 (DL50).
- Une approche, dite de pré-homologation, visant à étudier les modifications de différents bioindicateurs microbiens mesurés dans des sols « représentatifs » des sols français conservés en microcosmes au laboratoire, avec ou sans traitement, par le même cocktail de pesticides utilisé à la dose agronomique.
- Une approche, dite de post-homologation, consistant à suivre sur un dispositif expérimental de plein champ (Montagne Saint Emilion) cultivé en vignes et comparant différentes pratiques d'entretien des sols (enherbement, désherbage mécanique ou chimique), un ensemble de bioindicateurs microbiens après application du même cocktail de pesticides que celui utilisé au laboratoire.

Les pesticides étaient Teldor™ (fenhexamide à 1,5 mg MA/200g sol sec), Decis™ (deltaméthrine à 1,5µg MA/200g sol sec), et Acryptan™ (folpel à 3 mg MA/200g sol sec). Le cocktail a été appliqué directement sur le sol.

2. Les bioindicateurs sélectionnés

2.1. Bioindicateurs globaux

Deux bioindicateurs sont basés sur des caractéristiques de taille. La biomasse microbienne est mesurée après fumigation du sol avec du chloroforme. Le carbone micro-

bien libéré par la lyse cellulaire est extrait et mesuré. La mesure de la concentration en cellules microbiennes vivantes est basée sur le marquage différentiel de l'ADN des cellules microbiennes mortes et vivantes avec deux intercalants fluorescents. L'émission de lumière verte par les cellules vivantes est proportionnelle à la concentration cellulaire.

Quatre bioindicateurs sont basés sur des caractéristiques d'activité. L'activité respiratoire consiste à suivre pendant un temps donné la quantité de CO₂ issue de la minéralisation du carbone de la matière organique. L'activité FDA hydrolase, liée à l'activité de nombreuses enzymes intervenant dans la décomposition de la matière organique des sols, consiste à suivre l'hydrolyse de l'acétate de fluorescéine (FDA) et à mesurer la fluorescence émise par la fluorescéine libérée lors de cette hydrolyse. La mesure de l'activité déshydrogénase est basée sur la capacité de nombreuses enzymes à réduire un accepteur final d'électrons incolore en dérivé coloré. On suit le développement de la coloration et le temps nécessaire pour atteindre un niveau donné de coloration, ou temps critique, permet de comparer cette activité dans différentes situations. On a également déterminé l'azote potentiellement minéralisable en mesurant la quantité de composés azotés minéraux formés lors de la minéralisation de la matière organique du sol sur une période donnée.

Deux indicateurs sont en liaison avec la diversité microbienne. La diversité biochimique est basée sur la capacité de la communauté microbienne des sols à utiliser différents substrats carbonés. Nous avons utilisé le système des Ecoplaques BIOLOG®. La caractérisation de la diversité spécifique a été réalisée par des méthodes moléculaires. Après extraction de l'ADN des sols, on amplifie sélectivement (par réaction en chaîne utilisant une polymérase ou PCR) un ensemble des séquences ciblées ayant valeur phylogénétique, chacune d'elles étant liée à une espèce microbienne donnée. La séparation et le repérage de ces séquences permet d'obtenir des profils de bandes analogues à des codes-barres dont la complexité reflète la richesse en espèces.

2.2. Bioindicateurs spécifiques

Concernant le cycle du carbone, deux indicateurs ont été choisis. Le premier est la composition et l'abondance de la communauté microbienne intervenant dans la dégradation du protocatchuete, intermédiaire important de la dégradation des composés aromatiques de la MO des sols. Ce composé est dégradé par une enzyme (la 3,4-protocatchuete dioxygénase). La structure du gène responsable (gène *pcaH*) peut légèrement différer selon les souches microbiennes. L'identification des différentes formes de ce gène ainsi que la détermination du nombre de ses copies sont utilisées pour caractériser la diversité génétique ainsi que la taille de la microflore dégradant le protocatchuete. Le second indicateur est l'abondance des communautés microbiennes impliquées dans la dégradation de composés xénobiotiques : atrazine (gènes *atz*), isoproturon et du diuron (gènes *cat*), 2,4-D (gènes *tfd*), organophosphorés (gènes *mpd*) et hydrocarbures polyaromatiques (gènes *ndo*). Le nombre de copies de ces gènes est utilisé comme indicateur de la taille des communautés microbiennes impliquées dans ces dégradations.

Concernant le cycle de l'azote nous avons ciblé l'étape de nitrification. La transformation de l'ammonium en nitrite, contrôlée par le gène *amoA*, est l'étape limitante du processus. L'activité et l'abondance de la communauté microbienne nitrifiante ont été suivies, l'une par une méthode enzymatique, l'autre par la mesure du nombre de copies du gène *amoA*.

Concernant le cycle du phosphore, nous avons utilisé 4 tests. Le test de germination des spores des champignons mycorrhiziens à arbuscules, actuellement normalisé, consiste à placer des spores d'un champignon MA (*Glomus mosseae* BEG12) au contact du sol à tester. Après incubation, les spores sont récupérées et le pourcentage de spores germées est estimé. Le pouvoir de colonisation racinaire des champignons endomycorhizogènes, également normalisé, est estimé par un test MPN. Ce test permet de quantifier, par dilutions successives du sol, le nombre de propagules (spore, fragment racinaire ou mycélien) pouvant coloniser une racine d'une plante piège, le poireau. Un test de diversité spécifique des champignons MA est réalisé selon le même principe que pour les bactéries après extraction de l'ADN du sol et amplification sélective d'un gène ayant valeur phylogénétique. Les différents variants de ce gène sont amplifiés, séparés et identifiés. Une analyse quantitative de l'ensemble des Gloméromycètes, ainsi que de *Glomus mosseae* et *G. claroideum/etunicatum*, a été réalisée en déterminant le nombre de copies de gènes spécifiques de ces espèces fongiques.

Enfin, concernant le cycle du soufre, deux tests ont été mis au point. Le premier vise à déterminer la taille de la communauté bactérienne cultivable manifestant l'activité arylsulfatase (ARS) liée à l'utilisation du S organique avec formation de sulfates par une technique de MPN après étalement d'une suspension de sol sur un milieu de culture semi-sélectif où la seule source de soufre est un ester de sulfate lié à un agent chromogène. La dégradation de l'ester entraîne la coloration des souches responsables que l'on peut ainsi dénombrer. Le second test consiste à déterminer l'activité ARS totale potentielle après traitement d'un échantillon de sol avec du p-nitrophénylsulfate de potassium. Le p-nitrophénol coloré libéré dans la solution du sol est mesurée par colorimétrie après filtration de la suspension de sol.

3. Résultats majeurs

3.1. Etude « dose-réponse »

Pour les indicateurs globaux, seule la diversité biochimique indique un effet significatif du cocktail de pesticides qui se stabilise au delà de la dose 2,5x. Les bioindicateurs de taille et d'activité montrent une relative stabilité, la tendance observée d'une diminution des temps critiques n'ayant pas de signification statistique. L'abondance spécifique de la communauté microbienne intervenant dans la dégradation du protocatchuete ne diminue significativement que dans un sol, celui de Bordeaux, cet effet étant annulé 30 jours après l'apport des pesticides.

Le test de germination des spores des champignons MA montre une diminution faible et non significative de la

germination avec l'augmentation de la dose de pesticides. La quantité de Gloméromycètes et de *G. mosseae* estimée dans le sol de Bordeaux n'a permis d'observer une diminution significative de l'ensemble des Gloméromycètes qu'après 3 jours et uniquement à la dose 20x, cet effet s'annulant après 30 jours. Ce résultat pourrait être lié à la très faible teneur en champignons MA du sol.

Concernant l'activité arylsulfatase, la taille de la communauté bactérienne responsable est modifiée en fonction de la dose de produits phytosanitaires, mais différemment en fonction du type de sol : stimulation significative aux doses les plus fortes (10 et 20x) dans le sol de Martin-court et diminution significative dans le sol de Bordeaux. L'activité arylsulfatase n'est pas affectée par l'apport de pesticides.

3.2. Etude pré-homologation au laboratoire

Deux indicateurs globaux se sont avérés pertinents. Ainsi, 3 jours après traitement, l'augmentation de l'activité déshydrogénase dans les sols traités est très proche du niveau de signification statistique. Par ailleurs, 30 jours après traitement, les échantillons non traités ont mieux résisté à l'érosion de la diversité biochimique que les échantillons traités, comme en témoigne la différence statistiquement significative entre les indices correspondants de diversité biochimique. Aucun effet du mode d'entretien du sol n'a été détecté. La concentration en cellules vivantes n'est affectée ni par le traitement ni par le mode de conduite. La structure des communautés bactériennes totales ne dépend que du type de sol.

L'abondance de la communauté microbienne intervenant dans la dégradation du protocatéchuete, ainsi que la structure génétique de cette communauté (étude des différents variants du gène *pcaH*) révèle essentiellement une influence du type de sol.

L'activité nitrifiante potentielle ainsi que l'abondance spécifique de la communauté nitrifiante ne varient également qu'en fonction du type de sol.

Pour quatre des sols testés, le pourcentage de germination de spores est inchangé pour les échantillons prélevés immédiatement après traitement ou un mois après. L'enherbement peut cependant modifier les valeurs obtenues pour les deux prélèvements. La faible quantité de propagules de champignons endomycorhizogènes dans les sols ne permet pas d'obtenir de différences significatives du pouvoir mycorhizogène, y compris dans le sol enherbé de Bordeaux, plus riche, où une tendance, statistiquement non significative, de réduction du nombre de propagules est observée 30 jours après traitement. Neuf espèces de champignons endomycorhizogènes ont été identifiées dans les sols de Martin-court et de Bordeaux. Enfin, l'analyse quantitative des Gloméromycètes et *G. mosseae* dans le sol de Martin-court révèle une réduction de près de 50 % 3 jours après l'apport du cocktail pesticide. Cet effet a disparu après 30 jours. Il n'est pas confirmé sur les sols de Bordeaux.

La taille de la communauté bactérienne cultivable manifestant l'activité ARS ne demeure pas stable au cours du

temps. Son augmentation suite à l'apport de pesticides n'est pas statistiquement significative, le seul effet significatif obtenu étant lié au type de sol. La mesure de l'activité arylsulfatase demeure stable au cours du temps, y compris après apport de pesticides. Là encore, seul l'effet « type de sol » est significatif. Des séquences génétiques en liaison avec le gène impliqué sont en cours d'identification.

3.3. Etude post-homologation

Nous avons mis en œuvre une première série d'indicateurs de référence : la biomasse microbienne déterminée par une technique biocidale, l'activité respiratoire mesurée par le dégagement de CO₂, l'activité FDA hydrolase et l'activité potentielle de minéralisation de l'azote. Quel que soit l'indicateur retenu, aucune différence significative n'a pu être mise en évidence suite au traitement pesticide ou même en fonction du mode de conduite.

Nous avons également suivi la concentration cellulaire bactérienne vivante qui n'a révélé aucune différence entre échantillons traités ou non traités ainsi qu'entre les sols soumis à différents modes de conduite. Si l'activité déshydrogénase tend à être supérieure dans les sols des parcelles enherbées, cette tendance disparaît après apport des pesticides. Par contre, si l'analyse de la diversité biochimique ne permet pas de mettre en évidence des effets liés au traitement pesticide, on observe des différences significatives liées au mode de désherbage.

Enfin, l'abondance du gène impliqué dans la transformation du protocatéchuete exprimé relativement à l'abondance de la communauté bactérienne globale ne révèle aucune différence statistiquement significative liée au mode d'entretien des sols.

4. Conclusion

Au regard des résultats présentés, on peut conclure que globalement, en utilisant un ensemble de bioindicateurs pris à différents niveaux d'organisation biologique, l'impact du cocktail de pesticides choisi (folpel, déltaméthrine et fenhexamide) sur la microflore de différents sols reste toujours très limité, souvent à la limite de la signification statistique, voire nul.

Ainsi, parmi les différents bioindicateurs globaux, biomasse microbienne, activité FDA hydrolase, activité respiratoire, azote potentiellement minéralisable, concentration en cellules bactériennes vivantes, activité déshydrogénase, diversité biochimique et structure spécifique, seules la diversité biochimique ainsi que dans certains cas, l'activité déshydrogénase sont les indicateurs qui permettent de mettre en évidence un effet lié à la présence de pesticides ainsi, d'ailleurs, qu'au mode d'entretien du sol.

Concernant les champignons mycorhizogènes à arbuscules (MA), seuls les deux tests de germination des spores et de mesure du pouvoir de colonisation se sont avérés positifs, bien que statistiquement non significatifs. L'analyse de l'impact écotoxicologique des pesticides testés sur la structure, l'abondance et la diversité de communautés fonctionnelles des sols impliquées dans le cycle du carbone (communauté *pca*) et de l'azote (communauté *amoA*) a montré que globalement ces marqueurs

étaient peu affectés par l'application du cocktail.

De même, l'apport de produits phytosanitaires n'a aucun impact sur l'activité arylsulfatase potentielle totale, quels que soient le type de sol utilisé, la dose considérée (y compris jusqu'à à 20 fois la dose agronomique) et le temps d'incubation.

Au-delà du manque de sensibilité apparent des différents bioindicateurs, les conditions dans lesquelles ils ont été testés ne sont pas optimales. En particulier, les caractéristiques des produits phytosanitaires choisis, Koc élevés (deltaméthrine et folpel), volatilité importante (folpel) et demi-vie très courte (fenhexamide), contribuent probablement à limiter leurs effets sur les organismes vivants.

ACQUIS EN TERME DE TRANSFERT

Norme ISO : Soil quality - Method to directly extract DNA from soil samples – ISO CD11063

PERSPECTIVES DE RECHERCHE

Mise en place en 2011 d'un suivi de l'évolution d'indicateurs microbiens du sol sur un dispositif expérimental de terrain et comparant trois systèmes de conduite de la vigne (raisonné, biologique et utilisant des plantes résistantes au mildiou et à l'oïdium).

PERSPECTIVE DE TRANSFERT

Essais microbiens standardisés pour apprécier l'état biologique des sols.

VALORISATION

Articles scientifiques

Pascaud, A., S. Amellal, M.-L. Soulas, and G. Soulas. 2009. A fluorescence-based assay for measuring the viable cell concentration of mixed microbial communities in soil. *Journal of Microbiological Methods* 76:81-87.

Pascaud A., Soulas M.-L., Amellal S. et Soulas G ; An integrated analytical approach for assessing the biological status of the soil microbial community (soumis à un numéro spécial de EJSB sur les indicateurs de qualité des sols)

El Azhari, N; Bru, D; Sarr, A, Martin-Laurent F. 2008. Estimation of the density of the protocatechuate-degrading bacterial community in soil by real-time PCR. *European Journal of Soil Science* 59: 665-673

El Azhari N, Devers M, Chatagner G, Rouard N and Martin-Laurent F. 2009. *catA* as a molecular marker of the catechol-degrading community in soil. *Journal of Hazardous Material* (en revisions)

Communications dans des congrès

Rivera-Becerril F, Chatagnier O., Martin-Laurent F, Gianinazzi-Pearson V et van Tuinen D. Changes in the Glomeromycota community in soils treated with a mix of pesticides. VI Symposium Nacional y III Reunion Iberoamericana de la Simbiosis Micorrizica (6-10 Septembre 2010). Tlaxcala, Mexique. (poster)

Rivera-Becerril F, Beguet J, Rouard N, Soulas G, Martin-Laurent F. Effet d'un cocktail de pesticides sur une communauté bactérienne fonctionnelle du sol impliquée dans la dégradation de composés aromatiques. 4^{ème} Colloque de l'Association Francophone d'Ecologie Microbienne, 30 Août 2 Septembre 2009, Lyon, France. (poster)

Rivera-Becerril F, Martin-Laurent F, Chatagnier O, Kuszala C, Rouard N, Gianinazzi-Pearson V, van Tuinen D. *Arbuscular mycorrhizal fungi, a tool to access the side effects of pesticides used in grapevine production*. ICOM 6, 9-14 Août 2009, Belo Horizonte, Brésil (poster). Communication au 6th International Conference on Mycorrhiza ICOM6 « Beyond the roots ». 9 au 14 août 2009, Belo Horizonte, Brésil.

RESPONSABLE SCIENTIFIQUE

Christophe LEBOULANGER

IRD

UMR 5119 ECOSYM

SMEL

2 rue des Chantiers

34200 SÈTE

christophe.leboulanger@ird.fr

PARTENAIRES DU PROJET

IRD – UMR 238 ECOSYM, Université Montpellier II

Marc Bouvy, Claire Carré, Christophe Leboulanger

IRD – UMR 183 G-EAU, Montpellier

Philippe Cecchi

IRD – UMR 213 LOPB, Centre d'Océanologie de Marseille

Marc Pagano

INRA – UMR CARRTEL, Thonon-les-Bains

Agnès Bouchez

BRGM – Métrologie, Orléans

Laurence Amalric

IPGP – Laboratoire Géochimie des Eaux, Universités Paris 7 Diderot

Gérard Sarazin



ECOMET - ÉTUDE COMPARÉE DES EFFETS DE PHYTOSANITAIRES ET DE PRODUITS DE LUTTE ANTI-VECTORIELLE SUR LES COMMUNAUTÉS MICROBIENNES AQUATIQUES D'ÉCOSYSTEMES TROPICAUX

MOTS CLÉS

Bactérioplancton, phytoplancton, zooplancton, microcosmes, comparaison tropical/tempéré.

OBJECTIF

Le projet ECOMET s'inscrit dans l'évaluation du risque environnemental lié à l'utilisation des pesticides dans les zones tropicales, actuellement sous-représentées et peu connues dans ce contexte. Cette partie de l'évaluation du risque, pour laquelle le bon état écologique des milieux naturels ou anthropisés est l'objectif à atteindre, repose sur un corpus de connaissances scientifiques construit depuis plus d'un demi-siècle, traduites et exploitées pour établir des outils opérationnels et réglementaires. Pour des raisons historiques et économiques, cette co-construction scientifique, politique et sociale s'est déroulée principalement dans l'hémisphère nord et sa zone tempérée, en lien avec le développement économique et industriel, et la généralisation de l'agriculture intensive dans les pays les plus riches. La zone inter-tropicale, pourtant concernée par les usages de pesticides et la contamination de l'environnement qui peut en découler, a été relativement oubliée dans le domaine de l'évaluation du risque ; la mondialisation des échanges commerciaux, la généralisation des pratiques intensives, et la pression anthropique accrue sur les écosystèmes tropicaux nécessite la prise en compte urgente de leurs spécificités climatiques, écologiques et biologiques pour assurer dans un futur proche une meilleure gestion du risque environnemental lié à l'utilisation des pesticides.

Les biocides, et plus particulièrement les phytosanitaires et les produits de lutte anti-vectorielle, sont nécessaires pour permettre une augmentation des rendements culturels et contenir ou prévenir les flambées épidémiques de maladies véhiculées par les insectes dans les régions tropicales. Ces zones représentent en sus un marché important pour les établissements industriels de la chimie, notamment dans les pays les moins avancés, pour perpétuer la commercialisation de molécules jugées par ailleurs non désirables dans les pays du Nord (cas de l'atrazine par exemple). On peut donc raisonnablement s'attendre à ce que des problèmes identifiés notamment en France métropolitaine (contamination des eaux de surface et souterraine par exemple) soient également prégnants dans ces environnements, où l'impossibilité de mettre en œuvre efficacement la régulation des usages est à l'extrême amplifiée par le commerce parallèle de molécules et de formulations « douteuses », parfois retrouvées sur les marchés locaux.

Le milieu aquatique est par essence le récepteur de bon nombre des effluents issus de l'activité humaine, en même temps qu'il représente une ressource vitale pour la vie des sociétés, que ce soit pour l'alimentation en Eau Potable (AEP), l'irrigation, la production aquacole, les usages domestiques et industriels... Cette ressource est rare pour les deux tiers des habitants de la planète, et les usages volontaires (utilisation) ou non (pollution) sont souvent antagonistes. Avant de poser des problèmes directs de santé humaine, toute pollution peut générer des perturbations du fonctionnement écologique des écosystèmes aquatiques. Ces perturbations peuvent à leur tour générer des nuisances supplémentaires : modification du fonctionnement trophique ayant des répercussions sur la production piscicole, eutrophisation, apparition d'efflorescences

algales potentiellement toxiques, érosion de la biodiversité...

Il est possible de détecter ces effets en s'intéressant à la dynamique du fonctionnement des communautés planctoniques (bactéries, phytoplancton, zooplancton) du fait de la rapidité du cycle de vie de ces organismes (de quelques heures à quelques semaines) qui en font des révélateurs précoces des pollutions et des déséquilibres qu'elles induisent.

Plus spécifiquement, les objectifs scientifiques du projet étaient de trois ordres :

- S'approprier des modèles d'organismes isolés de milieux tropicaux, afin de comparer leurs performances à celles de modèles d'origine tempérée au laboratoire ;
- Evaluer des protocoles expérimentaux simplifiés pour une estimation *in situ* de la sensibilité de communautés naturelles isolées de leur milieu ;
- Tester expérimentalement les perturbations induites par l'exposition de l'ensemble d'une communauté microbienne tropicale à un pesticide donné, qu'elles s'expriment de manière directe ou indirecte par cascades trophiques.

PRÉSENTATION DES TRAVAUX DE RECHERCHE

Le projet ECOMET avait pour but d'évaluer la sensibilité de microorganismes aquatiques tropicaux d'eau douce envers plusieurs produits phytosanitaires et de lutte anti-vectorielle. Cette sensibilité a ensuite été comparée à celles d'organismes modèles classiques répandus dans l'évaluation du risque, et à celle d'autres organismes modèles choisis pour leur proximité phylogénétique (au niveau de la classe ou du genre...) et écologique (rôle trophique supposé, position trophique...) avec ceux définis pour le milieu tropical. Cet aller-retour entre connaissances acquises au laboratoire et expérimentation sur communautés naturelles doit permettre de mettre en cohérence les évaluations des effets toxiques *a priori* et *a posteriori*, et au final d'envisager une approche prédictive des effets des contaminants sur les communautés microbiennes des milieux aquatiques tropicaux

L'hypothèse principale justifiant le choix d'étudier les communautés planctoniques présentes dans les retenues collinaires de Mayotte était que celles-ci, du fait de l'absence historique d'une agriculture intensive sur les bassins versants et de la protection apportée pour préserver la ressource en eau potable, étaient vierges de toute contamination par les pesticides. La recherche de phytosanitaires dans les plans d'eau terrestres de Mayotte, entreprise lors de chaque mission de terrain en 2007, 2008 et 2009 a cependant révélé des surprises, puisque certains pesticides ou adjuvants ont été retrouvés en concentrations significatives. Dans les retenues collinaires et leurs affluents, ce sont le difénoconazole et le propiconazole (fongicides) qui ont été détectés pour les phytosanitaires, et l'insecticide chlorpyrifos-éthyle et un adjuvant, le butoxyde de pipéronyle (adjuvant classique du fénitrothion dans la lutte anti-vectorielle). Il apparaît donc abusif de considérer les écosystèmes

aquatiques de Mayotte comme totalement vierges de contamination par les pesticides.

La démarche de notre travail a consisté à évaluer les effets des molécules choisies sur des systèmes biologiques de complexité croissante : cultures de bactéries et de phytoplancton, élevages de zooplancton représentant la complexité la plus faible, les populations correspondantes isolées du milieu une complexité intermédiaire, et les communautés planctoniques dans leur ensemble le niveau de complexité maximal.

Concernant les expérimentations au laboratoire, sur bactéries, phytoplancton et zooplancton, nous avons montré qu'aucune règle générale ne conditionnait la sensibilité des organismes tropicaux par rapport à leurs équivalents tempérés. L'organisme tropical choisi comme modèle pour le zooplancton, le cycloptide *Mesocyclops aspericornis*, s'est avéré particulièrement tolérant aux insecticides fénitrothion et téméphos relativement à son équivalent isolé de France métropolitaine. Tous les résultats obtenus ont été confrontés aux données comparables issues de bases de données internationales.

Les populations naturelles de phytoplancton et de zooplancton, isolées des retenues de Combani et Dzoumogné, ont été exposées sur de courtes durées (3 jours) à des concentrations croissantes de chaque pesticide modèle. Les effets observés ont été contrastés : seul le diuron, un herbicide, a montré une spécificité d'action envers le phytoplancton, alors que le paraquat, également composé herbicide, a montré une forte toxicité pour les deux espèces de zooplancton étudiées, et que l'insecticide fénitrothion montrait une toxicité à forte dose également pour le phytoplancton. Plus spécifiquement pour le zooplancton, l'espèce, le stade de développement et l'origine des organismes ont modifié leur réponse aux toxiques.

Enfin, des expérimentations ont été menées en 2008 et 2009 à Mayotte, pour exposer en conditions semi-naturelles, les communautés planctoniques des retenues de Combani et Dzoumogné. Trois molécules ont été testées à deux doses différentes, pour évaluer leurs effets sur la structure et les fonctions des diverses populations présentes au cours d'incubations de six jours. Le bactérioplancton s'est montré peu sensible aux pesticides, avec des évolutions transitoires dans ses capacités métaboliques. Le phytoplancton, modérément affecté dans sa biomasse totale, a cependant été modifié dans sa structure (espèces et abondances individuelles), principalement par l'herbicide paraquat et l'insecticide fénitrothion. Des changements dans la structure de taille des organismes ont également été observés. Le zooplancton s'est avéré très sensible au paraquat, modérément au fénitrothion, et légèrement au diuron. Un effet inattendu a été observé pour les flagellés hétérotrophes (organismes unicellulaires eucaryotes), fortement impactés par les deux herbicides. Ces expérimentations ont permis de montrer que les communautés planctoniques tropicales des deux réservoirs de Mayotte étaient sensibles aux pesticides testés, même à court terme, et que certains effets ne pouvaient pas être prédits du mode d'action connu de la molécule en cause.

Les résultats obtenus au cours du projet ECOMET montrent la grande variabilité des réponses des microorganismes aquatiques issus d'écosystème tropicaux lors de leur exposition aux pesticides. Il n'est pas possible à ce stade de généraliser sur le caractère plus ou moins sensible des organismes tropicaux comparés à leurs équivalents de milieux tempérés ; cependant, les méthodes et protocoles mis en œuvre au cours de l'étude nous ont permis d'acquérir des résultats probants et significatifs et doivent permettre la collecte de données complémentaires dans un cadre à visée réglementaire. La définition de modèles biologiques et de protocoles d'évaluation à caractère standardisé devrait être assurée pour permettre une meilleure évaluation du risque lié aux pesticides en milieu tropical. Ce travail est actuellement une des priorités scientifiques au niveau international, comme l'attestent les publications de plus en plus nombreuses depuis ces cinq dernières années.

PERSPECTIVES DE RECHERCHE

Les perspectives de recherche dégagées à la suite de ce projet sont de plusieurs ordres. Sur le plan de l'évaluation du risque, la validation de modèles biologiques dédiés à l'écotoxicologie tropicale est à envisager, passant par la définition de modèles consensuels de microalgues et de zooplancton, comparables à ceux employés en écotoxicologie tempérée, et à l'appréciation de la représentativité de ces modèles (ubiquité, rôle fonctionnel...) dans les écosystèmes concernés. Par ailleurs, l'appréciation des effets biologiques des contaminations des milieux aquatiques par les pesticides est un champ de recherches ouvert, que ce soit pour l'évaluation des effets indirects ou des mélanges de contaminants par exemple.

PERSPECTIVE DE TRANSFERT

Les protocoles employés au cours du projet ECOMET pour évaluer la sensibilité des populations et communautés planctoniques naturelles peuvent être proposés comme outils d'évaluation du risque *a priori*, dédiés à l'étude de cas.

Le soutien de projets scientifiques similaires, pour compléter les connaissances sur l'écotoxicologie des communautés tropicales, est à envisager. De même, il serait profitable d'entreprendre un inventaire des modèles biologiques tropicaux utilisés en écotoxicologie aquatique, qui pourraient faire l'objet d'une normalisation. Ceci permettrait par la suite de proposer des outils d'évaluation dédiés aux ROM-COM par exemple.

Les limites de cette entreprise tiennent aux spécificités locales des milieux à prendre en compte : contextes climatique et hydrologique, type de pression sur les milieux, usages... Ceci dépasse le champ de la recherche fondamentale et appelle une collaboration entre scientifiques, organismes d'évaluation et de régulation, et gestionnaires locaux.

FORMATION

Rapports de stage

- Da Silva C (2007) Mastère 1e année BIMP Univ. Montpellier II
- Da Silva C (2008) Mastère 2e année BGAE Systèmes Microbiens Université Montpellier II
- Paupert JY (2009) Mastère 1ère année Microbiologie et Biotechnologies Université de Pau et des Pays de l'Adour
- Saint Martin M (2009) DU technicien de Laboratoire CRP Beauvoir
- Schwartz C (2010) Mastère 1ère année Microbiologie Université de Marseille
- Somville P (2010) Mastère 1ère année Microbiologie Université de Marseille

VALORISATION

Articles scientifiques

- Leboulanger C, Bouvy M, Pagano M, Dufour RA, Got P, Cecchi P (2009) Responses of planktonic microorganisms from tropical reservoirs to paraquat and deltamethrin exposure. *Arch Environ Contam Toxicol* 56: 39-51
- Leboulanger C, Bouvy M, Carré C, Cecchi P, Amalric L, Bouchez A, Pagano M, Sarazin G. A comparison of the effects of two herbicides and an insecticide on tropical freshwater plankton in microcosms. *Arch Environ Contam Toxicol* (sous presse AECT-D-10-2521)
- Leboulanger C, Schwartz C, Somville P, Diallo AO, Pagano M. Sensitivity of two *Mesocyclops* (Crustacea, Copepoda, Cyclopidae) from tropical and temperate origins, to the herbicides diuron and paraquat, and the insecticides temephos and fenitrothion. (Soumis à *Bull Environ Contam Toxicol* BECT-S-11-00139)
- Leboulanger C, Bouchez A. Effects of temperature on temperate and tropical phytoplankton sensitivity to three pesticides. (En préparation pour *Bull Environ Contam Toxicol*)
- Bouvy M, Amalric L et coll. Bacteriological and chemical water quality in two tropical freshwater reservoirs (Mayotte Island, Mozambic Channel): ecological and human health risks. (En préparation pour *Knowledge Managt Aquatic Ecosyst*)
- Bouvy M, Bouchez A et coll. Changes in eucaryotic and procaryotic diversity in tropical aquatic microbial communities exposed to pesticides (En préparation)
- Pagano M, Leboulanger C et coll. Short term effects of pesticides on zooplankton from tropical reservoirs. (En preparation)

Communications dans des congrès

- 40e congrès du Groupe Français des Pesticides (Banyuls-sur-Mer, mai 2010) – Conférence orale sur le projet ECOMET (C. Leboulanger)
- Journées Internationales de Limnologie (Thonon-les-Bains, octobre 2010) – Conférence orale sur le projet ECOMET (A. Bouchez)

RESPONSABLE SCIENTIFIQUE

Jean TURQUET

ARVAM - Agence pour la Recherche et la Valorisation Marines
C/o CYROI, 2 rue Maxime Rivière,
97490, SAINTE CLOTILDE
La Réunion
jean.turquet@arvam.com

PARTENAIRES DU PROJET

ARVAM, Agence pour la Recherche et la Valorisation Marines

Jean Turquet, Fabien Tona, Matthieu Lajeunesse, Harold Cambert, Aurélie Vion, Morgane Hubert, Matthieu Dussauze, Fanette Barraquet

Ifremer - Laboratoire d'Ecotoxicologie - Département Biogéochimie et Ecotoxicologie

Françoise Quiniou, Sabine Stachowski-Haberkorn, Geneviève Arzul, Romain Davy, Alban Viaud

Institut Pasteur de Lille - Laboratoire du Littoral

Régis Delesmont, Edith Delesmont
IDHESA Bretagne Océane, Institut départemental d'analyses, de conseil et d'expertise en hygiène alimentaire, eau et environnement et santé animale

Gaël Durand, Gwendolina Limon



ERICOR - ÉVALUATION DU RISQUE PESTICIDES POUR LES RÉCIFS CORALLIENS DE LA RÉUNION

MOTS CLÉS

Pesticides, écotoxicité, récif corallien, coraux, bio essais, pollusensibilité.

OBJECTIF

Les produits phytosanitaires sont employés de façon courante (et en quantité croissante) à La Réunion depuis des années. Le problème du risque environnemental lié à l'utilisation de pesticides doit être analysé de façon globale dans un contexte plus ample d'usages multiples de phytosanitaires sur la durée, et ce, dans un contexte d'environnement tropical.

Les dangers de ces molécules pour l'environnement marin et *a fortiori* récifal sont sous documentés, voire méconnus ; quant aux expositions, elles sont quasi totalement inconnues. Les impacts potentiels de ces molécules rendent nécessaire la mise en place, de manière urgente, d'une évaluation du risque sur les écosystèmes sensibles que sont les récifs coralliens et l'environnement côtier des îles dans les régions tropicales. Cette évaluation du risque écotoxicologique associée à l'exposition des récifs coralliens à des polluants toxiques constitue une démarche essentielle à la mise en œuvre de mesures de prévention et de protection des écosystèmes. Elle implique plusieurs démarches complémentaires, en particulier (i) la connaissance des effets de ces produits phytosanitaires sur les organismes marins et plus spécifiquement les peuplements récifaux ; (ii) la connaissance du degré de pollusensibilité des espèces récifales majeures ; la connaissance de l'exposition des peuplements récifaux aux produits employés à La Réunion ; la surveillance de l'environnement marin récifal, par l'analyse de la contamination des différents compartiments (eau, sédiment, organismes dominants) par les molécules de pesticides.

Le présent projet porte essentiellement sur les évaluations du degré de pollusensibilité des organismes dominants, et / ou d'importance écologique pour l'écosystème récifal. Ces évaluations reposent sur l'adaptation de bioessais d'écotoxicité existant pour le milieu marin aux espèces spécifiques des zones tropicales, et plus particulièrement aux récifs coralliens. Associé aux programmes en cours, tels que les réseaux de surveillance (par l'analyse de la contamination des différents compartiments par les polluants toxiques), ce projet participe à l'évaluation du danger, de l'exposition et l'analyse du risque pour les récifs coralliens.

L'objectif général du programme ERICOR est de compléter dans une optique opérationnelle, la connaissance des dangers pour les écosystèmes coralliens liés à la présence chronique ou aiguë (accidentelle) de pesticides.

Ainsi les résultats attendus portent sur trois niveaux d'action :

- mettre au point des bioessais spécifiques au contexte tropical pour la recherche de toxicité des pesticides utilisés localement ;
- compléter l'évaluation de la toxicité des principales molécules utilisées localement par des tests sur des organismes récifaux ;
- disposer d'outils adaptés au niveau local pour l'analyse du risque en cas de crise aiguë et de gestion des pratiques agricoles en amont des zones coralliennes.

PRESENTATION DES TRAVAUX DE RECHERCHE

Le principal aspect innovant du programme concerne l'adaptation de bioessais existants à des espèces spécifiques aux écosystèmes coralliens.

L'évaluation du risque recommandé par le guide d'évaluation des risques (Technical Guidance Document - TGD) porte sur six niveaux trophiques (bactérie, phytoplancton, crustacé, mollusque, échinoderme et poisson). Cinq de ces niveaux ont été abordés

dans ERICOR. En complément, un niveau trophique spécifiquement tropical a été abordé : les coraux (cnidaires). Cinq bioessais spécifiques du milieu marin tropical ont été mis au point et testés sur six substances pesticides. Ce sont ainsi trois herbicides (diuron, glyphosate et S-métolachlore), deux insecticides (deltaméthrine et carbofuran) et un fongicide (carbendazime) qui ont été ciblés par le projet. Ce choix a été guidé par l'importance de leur utilisation au niveau local, leur présence dans l'environnement et leur mode d'action.

Le phytoplancton a été traité au travers de deux espèces tropicales et comparé à une espèce tempérée. Adaptés de la Norme NF EN ISO 10253, les bioessais développés se sont intéressés à des navicules, diatomées benthiques classiquement rencontrées dans les récifs coralliens. La deuxième espèce ciblée était *Symbiodinium* sp. symbionte des coraux qui se cultive *in vitro* au laboratoire. L'essai « tempéré » utilise une diatomée planctonique *Phaeodactylum tricornutum*.

L'ensemble des essais effectués montre une similitude de réponse entre les espèces tropicales et la diatomée tempérée, testées dans des conditions expérimentales propres. Ces trois modèles se sont avérées très sensibles au diuron et S-métolachlore, deux des trois herbicides testés.

Les essais sur les échinodermes ont été réalisés sur deux espèces d'oursins : *Echinometra mathei* (très répandue sur les récifs coralliens de La Réunion) et *Paracentrotus lividus* (oursin tempéré). Ils mesurent la toxicité d'une substance sur le développement embryo-larvaire d'oursin.

L'adaptation du protocole à l'espèce tropicale a été aisée à mettre en œuvre, et les résultats obtenus indiquent que leur sensibilité est très proche. Des exercices d'inter-calibration permettraient de valider l'emploi de cette espèce tropicale pour des études locales.

Ces espèces s'avèrent très sensibles au carbendazime (fongicide) et une toxicité de la deltaméthrine est aussi notée avec des valeurs de NOEC de 135 et 597 µg/L relevées respectivement pour l'oursin tropical et tempéré. Cette molécule a déjà été retrouvée dans l'environnement marin de La Réunion dans des oursins analysés lors de la crise du Chikungunya. Ce résultat interpelle sur la dangerosité de ce produit pour des invertébrés marins.

Un bioessai corail a été mis au point, afin d'obtenir des informations de toxicité aiguë sur des colonies maintenues *in vitro*, dans des conditions de laboratoire bien maîtrisées. L'utilisation de microboutures de colonies de *Pocillopora meandrina* présente l'avantage de limiter les prélèvements dans le milieu, et ainsi de disposer d'un nombre suffisant d'organismes pour répéter les différentes séries d'essais. La mise au point de ce bioessai a été longue, c'est pourquoi les résultats obtenus sont incomplets.

Seul le carbendazime a un effet toxique sur les colonies coralliennes avec une NOEC calculée de 350 µg/L. Généralement, les paramètres mesurés directement sur les coraux (comme la survie) sont peu sensibles aux différentes molécules testées. La sensibilité est par contre très importante dès que l'on aborde les symbiontes. Dans le programme ERICOR, nous avons abordé ce point au travers de la culture *in vitro* de souches de zooxanthelles

(cf. § phytoplancton) qui montrent une grande sensibilité au diuron.

Pour appréhender l'impact potentiel d'un toxique sur les coraux, il est donc complémentaire de réaliser simultanément un essai sur microcolonie et un essai sur la croissance *in vitro* de *Symbiodinium* sp.

Les essais sur les poissons ont été adaptés à des embryons vésiculés d'espèces tempérées (le bar commun, *Dicentrarchus labrax*) et tropicales (l'ombrine tropicale *Sciaenops ocellatus*), qui présentent de nombreux avantages, comme une réduction significative des volumes à tester, un temps de mise en place court, et une sensibilité accrue.

Ces essais sont nouveaux mais sont des outils très prometteurs en remplacement de ceux sur les juvéniles de poissons classiquement réalisés en écotoxicologie, ces derniers devant être soumis à la réglementation européenne sur l'expérimentation animale (Directive du 22 septembre 2010).

Ce modèle a montré une grande sensibilité aux insecticides testés, le carbofuran et la deltaméthrine.

Pour les crustacés et bivalves seuls des essais sur modèles tempérés ont été réalisés, en suivant les normes en vigueur (FD ISO 14 669 et XP T90-382).

En effet, les essais d'adaptation à des modèles tropicaux n'ont pas abouti à des techniques probantes. Plusieurs pistes de développement en zone tropicale sont lancées : (i) sur l'huître perlière *Pinctada margaritifera*, dont le cycle de reproduction doit être étudié au niveau local, (ii) sur des bénitiers, organismes classiquement rencontrés sur les récifs coralliens dont l'élevage est maîtrisé.

Le développement de mésocosmes et l'élevage de copépodes tropicaux semblent être une alternative à étudier pour les prochaines années pour le développement des essais sur les crustacés. Ce niveau trophique est particulièrement intéressant pour l'étude des insecticides.

Tous ces groupes ont donné des résultats toxicologiques différents en fonction des substances actives testées. Les molécules ciblées par le programme ont induit un effet sur au moins une des cibles. L'approche écotoxicologique basée sur l'utilisation ces bioessais existants et mis au point s'avère assez large.

Cependant certains niveaux trophiques ne sont pas pris en compte dans le TGD marin. Il serait très important de s'intéresser aux macroalgues qui jouent un rôle non négligeable dans les écosystèmes littoraux, estuariens et tropicaux.

ACQUIS EN TERME DE TRANSFERT

L'un des résultats majeurs est le transfert des techniques normalisées aux acteurs réunionnais et le développement d'un essai simple de toxicité aiguë sur le corail, organisme emblématique des récifs coralliens.

Le programme ERICOR a permis le développement d'échanges, la mise en place de collaborations entre les quatre principaux laboratoires initiateurs du projet (AR-VAM, IPL, Ifremer et Idhesa) complémentaires et spécialisés dans la recherche et la surveillance sur les contaminants dans l'environnement marin.

PERSPECTIVES DE RECHERCHE, DE TRANSFERT

Les perspectives de recherche portent sur la poursuite dans le développement des bioessais jusqu'à leur standardisation, en particulier pour le test sur les coraux. Ce type d'organisme a un rôle écologique fondamental sous les tropiques, et reste peu étudié.

Des modèles restent non abordés au niveau tropical, comme les mollusques et crustacés, ainsi le développement de bioessais spécifiques devrait être entrepris. De plus, certains niveaux trophiques ne sont pas pris en compte dans le TGD marin. Il serait très important de s'intéresser aux macroalgues qui jouent un rôle non négligeable dans les écosystèmes littoraux, estuariens et tropicaux.

En parallèle, l'analyse du risque nécessite l'amélioration des techniques de détection des molécules dans l'environnement. Le développement d'outils de mesure comme l'échantillonnage passif permet d'améliorer la qualité de la surveillance chimique des masses d'eaux côtières. Les premiers essais ont mis en évidence une contamination des eaux côtières qui pour certains composés comme l'endosulfan, l'endrine, et le lindane sont au delà des NQE-MA (norme de qualité environnementale/moyenne annuelle). La technique des POCIS (échantillonneurs passifs) a aussi permis la détection de substances pharmaceutiques comme la caféine, le paracétamol, la théophylline, le terbuthylazine, dont les dangers pour l'environnement marin tropical restent inconnus.

Dans la perspective de l'évaluation à venir des substances chimiques potentiellement toxiques (règlement REACH), les procédures de mesure de l'impact environnemental des pesticides et autres biocides, en routine et à haut débit, doivent être mises en place à moyen terme.

En milieu marin, si les travaux de recherche récents ont permis l'émergence de tests, leur mise en application, à grande échelle, dans le cadre de procédures standardisées reste à développer.

Au niveau national, la mise en place d'une organisation qui valide, normalise, intercalibre puis applique l'ensemble des tests nécessaires à l'évaluation de l'impact des pesticides sur le milieu marin constituerait une action structurante majeure.

Cet outil devrait être conçu pour :

- l'évaluation « en routine » du danger et du risque présentés par les nombreuses molécules commercialisées ou susceptibles de l'être ;
- l'évaluation de l'impact éventuel de ces polluants sur le milieu.

FORMATION

Tutorat sur deux années universitaires d'un étudiant d'IUT en alternance (Romain DAVY) : formation au métier de technicien et aux bioessais (52007-2009) ;

Stage de L3 : trois mois en 2008, test oursin ;

« L'écotoxicologie », enseignement à l'ENTE de Valenciennes, février 2010 ;

« L'écotoxicité, les biomarqueurs et l'évaluation des risques – exemples en milieu marin. » Formation continue de l'EHESP, 07 novembre 2008.

Trois stages de M1, (Laurie Dijoux, Fanette Barraquet-Porte, Matthieu Dussauze).

Deux stages de technicien supérieur de la mer (Morgane Hubert, Aurélie Vion).

VALORISATION

Articles scientifiques

Deux publications sont prévues en 2011 : une spécifique au bioessai embryon de poisson ; une globale avec les résultats du programme.

Communications dans des congrès

Turquet J., Tona F., Cambert H., Quiniou F., Davy R., Stachowski-Haberkorn S., Delesmont R., Delesmont E., Limon G. et Durand G., Evaluation du risque pesticides pour les récifs coralliens de La Réunion (ERICOR). Communication au Colloque du programme « Évaluation et Réduction des Risques liés à l'Utilisation des Pesticides » *Pesticides et Environnement : De la connaissance à l'action*. Reims 2007.

Turquet J., Tona F., Cambert H., Quiniou F., Davy R., Stachowski-Haberkorn S., Delesmont R., Delesmont E., Limon G. et Durand G., Evaluation du risque pesticides pour les récifs coralliens de La Réunion (ERICOR). Présentation des résultats : Communication au séminaire mi parcours du programme « Évaluation et Réduction des Risques liés à l'Utilisation des Pesticides ». Paris 2009.

Turquet J., Tona F., Cambert H., Quiniou F., Davy R., Stachowski-Haberkorn S., Delesmont R., Delesmont E., Limon G. et Durand G., Evaluation du risque pesticides pour les récifs coralliens de La Réunion (ERICOR). Poster au colloque LITEAU. Montpellier 2009.

Turquet J., Tona F., Cambert H., Quiniou F., Davy R., Stachowski-Haberkorn S., Delesmont R., Delesmont E., Limon G. et Durand G., Evaluation du risque pesticides pour les récifs coralliens de La Réunion (ERICOR). Poster au XXXIX^{ème} congrès du Groupe Français des Pesticides, Toulouse 2009.

Turquet J., Tona F., Cambert H., Quiniou F., Davy R., Stachowski-Haberkorn S., Delesmont R., Delesmont E., Limon G. et Durand G., Evaluation du risque pesticides pour les récifs coralliens de La Réunion (ERICOR). Communication au groupe régional Réunion Phytosanitaires. Saint-Denis 2010.

RÉSULTATS DES TRAVAUX ISSUS DE L'APPEL À PROPOSITIONS DE RECHERCHE **2009**



SESSION 1 RÉDUCTION DE L'UTILISATION DES PESTICIDES - APPROCHES SYSTÉMIQUES ET ANALYSE SOCIO-ÉCONOMIQUE

VINPEST - Une évaluation expérimentale des consentements à la réduction de l'utilisation des pesticides dans le vin - Angela SUTAN	37
AVERSION - Rôle de l'aversion au risque des agriculteurs dans l'utilisation de pesticides et implications pour la régulation - Douadia BOUGHERARA	38
ACTINOVIGNE - Réduction de l'utilisation des pesticides par l'emploi des bactéries actinomycétales comme nouvelle source de biofongicides pour contrôler les maladies fongiques de la vigne <i>Vitis vinifera L.</i> - Christophe CLÉMENT	39
ALTERBIO - Alternatives biologiques à l'usage des pesticides dans les plantations de banane plantain - Patrick LAVELLE	41
ASPIB - Approche systémique pour appréhender les communautés de bioagresseurs : application à la protection intégrée du blé - Jean-Noël AUBERTOT	42
ECCOTER - Les mesures agroenvironnementales à enjeu « eau/pesticides » : Évaluation environnementale et économique de l'impact de modifications des pratiques agricoles par modélisation intégrée à partir de scénarios d'évolution - Sylvain ROUSSET	43
RODONTICIDES - Accéder aux représentations des éleveurs pour adapter l'accompagnement à la baisse des produits phytosanitaires dans le cadre d'une lutte contre les espèces invasives - Yves MICHELIN	44
ECHAP - Réduire l'utilisation des fongicides en associant stratégies de traitement optimales et couverts échappants aux maladies - Corinne ROBERT	45



RESPONSABLE SCIENTIFIQUE

Angela SUTAN

LESSAC ESC Dijon
ESC 29, Rue Sambin
21000 DIJON
angela.sutan@escdijon.eu

PARTENAIRES DU PROJET

UMR Alimentation et sciences
sociales - ALISS (INRA Ivry)

Pierre Combris et Pascale Bazoche
UMR FLAVIC / Centre des Sciences
du Goût et de l'Alimentation CSGA
Sylvie Issanchou

Laboratoire d'Expérimentation en
Sciences Sociales et Analyse des
Comportements (LESSAC)
ESC de Dijon

Angela Sutan, Damien Wilson, Fabrice
Galia, Emilie Ginon,
Philipp Otto, François Cochard
en collaboration avec
Joëlle Brouard de l'Institut de
Management du Vin



VINPEST - UNE ÉVALUATION EXPÉRIMENTALE DES CONSETEMENTS À LA RÉDUCTION DE L'UTILISATION DES PESTICIDES DANS LE VIN

Si la vigne ne couvre actuellement que 3 % de la surface agricole utile en France, elle représente pourtant 20 % des consommations de pesticides (Aubertot *et al*, 2005) ; en outre, les niveaux de contamination observés dans le vin sont *considérablement plus élevés que les Concentrations Maximales Admissibles* (PAN, 2008). Lors de l'annonce du plan de réduction de l'utilisation des pesticides, les syndicats professionnels ont indiqué que « la mesure fixée ne pouvait pas être atteignable en l'état, et que cette réduction devait être conditionnée au développement de méthodes alternatives sous réserve de leur mise au point » (MDRGF, 2007).

Ce projet repose sur l'hypothèse que la performance d'une exploitation viticole peut être envisagée sous d'autres angles que celui du rendement de la vigne, mais cela passe par des incitations ciblées pour les producteurs et les consommateurs de vin : en particulier, une vigne performante est aussi une vigne qui a une performance environnementale.

Se pose alors la question de la manière dont ces incitations fonctionnent, par qui et comment devraient-elles être mises en œuvre ?

Nous pouvons partager cette question générale en deux questions spécifiques.

Comment inciter les producteurs à s'impliquer durablement dans la réduction de l'utilisation des pesticides ?

Puisque l'utilisation des pesticides équivaut à une assurance de coût très faible, et qui garantit un rendement certain, plus on monte dans la gamme des appellations, moins le producteur a intérêt à réduire son utilisation de pesticides car les risques de perte de la production seraient trop importants. Ainsi, le producteur devra avoir la certitude que les consommateurs ou les pouvoirs publics fourniraient une assurance alternative : soit les consommateurs acceptent de payer une prime pour les vins sans pesticide, soit les pouvoirs publics concèdent des aides importantes à la mise en place de productions respectueuses de l'environnement.

Quelles sont les informations qui ont un effet sur le comportement du producteur, qui l'incitent à le modifier dans le sens de la réduction de l'utilisation des pesticides, et à croire que cela sera suivi d'une valorisation par les consommateurs ou d'un appui par les pouvoirs publics ? Nous répondrons à ce volet à travers des jeux expérimentaux de type bien public avec assurance, à travers lesquels nous déterminerons le cycle des consentements des producteurs à s'engager dans une telle démarche. Nous mettrons en place ces expériences avec les producteurs.

Comment inciter les consommateurs à prendre en compte la réduction des pesticides dans la production du vin ? Comment valorisent-ils l'engagement environnemental d'un producteur ?

Ce projet a pour but de mieux connaître les attentes des consommateurs en termes de vins sans pesticide. Il s'agira de valider les caractéristiques souhaitées par les consommateurs par des méthodes implicatives, et de révéler les cycles de consentement des consommateurs autour des vins sans pesticides, sur la base de leur perception de l'utilisation des pesticides dans la production du vin.

Enfin, nous formulerons des recommandations à l'usage des acteurs de la filière.

MOTS CLÉS

Consentements, économie expérimentale, vin, pesticides, incitations.

RESPONSABLE SCIENTIFIQUE

Douadia BOUGHERARA

INRA, UMR1302 Structures, Marchés
Agricoles, Ressources et Territoires
4 allée Bobierre CS61103
35011 RENNES CEDEX
douadia.bougherara@rennes.inra.fr

PARTENAIRES DU PROJET

**INRA, UMR1302 Structures, Marchés
Agricoles, Ressources et Territoires
(SMART), Rennes**

Douadia Bougherara, Laurent Piet

**INRA, UMR 1081 Laboratoire
d'Économie des Ressources
Naturelles (LERNA), Toulouse**

Céline Nauges, Arnaud Reynaud,
Alban Thomas

**CNRS-Université de Rennes 1,
UMR 6211 Centre de Recherche en
Economie et Management (CREM)**

Laurent Denant-Boemont,
David Masclet

**Ecole Supérieure de Commerce,
Brest**

Youenn Loheac



AVERSION - RÔLE DE L'AVERSION AU RISQUE DES AGRICULTEURS DANS L'UTILISATION DE PESTICIDES ET IMPLICATIONS POUR LA RÉGULATION

La réduction de l'utilisation de pesticides en agriculture se heurte à divers freins. Parfois, bien que la technologie alternative soit disponible, le taux d'adoption est relativement faible. Les pesticides sont un intrant au processus de production et l'économie de la production s'y est intéressée très tôt. L'une des spécificités des pesticides est notamment leur capacité à réduire la variabilité des rendements. Ce qui semble une sur-utilisation de pesticides est en réalité une stratégie de gestion du risque de production par l'agriculteur. Dès lors, les préférences des agriculteurs vis-à-vis du risque (aversion au risque ou risquophilie) sont un facteur déterminant de la demande de pesticides. Les pesticides sont alors utilisés comme une assurance contre le risque rendement. Plus l'individu est averse au risque, plus il aura tendance à « s'assurer » en utilisant une quantité importante de pesticides. Les comportements des agriculteurs face au risque sont donc importants à déterminer. C'est l'objet de ce projet. A ce titre, la portée sera bien plus large que l'utilisation de pesticides puisque l'attitude face au risque détermine nombre de comportements (choix de production et demande d'assurance par exemple).

L'attitude des agriculteurs face au risque est une variable inobservable, qu'il faut révéler. On dispose de différentes méthodes de mesure. La plus utilisée en économie agricole est la méthode indirecte (préférences révélées) qui déduit des choix de production le paramètre d'aversion au risque. Une autre méthode, directe, utilisée jusqu'à présent essentiellement sur d'autres types d'agents économiques, connaît un développement récent. Il s'agit de l'économie expérimentale où le paramètre d'aversion au risque est révélé par des choix de loteries. Dans les méthodes expérimentales, les sujets font des choix qui sont rémunérés en fonction de leurs décisions.

Dans ce projet, nous souhaitons (i) déterminer le paramètre d'aversion au risque des agriculteurs par ces différentes méthodes que nous comparerons, (ii) afin de mesurer son impact sur la demande de pesticides et l'adoption de technologies alternatives économes en pesticides, (iii) ce qui permettra de déterminer les leviers d'action des pouvoirs publics afin de favoriser l'adoption de ces technologies.

MOTS CLÉS

Aversion au risque, aversion à l'ambiguïté, préférences temporelles, économie expérimentale, assurance, réforme de la PAC.

RESPONSABLES SCIENTIFIQUES

Essaid AIT BARKA

Christophe CLÉMENT

Université de Reims Champagne

Ardenne

Unité de Recherche Vignes et Vins de Champagne

Stress et Environnement

URVVC EA 2069

Laboratoire de Stress Défenses et

Reproduction des Plantes

BP 1039 - 51687 REIMS CEDEX 2

ea.barka@univ-reims.fr

christophe.clement@univ-reims.fr

PARTENAIRES DU PROJET

Faculté des Sciences Semlalia,

Marrakech - Maroc

Laboratoire de Biologie et

Biotechnologie des Microorganismes.

Unité d'Ecologie et Biotechnologie

Microbienne

Yedir OUHDOUCH

Institut de Chimie Moléculaire

de Reims - Université de Reims

Champagne Ardenne

UMR CNRS 6229 - Groupe Isolement et

Structure

Jean-Marc Nuzillard - Pr. Jean-Hughes

Renault

Centre Interprofessionnel du Vin de

Champagne

Marie-Laure Panon



RÉFÉRENCES CITÉES

Lehr N.A. *et al.* (2008) *New Phytol.* 177, 965-976.

Loqman S *et al.* (2009a) Brevet européen 09 290 240 2.

Loqman S *et al.* (2009b) *Int J Syst Bacteriol* 47, 492-498

Ouhdouch Y. *et al.* (2001) *Eur. J. Soil Biol.* 37: 69-74.

Sontag B. *et al.* (2006) *J. Antibiot.* 59: 659-663.

Thakore Y. (2006) *Industrial Biotechnology.* 2(3):294-208.

ACTINOVIGNE - RÉDUCTION DE L'UTILISATION DES PESTICIDES PAR L'EMPLOI DES BACTÉRIES ACTINOMYCÉTALES COMME NOUVELLE SOURCE DE BIOFONGICIDES POUR CONTRÔLER LES MALADIES FONGIQUES DE LA VIGNE *VITIS VINIFERA L.*

En France, comme ailleurs, la culture de la vigne est importante économiquement mais elle est problématique pour l'environnement. En effet, pour contrôler les maladies parasitaires dues à divers agents pathogènes tels que *Botrytis*, *Oidium*, *Mildiou*, *Eutypa lata* et les maladies du bois (ESCA, ...), la viticulture consomme actuellement 50 % des produits phytosanitaires dont la moitié est constituée de fongicides pour seulement 3,2 % des surfaces cultivées.

La lutte chimique, actuellement en vigueur *via* des pesticides de synthèse (fludioxonil, fenexhamide, ...), a certes permis d'améliorer la qualité sanitaire des récoltes, d'augmenter les rendements et de satisfaire les besoins alimentaires du pays. Ces molécules sont en effet considérées comme l'arme la plus efficace. Cependant, elles ont des répercussions néfastes (Thakore, 2006) sur (i) l'environnement comme l'accumulation de résidus et la pollution des sols, (ii) le déséquilibre écologique, dû au fait que beaucoup de ces composés de synthèse ont un large spectre d'action, détruisant non seulement les agents nuisibles, mais également les autres populations de l'écosystème et (iii) l'apparition et la généralisation de l'apparition de résistance chez les pathogènes. Devant ce constat, il est nécessaire d'engager une mutation significative des pratiques actuelles et de se mobiliser pour développer des solutions alternatives mettant en œuvre des biopesticides seuls ou couplés avec des quantités réduites de pesticides chimiques.

Notre objectif est de réduire l'utilisation des pesticides en viticulture par l'emploi d'une méthode alternative, la lutte biologique. Les biopesticides microbiens sont en effet écologiquement beaucoup plus compatibles que les produits chimiques et ont une spécificité accrue vis-à-vis des pathogènes contre lesquels ils sont dirigés (Thakore, 2006). Les actinomycètes représentent une partie importante de la population microbienne du sol. De plus, elles sont les plus prolifiques de tous les micro-organismes en tant que producteurs d'antibiotiques. Les actinomycètes sont capables de (i) coloniser la rhizosphère grâce à leurs caractères antagonistes des autres micro-organismes du sol, et (ii) de produire de nombreux métabolites ayant des structures chimiques et des activités biologiques diverses (Ouhdouch *et al.*, 2001 ; Sontag *et al.*, 2006). Grâce à ces diverses propriétés, ces bactéries sont largement utilisées dans la lutte biologique contre les phytopathogènes (Lehr *et al.*, 2008).

Notre projet s'appuie sur les données que nous avons obtenues récemment et qui ont fait l'objet d'une thèse dont les résultats ont été valorisés sous forme d'un brevet et de plusieurs publications. Ces données montrent que ces bactéries actinomycétales ont non seulement un effet antifongique direct mais également un effet éliciteur des défenses de la vigne (Loqman *et al.* 2009a-b). Lors de ces travaux, un criblage biologique de 142 souches actinomycétales du sol de vignoble marocain sur la base de leur effet antagonistique *vis-à-vis* de différents pathogènes nous a permis de sélectionner 9 souches performantes. A partir des souches sélectionnées, 4 vont être utilisées durant ce projet en tant que nouvelle source de biofongicides et de substances stimulatrices des mécanismes de défenses de la vigne. L'objectif *in fine* est de lutter contre la pourriture grise et les maladies du bois contre lesquelles aucun remède n'est actuellement disponible.

Afin de comprendre les mécanismes d'action sur la plante, il sera nécessaire d'analyser les effets physiologiques des molécules identifiées sur la vigne et la plante modèle *Arabidopsis thaliana*, en relation avec la mise en place de la protection vis-à-vis des patho-

gènes. À terme, les résultats obtenus à partir d'études *in vitro* seront transférés à des modèles plus proches des plantes cultivées au vignoble (boutures). La réussite du projet passe également par la recherche et la caractérisation des principes actifs sécrétés par l'antagoniste (isolement, caractérisation et identification de la structure du (des) bio-fongicide(s) synthétisé(s)). Cette caractérisation permettra de formuler la ou les substance(s) active(s) afin d'en faire un produit phytosanitaire de nouvelle génération.

Au-delà des objectifs finalisés, ce projet contribuera à améliorer notre compréhension des mécanismes d'induction de résistance de la vigne face aux agressions fongiques. Cette connaissance permettra de conceptualiser à terme un mode d'utilisation en condition "vignoble" intégrant le mode, le nombre et le moment d'application du produit selon la dynamique du pathogène et le cycle de développement de la plante.

La mise au point de cette stratégie alternative devrait conduire *in fine* à substituer, au moins partiellement, certains antifongiques traditionnels et donc à réduire l'utilisation des produits phytosanitaires par l'induction précoce des mécanismes de défense de la vigne.

MOTS CLÉS

Antagonistes, défenses naturelles, impact environnemental, lutte biologique, pesticides, stratégies alternatives, vigne.

RESPONSABLE SCIENTIFIQUE

Patrick LAVELLE

UPMC - Paris VI, en délégation à l'IRD
en affectation au Centro Internacional
de Agricultura Tropical (CIAT) CIAT/
TSBF Institute, AA 6713, CALI, VALLE,
COLOMBIE
patrick.lavelle@ird.fr

PARTENAIRES DU PROJET

Université des Antilles et de la Guyane
INRA
CIRAD
IRD
Institut Technique de la Banane
(ITBAN)
Universidad Nacional de Colombia,
CORPOICA

ALTERBIO - ALTERNATIVES BIOLOGIQUES À L'USAGE DES PESTICIDES DANS LES PLANTATIONS DE BANANE PLANTAIN

La banane plantain (*Musa paradisiaca*) est l'aliment de base de millions de personnes dans le monde et sa culture génère des revenus permanents pour un grand nombre d'agriculteurs, dans des plantations de taille petite ou moyenne. Cette plante est très sensible aux parasites et aux maladies notamment la Sigatoka noire (*Mycosphaerella fijiensis* var *difformis*), la Cercosporiose jaune (*Mycosphaerella Musicola*), les infections à *Ralstonia solanacearum* (« Moko ») ou les nématodes phytoparasites.

Nous nous intéresserons aux actions techniques visant à réduire ou supprimer le recours aux pesticides et à permettre une transition vers les systèmes organiques. Ce projet propose un traitement des parasites et maladies de la banane plantain utilisant des agents et produits d'origine biologiques.

Une phase de diagnostic, dans 50 exploitations de la Guadeloupe et du département de Quindío en Colombie, identifiera les facteurs socio-économiques et les éléments des systèmes de culture (sol, choix des plantes, conduite des cultures, biodiversité non planifiée) qui favorisent ou freinent l'apparition des maladies. Cette phase complète les connaissances locales permettant la prévention.

Dans 3 exploitations les plus représentatives de la diversité de chaque pays, on expérimentera, avec la participation des planteurs, dans les conditions réelles de la plantation, l'efficacité du contrôle biologique par :

- la mycorhization des plants ;
- l'application de lixiviats de pseudo-troncs ;
- l'introduction de plantes de service (nématoregulatrices et fixatrices d'azote) ;
- l'apport de vermicompost ;
- la méthode FBO[®] associant intrants organiques et vers de terre locaux.

Un traitement utilisant les options actuelles de lutte chimique servira de référence.

Afin d'identifier le potentiel et les modalités d'application des alternatives biologiques, celles-ci seront comparées aux techniques conventionnelles sur leurs performances économiques, leurs conditions d'adoption par les agriculteurs et leurs impacts sur les services écosystémiques.

L'intérêt de la mise en comparaison des deux terrains d'étude - Guadeloupe et Colombie - réside dans leurs contrastes et leur complémentarité, présentant une gamme de situations socio-économiques et environnementales contrastées. Ceci permettra de renforcer la portée générique de nos recherches.

MOTS CLÉS

Banane plantain, charançon du bananier, nématodes phytoparasites, *Ralstonia*.



RESPONSABLE SCIENTIFIQUE

Jean-Noël AUBERTOT

INRA

UMR 1248 AGIR, Centre de Recherches

INRA de Toulouse - B.P. 52627

31326 CASTANET TOLOSAN CEDEX

jean-noel.aubertot@toulouse.inra.fr

PARTENAIRES DU PROJET

El Purpan

Marie-Hélène Bonnemé

ASPIB - APPROCHE SYSTÉMIQUE POUR APPRÉHENDER LES COMMUNAUTÉS DE BIOAGRESSEURS : APPLICATION À LA PROTECTION INTÉGRÉE DU BLÉ

Ce projet se situe dans la dynamique du plan Ecophyto 2018. Pour de nombreux bioagresseurs, des méthodes à effet partiel ont été identifiées : contrôle cultural (adaptation des pratiques en vue de limiter le développement des populations de bioagresseurs), contrôle génétique, lutte biologique, et lutte physique se combinant dans le cadre de la protection intégrée des cultures.

Néanmoins, les stratégies de recherche portent généralement sur les méthodes de contrôle d'un bioagresseur unique et non d'une communauté alors que les agriculteurs doivent maîtriser des profils de dégâts (causés par des agents pathogènes, des ravageurs et des mauvaises herbes). Il apparaît donc nécessaire d'appréhender la complexité du profil de dégât afin de concevoir des systèmes de culture ou des itinéraires techniques moins dépendants de l'usage des pesticides.

L'ambition du projet proposé est de développer un modèle (Injury Profile SIMulator -IPSIM) représentant les liens entre d'une part le pédo-climat, l'environnement biologique de la parcelle (paysage plus ou moins favorable au développement des bioagresseurs ou d'auxiliaires) et le système de culture, et d'autre part le profil de dégâts d'une culture. Compte tenu de l'étendue des surfaces emblavées en France, et des connaissances scientifiques disponibles, c'est la culture de blé qui a été retenue comme objet d'étude, mais le projet comporte des enjeux méthodologiques génériques.

La notion de trait de vie a été largement utilisée dans les domaines de l'écologie et de la génétique évolutive à la suite des travaux de Darwin (1859). Le concept de trait fonctionnel propose que les espèces soient regroupées selon des réponses communes à l'environnement ou selon des effets communs sur différents paramètres de l'écosystème. Le concept de trait de réponse, issu de l'écologie, sera intégré pour la première fois dans l'analyse des interactions entre les pratiques et un profil de dégâts (maladies, mauvaises herbes, ravageurs). A terme, le modèle développé sera couplé au modèle WHEATPEST (modèle représentant les dommages quantitatifs causés par un profil de dégâts) et à des modules d'évaluation afin de tester les performances agronomiques, socio-économiques et environnementales des itinéraires techniques (voire des systèmes de culture) testés. Le modèle sera paramétré par expertise (à partir d'une revue bibliographique, ou à dire d'experts le cas échéant) et sa qualité prédictive sera évaluée à partir d'un jeu de données issues d'observations réalisées sur des réseaux de parcelles agricoles (échelle nationale ou régionale) ou sur des expérimentations.

MOTS CLÉS

Blé dur, blé tendre, profil de dégâts, situation de production, système de culture, trait fonctionnel, mauvaises herbes, agents pathogènes, ravageurs, protection intégrée des cultures.



RESPONSABLE SCIENTIFIQUE

Sylvain ROUSSET

Cemagref

Unité de Recherche Aménités et

Dynamique des Espaces Ruraux

50 avenue de Verdun, Gazinet,

33612 CESTAS CEDEX

sylvain.rousset@cemagref.fr

PARTENAIRES DU PROJET

UMR d'Agronomie INRA-

AgroParisTech

Laurence Guichard

Chambre régionale d'agriculture de
Poitou-Charentes

Jean-Luc Fort

ECCOTER - LES MESURES AGROENVIRONNEMENTALES À ENJEU «EAU/PESTICIDES» : ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE ET ÉCONOMIQUE DE L'IMPACT DE MODIFICATIONS DES PRATIQUES AGRICOLES PAR MODÉLISATION INTÉGRÉE À PARTIR DE SCÉNARIOS D'ÉVOLUTION

Le soutien à l'agroenvironnement a constitué un élément très important (un tiers des dépenses) du Plan de développement rural national, principal instrument de la mise en œuvre, en France, du Règlement de Développement Rural. La récente évaluation *ex-post* finalisée en 2008 a permis d'établir un bilan des conditions de mise en œuvre, des principales réalisations financières et physiques, et surtout de porter une appréciation sur les impacts de cette politique sur les pratiques agricoles et leurs effets sur l'environnement. Si en termes de réalisations, le bilan peut être considéré comme plutôt positif avec environ 120 000 exploitants engagés dans cette démarche et 7 millions d'hectares contractualisés (25 % de la superficie agricole), l'effet de ces mesures en termes d'efficacité environnementale a été jugé globalement faible par les évaluateurs, notamment en raison d'effets d'aubaine importants.

Notre projet de recherche s'intéresse à la mise en œuvre des mesures agroenvironnementales (MAE) et se propose de développer des méthodes d'évaluation de politique publique, à partir de l'examen des MAE « eau/pesticides » du nouveau Plan de développement rural (mesures nationales de soutien à l'agriculture biologique et MAE territorialisées). Ce projet interdisciplinaire associant agronomie, économie et analyse spatiale propose d'apporter et de tester les méthodes sur des territoires à enjeux en régions Midi-Pyrénées et Poitou-Charentes.

On s'intéresse à l'impact environnemental des changements de pratiques sur la qualité des eaux ; changements de pratiques proposés dans le cadre des mesures, ainsi qu'à leur coût / efficacité à l'échelle des bassins versants. On évaluera par modélisation intégrée (couplage modélisation agro-hydrologique / indicateurs / programmation mathématique), les effets de trajectoires d'évolution de l'agriculture, traduites en scénarios, sous différentes contraintes environnementales, économiques et réglementaires, de façon à déterminer les pratiques optimales spatialisées pour réduire les pollutions diffuses.

MOTS CLÉS

Évaluation des politiques publiques, mesures agroenvironnementales territorialisées, soutien à l'agriculture biologique, modélisation intégrée, coût-efficacité, changement de pratiques agricoles, indicateurs, scénarios.



RESPONSABLE SCIENTIFIQUE

Yves MICHELIN

Vétagro-Sup

89 av. de l'Europe BP 35

63370 LEMPDES

y.michelin@vetagro-sup.fr

s.morlans@vetagro-sup.fr

PARTENAIRES DU PROJET

Commissariat du Massif du Jura

Michel Cothenet

Ministère de l'agriculture (DREAL FC)

Denis Truchetet

Fédération de lutte contre les nuisibles (Fredon) d'Auvergne et Franche-Comté

Corinne Martins (Auvergne), Geoffroy

Couval (Franche-Comté)

Chambre d'Agriculture du Jura et de l'Ain et FNSEA/FDSEA Ain

Sylvie Brevet (Jura), François

Goetgheluck (Ain) et Yvan Barge

RODONTICIDES - ACCÉDER AUX REPRÉSENTATIONS DES ÉLEVEURS POUR ADAPTER L'ACCOMPAGNEMENT À LA BAISSÉ DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES DANS LE CADRE D'UNE LUTTE CONTRE LES ESPÈCES INVASIVES

Depuis une quarantaine d'années, les zones herbagères de moyenne montagne sont soumises à des pullulations cycliques de campagnols terrestres, qui ont un impact important sur l'activité d'élevage (jusqu'à 80 % de pertes sur un cycle de pullulation).

Les causes sont multiples, mais principalement liées à l'évolution des pratiques agricoles et de l'aménagement du territoire, qui influent sur les dynamiques de population de ce ravageur des prairies.

Jusqu'aux années 2000, la principale méthode de lutte passait par l'utilisation de molécules chimiques (chlorophacinone puis bromadiolone), qui avaient un impact considérable sur la faune non cible, l'écosystème et la santé de l'utilisateur.

Depuis, de nouvelles solutions sont préconisées : modifications de pratiques agricoles et lutte indirecte (retournement de prairie, piégeage, ...). Mais celles-ci ne sont pas appliquées par les éleveurs, qui les rejettent massivement.

Face à ce constat, notre objectif est de reconstruire le processus menant au choix que fait chaque éleveur de mener tel ou tel type de pratique sur son exploitation, afin d'adapter les solutions d'accompagnement agricole au changement de pratiques. Cela nécessite notamment de saisir les déterminants techniques et non-techniques qu'il mobilise lors de chaque processus décisionnel, ainsi que l'impact du réseau social et professionnel sur les solutions adoptées.

Notre étude croise donc une approche agronomique des pratiques agricoles et une approche anthropologique des représentations associées, afin d'obtenir une vision systémique la plus complète possible des déterminants des pratiques des éleveurs.

MOTS CLÉS

Représentations, pesticides, pratique agricole, approche systémique, espèce pullulante, gestion intégrée.



RESPONSABLE SCIENTIFIQUE

Corinne ROBERT

UMR 1091 INRA-AgroParisTech
Environnement et Grandes Cultures (EGC)
78850 THIVERVAL GRIGNON
corinne.robert@grignon.inra.fr

PARTENAIRES DU PROJET

INRA

UR 251 Physicochimie et Ecotoxicologie des
Soils d'Agrosystèmes Contaminés (PESSAC)

Laure Mamy

UMR 1290 INRA-AgroParisTech BIOlogie
et GEstion des Risques en agriculture
Champignons pathogènes des Plantes
(BIOGER-CPP)

Anne Sophie Walker

UMR 1095 INRA-Université Clermont II,
Génétiq ue, Diversité et Ecophysiologie des
Céréales (GDEC) Centre de Clermont-Ferrand-
Theix

Jérôme Salse

CNRS

UMR 6505 CNRS-Université Blaise Pascal
(Clermont-Ferrand II), Laboratoire
de Photochimie Moléculaire et
Macromoléculaire,
Alexandra Ter Halle

INRIA

UMR CIRAD-INRA-IRD-Montpellier SupAgro-
Université Montpellier 2, Développement
et Amélioration des plantes (DAP), Equipe
Virtual Plant (INRIA)

Christian Fournier



ARVALIS – Institut du végétal

Station de La Minière

David Gouache

CEMAGREF

UMR Cemagref-Montpellier SupAgro
Information et Technologie pour les Agro-
Procédés (ITAP)

Carole Sinfort

ADAS (UK)

High Mowthorpe, Duggleby, Malton

Neil Paveley

ALTERRA - Research Institute for the Green World (Pays Bas)

Centre for Water and Climate, WAGENINGEN

Eric van den Berg

ECHAP - RÉDUIRE L'UTILISATION DES FONGICIDES EN ASSOCIANT STRATÉGIES DE TRAITEMENT OPTIMALES ET COUVERTS ÉCHAPPANTS AUX MALADIES

Afin de réduire l'utilisation des produits phytosanitaires, l'Axe 3 du plan Ecophyto 2018 recommande d'innover dans la conception et la mise au point de systèmes de culture. La conduite des cultures détermine de nombreuses propriétés du couvert végétal qui influencent les épidémies via le niveau de résistance des variétés, l'état physiologique des organes, l'architecture des plantes et sa dynamique au cours du temps. L'architecture influence également l'interception des fongicides et donc l'efficacité des traitements.

Les interactions « architecture – développement épidémique – interception des fongicides – modalités d'application » ont été peu étudiées et l'hypothèse motivant notre projet est qu'il existe un potentiel de réduction de pesticides non exploité, basé sur ces interactions. Nous pensons que l'élaboration de stratégies raisonnant « *architecture du couvert, date, dose et modalité d'application* » dans des couverts présentant « *des propriétés échappantes* » aux maladies devrait permettre de diminuer significativement les quantités de fongicides. La difficulté est d'appréhender les conditions de réussite de nouvelles stratégies en fonction de la variabilité climatique et des réponses des variétés végétales disponibles. Par ailleurs, il est nécessaire de réaliser une évaluation intégrée des stratégies de traitement. Cette évaluation doit prendre en compte la production, les risques de contamination des milieux par les pesticides, et les conséquences pour l'adaptabilité des pathogènes qui détermine les durée d'efficacité des produits.

L'objectif du projet est d'évaluer les possibilités de réduction de la fréquence et des doses de fongicides en optimisant les mécanismes naturels d'échappement aux maladies liés à l'architecture du couvert et l'interception des pesticides par les couverts végétaux. Il s'agit d'un projet démonstratif appliqué au couple blé – septoriose, mais la démarche de modélisation, d'identification et d'évaluation de stratégies est générique et a pour vocation de s'appliquer à d'autres pathosystèmes. En outre bien que les IFT sur blé soient assez faibles comparés à d'autres grandes cultures, l'importance des surfaces concernées (de l'ordre de 4,8 Mha) fait que les applications sur blé représentent près de 52 % du total des fongicides appliqués sur grandes cultures. Ainsi, diminuer les traitements fongicides sur blé aura une répercussion significative sur notre territoire.

Le projet comporte un développement d'outils de modélisation pour la simulation des conséquences de stratégies de traitements fongicide pour des architectures de couverts variées et de méthodes pour leur évaluation multicritère et l'identification de stratégies optimales. L'outil de simulation est organisé autour de 3 composantes : (1) effet de l'architecture sur les épidémies, (2) effet des fongicides sur les cycles infectieux et (3) effet de l'architecture sur la répartition des fongicides et leur devenir après application. La démarche d'évaluation inclura des critères agronomiques, environnementaux et de durée d'efficacité des fongicides. L'intégration des 3 composantes sera réalisée au sein d'une plateforme informatique (OpenAlea) qui permettra la simulation de scénarios variés (climat / architecture / traitements fongicides).

Parallèlement à la création d'outils, des expérimentations au champ permettront de tester des stratégies de traitement associées à des architectures variées. Les données seront également utilisées pour valider les modèles développés.

Enfin, des simulations permettront d'élargir les gammes de variation d'architecture et de traitements et de démontrer l'intérêt de nos outils de modélisation pour la proposition de réduction de traitements. Des scénarios variés combinant climat x architecture x traitement fongicide seront simulés pour identifier des stratégies économes en pesticides et quantifier les économies potentielles de fongicides grâce à l'utilisation d'architectures échappantes. Les traits d'architecture source d'échappement et maximisant l'interception des fongicides qui seront révélés pourront nourrir l'innovation variétale.

MOTS CLÉS

Réduction des traitements, fongicides, architecture, échappement, date de traitement, interception, modalité d'application, septoriose, blé, impact environnemental.

SESSION 2 PROJETS TRANSVERSAUX

ALT'CARPO - Impacts agronomiques et environnementaux d'une méthode de lutte permettant de réduire fortement l'usage des pesticides : les filets Alt'Carpo en arboriculture - **Yvan CAPOWIEZ**

47

ECOPRO - Évaluation d'une éco-technologie de protection des cultures de plants de pomme de terre - **Denis FAURE**

48

TRAM - Gestion de la Toxicité en zone RAMSAR - **Philippe LE GRUSSE**

49



RESPONSABLE SCIENTIFIQUE

Yvan CAPOWIEZ

INRA – UR 1115 - Plante et Systèmes
Horticoles
Agroparc - Domaine St Paul
84914 AVIGNON CÉDEX 9
yvan.capowiez@avignon.inra.fr

Aude ALAPHILLIPE

INRA - Unité Expérimentale de
Recherche Intégrée de Gotheron
Domaine de Gotheron
26320 SAINT-MARCEL-LÈS-VALENCE
aude.alaphillippe@avignon.inra.fr

PARTENAIRES DU PROJET

INRA Avignon, Agroparc, Domaine St
Paul,

UMR 406 Abeille et Environnement

C. Mazzia, M. Rault

UR 11115, PSH équipe Ecologie de la
Production Intégrée

Y. Capowiez, P. Franck, C. Lavigne,

S. Maugin, J. Olivares,

B. Sauphanor

INRA Gotheron

Unité Expérimentale de Recherche
Intégrée

A. Alaphilippe, P. Ascencio,

T. Girard, C. Gros, K. Morel,

L. Parisi, S. Simon



INRA Grignon

UAR 1240 Eco-Innov

F. Angevin

UMR 211 Agronomie

R. Reau

INRA Clermont-Ferrand

UMR 547 PIAF

A. Leca, A. Marquier, M. Saudreau,

P. Walser

Chambre d'Agriculture du Vaucluse

G. Severac

Chambre d'Agriculture du Tarn et Garonne

J-L. Sagnes

ALT'CARPO - IMPACTS AGRONOMIQUES ET ENVIRONNEMENTAUX D'UNE MÉTHODE DE LUTTE PERMETTANT DE RÉDUIRE FORTEMENT L'USAGE DES PESTICIDES : LES FILETS ALT'CARPO EN ARBORICULTURE

D'introduction récente, la couverture des arbres par des filets (méthode Alt'carpo) est une des rares alternatives à même de réduire fortement l'usage des insecticides en arboriculture.

Le présent projet a pour objectif de dépasser le simple cadre de la 'boite noire' en proposant :

- un état des lieux des pratiques d'utilisation de ces filets afin de quantifier l'économie potentielle de pesticides,
- d'identifier leurs mécanismes d'action sur les lépidoptères ravageurs dans le but de prévenir l'éventuel contournement de cette méthode de lutte,
- d'analyser leurs conséquences sur le micro-climat de la parcelle, la croissance des arbres, la production de fruits et les communautés de bioagresseurs (pouvant être favorisés pour certains ou pour d'autres régulés à la faveur d'une préservation des auxiliaires).

Un bilan environnemental sera par ailleurs effectué avec 2 approches :

- *in situ* pour déterminer si la réduction des usages se traduit par une contamination de l'environnement et des impacts écotoxicologiques moindres puis
- par des analyses de cycle de vie et des évaluations *ex ante* pour estimer la durabilité de la méthode Alt'Carpo.

Les études seront conduites en laboratoire, en vergers expérimentaux, ainsi qu'en situation réelle et à plus large échelle en réseaux de vergers commerciaux.

MOTS CLÉS

Vergers, protection des cultures, lutte physique, biodiversité fonctionnelle, régulation naturelle, durabilité, impact environnemental, analyse de cycle de vie.

RESPONSABLE SCIENTIFIQUE

Denis FAURE

Centre National de la Recherche Scientifique
Institut des Sciences du Végétal
Avenue de la Terrasse
91198 GIF-SUR-YVETTE
faure@isv.cnrs-gif.fr

PARTENAIRES DU PROJET

CNRS, Institut des Sciences du Végétal, Equipe Ecologie de la rhizosphère

A. Cirou, M. Tannières, A. Raffoux, Y. Dessaux, et D. Faure

Comité Nord Plants de Pommes de Terre (CNPPT)

P. Copin, S. Vast, X. Riquiez, V. Deveaux, et Y. Bègue



ECOPRO - ÉVALUATION D'UNE ÉCO-TECHNOLOGIE DE PROTECTION DES CULTURES DE PLANTS DE POMME DE TERRE

L'interdiction de certains pesticides et les échéances de réduction du volume des pesticides épandus (Plan EcoPhyto 2018) ont stimulé l'intérêt de nombreuses filières agromonomiques pour le développement et l'évaluation économique et environnementale d'éco-technologies alternatives. De même, la définition des procédures d'évaluation de ces nouvelles technologies crée une demande forte de la part des décideurs et organismes réglementaires et normatifs. Dans ce contexte, une pression est exercée sur la communauté scientifique au sens large (recherche fondamentale, développement, transfert et méthodologie d'évaluation) afin de produire un corpus de connaissances permettant de proposer et d'évaluer les éco-technologies émergentes.

Au travers d'un exemple qui permet une mobilisation des utilisateurs potentiels, le projet ECOPRO illustre les efforts de transfert et d'évaluation économique et environnementale à l'échelle 1 d'une nouvelle éco-technologie en agriculture : il s'agit de la protection des plants et tubercules de pomme de terre contre un phytopathogène bactérien marcergeène. Ce paradigme pourra être généralisé à d'autres systèmes biologiques.

La lutte contre le pathogène *Pectobacterium* implique jusqu'à présent l'utilisation de bactéricides non spécifiques, qui sont en cours d'abandon par les agriculteurs : soit parce qu'ils sont déjà interdits, comme les organo-mercuriels, soit parce que leur efficacité est faible avec un coût environnemental potentiellement élevé, comme certains traitements cupriques autorisés. Aujourd'hui, la filière Plants de pommes de terre, représentée dans ce projet par le Comité Nord plants de Pommes de Terre (CNPPT) est demandeuse de nouveaux traitements contre les pathogènes marcergeènes ; elle soutient et participe aux travaux de recherche permettant leur élaboration et évaluation.

L'objectif général de ce projet est de définir les outils et stratégies permettant l'évaluation de l'impact environnemental d'une éco-technologie (application de biostimulateurs) visant à réduire les intrants toxiques. Une demande particulière de la filière professionnelle est bien sûr l'évaluation de son efficacité agronomique. Ce projet s'intéresse à l'évaluation des coûts/bénéfices environnementaux et agronomiques de cette éco-technologie en macrosol et en parcelle (échelle 1).

MOTS CLÉS

Protection des végétaux, pomme de terre, biostimulation, anti-virulence, EcoPhyto 2018.

RESPONSABLE SCIENTIFIQUE

Philippe LE GRUSSE

CIHEAM - IAMM

3191 Route de Mende

34093 MONTPELLIER CEDEX 5

legrusse@iamm.fr

PARTENAIRES DU PROJET

CIHEAM-IAMM

Philippe Le Grusse,

Hatem Belhouchette

**IAV : Institut Agronomique et
Vétérinaire HassanII (Maroc)**

Ahmed Bouaziz , Rachid Doukkali,

Noureddine Chtaina

**Diataé : SAS « Ingénierie des
territoires agricoles »**

Gabrielle Rucheton, Jacques Fabre ,

Laurent Brunel

CNRS

Elisabeth Mandart

INRA

Patrick Rio

IRD

Marjorie Le Bars

TRAM - GESTION DE LA TOXICITÉ EN ZONE RAMSAR

Suite aux conclusions du Grenelle de l'environnement, un plan de réduction de 50 % d'ici 2018 de l'usage des pesticides a été proposé en se fixant également comme objectif de maintenir la production agricole.

Dans le cadre d'une démarche participative, le projet Tram a pour objectif d'élaborer une méthodologie permettant d'estimer les impacts agro-environnementaux et technico-économiques d'une réduction raisonnée de l'utilisation des pesticides et de simuler différents scénarios de pratiques agricoles en tenant compte de la viabilité économique des exploitations, de la durabilité écologique et de l'équité sociale au niveau de deux territoires classés zone Ramsar¹ : le bassin de l'Etang de l'Or (petite Camargue) et la Merja Zerga au Maroc. Ces scénarios seront élaborés avec les acteurs locaux.

Une telle analyse requiert des outils complexes, interdisciplinaires et intégrant tous les composants du système. Mesurer les impacts d'une politique de réduction des produits phytosanitaires, requiert l'utilisation d'indicateurs. L'IFT (Indicateur de Fréquence de traitements) est un indice de pression ne tenant pas compte des propriétés toxicologiques des produits phytosanitaires et nécessite, dans son application, la définition de normes locales (régionales) ne permettant pas une comparaison des cultures et des systèmes de production. L'IFT peut être corrélé avec un niveau de toxicité dans une agriculture homogène en terme de production et de conditions climatiques ; qu'en est-il dans une agriculture diversifiée et dans des conditions climatiques variables ?

Après une étude bibliographique comparative sur les différents systèmes d'indicateurs existant au niveau international, nous avons choisi de nous baser sur des travaux effectués au Québec² pour calculer dans un premier temps, un indicateur de risque santé (IRS) intégrant les propriétés physicochimiques des molécules et les pratiques agricoles. Cet indicateur est basé sur un système de notation attribué à chaque matière active en fonction des toxicités aiguë et chronique et des paramètres spécifiques liés à la formulation et aux techniques d'application des préparations commerciales.

Dans le cadre d'une première expérimentation menée sur le bassin versant de l'Etang de l'Or, l'indicateur IRS ainsi que l'IFT ont été utilisés comme paramètres, au même titre que des paramètres économiques, dans un modèle agro-économique³. Nous avons ainsi pu évaluer et comparer à différents niveaux (parcelle, exploitation) les premiers résultats conjoints de l'IFT, de l'IRS et d'un indicateur de performance économique. Nous montrons que la corrélation entre IFT et IRS est très variable, et que pour une même culture, à rendements et IFT à peu près similaires, on obtient des indicateurs de risque de toxicité en santé humaine très différents. Ces résultats seront à comparer avec les résultats obtenus avec l'indicateur de risque de toxicité environnementale (IRE) qui sera prochainement intégré au modèle.

L'objectif, à plus long terme, est de simuler différents scénarios de pratiques agricoles et de coupler cette approche avec une représentation spatiale permettant de confronter pratiques agricoles et qualité des eaux de drainage vers les deux zones Ramsar étudiées.

MOTS CLÉS

Zone Ramsar, démarche participative, produits phytosanitaires, indicateurs de risques, modèle agro-économique.

¹ <http://www.ramsar.org>

L'objectif de la Convention de Ramsar (ratifiée en 1971 à Ramsar en Iran) est d'enrayer la tendance à la disparition des zones humides, de favoriser leur conservation, ainsi que celle de leur flore et de leur faune et de promouvoir et favoriser leur utilisation rationnelle.

² IRPeQ – Santé et environnement <http://www.mapaq.gouv.qc.ca/>, <http://www.mddep.gouv.qc.ca/>, <http://www.inspq.qc.ca/>

³ Le Bars, M., and D. Snoeck. 2007. Simulator for technical and economical modelling of farms Online]. Available by www.olympe-project.net



SESSION 3 PESTICIDES ET MILIEUX NATURELS : ÉVALUATION A PRIORI ET SUIVI POST-HOMOLOGATION

MIRIPHYQUE - Mise au point de descripteurs du risque de contamination des eaux de surface par les phytosanitaires à l'échelle du bassin versant. Prise en compte des dimensions spatiales et temporelles. Appui à l'évaluation et à la gestion du risque - **Nadia CARLUER**

51

IMPALAC - Prédire l'impact des herbicides en mélange et à faible concentration sur les communautés algales planctoniques et benthiques lacustres - **Agnès BOUCHEZ**

52

TOPHYAC - Tolérance des communautés phytoplanctoniques aux phytosanitaires dans le panache de la charente - **Christian BECHEMIN**

53

MODAPEX - Modélisation de la dispersion aérienne de pesticides et évaluation des niveaux d'exposition à l'échelle du paysage - **Yves BRUNET**

54



RESPONSABLE SCIENTIFIQUE

Nadia CARLUER

Cemagref
Unité de Recherche Milieux
Aquatiques, Ecologie et Pollutions - 3
Bis Quai Chauveau
69336 LYON 09
nadia.carluer@cemagref.fr

PARTENAIRES DU PROJET

Cemagref

UR Milieux Aquatiques Ecologie et
Pollutions. Lyon
Nadia Carluer, Virginie Archaimbault,
Véronique Gouy, Claire Lauvernet,
Guy Le Hénaff, Marie Françoise Fabre,
Stéphane Pesce
UR Technologies et systèmes
d'information pour les agrosystèmes.
Clermont Ferrand
François Pinet, Sandro Bimonte,
Kamal Boulil
UMR Territoires, environnement,
télé-détection et information spatiale
André Miralles,
Abdoulkader Osman-Guedi

INRA

UMR Environnement et Grandes
Cultures. Grignon
Yves Coquet, Pierre Benoit,
Valérie Bergheaud, Pierre Vachier,
Christophe Labat



INRA - suite

UMR Som Agro et hydrosystème
Spatialisation. Rennes
Chantal Gascuel-Oudou, Catherine Grimaldi,
Jordy Salmon Monviola

ARVALIS – Institut du Végétal

Benoit Réal, Julie Maillet-Mezeray

**Union des Industries de Protection
des plantes**

Nicolas Marquet, Christian Guyot

MIRIPHYQUE - MISE AU POINT DE DESCRIPTEURS DU RISQUE DE CONTAMINATION DES EAUX DE SURFACE PAR LES PHYTOSANITAIRES À L'ÉCHELLE DU BASSIN VERSANT. PRISE EN COMPTE DES DIMENSIONS SPATIALES ET TEMPORELLES. APPUI À L'ÉVALUATION ET À LA GESTION DU RISQUE

L'objectif général du projet est de construire une méthode d'évaluation du potentiel de contamination des eaux de surface par les produits phytosanitaires à l'échelle du petit bassin versant (BV), qui inclut les dimensions spatiales et temporelles, sans avoir la complexité d'un modèle complet de devenir des pesticides à l'échelle du BV.

L'idée centrale est d'agréger à l'échelle du BV les résultats issus de la mise en œuvre de modèles de transfert de phytosanitaires à l'échelle de la parcelle, et d'intégrer l'influence des éléments du paysage sur les flux transférés.

Le projet est structuré en trois axes interconnectés :

- Modélisation aux différentes échelles d'intérêt ;
- Structuration des chroniques simulées dans un entrepôt de données spatio-temporelles, facilitant leur remobilisation ;
- Agrégation des résultats de modélisation ; Analyse statistique des résultats obtenus, confrontation aux données existantes (chimiques et biologiques).

La méthode sera mise au point sur deux petits bassins expérimentaux où l'on dispose de données depuis plusieurs années (Bretagne et Beaujolais), qui permettront de juger de la capacité de l'outil obtenu à rendre compte de façon satisfaisante des variations interannuelles du risque de contamination dans des contextes agro-pédo-climatiques contrastés.

Une analyse de sensibilité fournira des pistes pour sa transposition à d'autres contextes. Cette méthode permettra d'évaluer *a priori* la réduction de risques attendue de la mise en place de plans d'action sur un bassin versant, ainsi que d'affiner l'évaluation *a priori* du risque lié à la mise en place de nouvelles molécules sur le marché, en fournissant des probabilités de dépassement de concentrations dans des conditions réalistes.

Une réunion de lancement a eu lieu en janvier 2011 pour définir les priorités de recherche pour cette première année du projet.

MOTS CLÉS

Modélisation, indicateur, bassin versant, zones tampons, dynamique temporelle, distribution spatiale, indicateur biologique, base de données, entrepôts de données.

RESPONSABLE SCIENTIFIQUE

Agnès BOUCHEZ

INRA

UMR CARTEL

75 avenue de Corzent, BP 511

74203 THONON LES BAINS CEDEX

agnes.bouchez@thonon.inra.fr

PARTENAIRES DU PROJET

Faculty of Geosciences and
Environment, UNIL – Lausanne (CH)

Nathalie Chevre

Central Environmental Laboratory,
EPFL – Lausanne (CH)

Felippe De Alencastro

Laboratoire d'écologie microbienne
des hydrosystèmes anthropisés,

Cemagref – Lyon

Stéphane Pesce

IMPALAC - PRÉDIRE L'IMPACT DES HERBICIDES EN MÉLANGE ET À FAIBLE CONCENTRATION SUR LES COMMUNAUTÉS ALGALES PLANCTONIQUES ET BENTHIQUES LACUSTRES

Face au nombre élevé de pesticides retrouvés dans les milieux aquatiques, une démarche d'évaluation du risque de ces mélanges *a priori* devient l'outil indispensable des différents porteurs d'enjeux. Deux modèles toxicologiques existent actuellement pour décrire les effets de mélanges de substances chimiques : le modèle d'addition des concentrations (CA) et le modèle d'indépendance des effets (IA). Ces modèles ont été extrapolés pour l'évaluation du risque des mélanges (de Zwart et Posthuma 2005). Cependant, une des limites importantes à leur utilisation est le manque de données disponibles sur les effets individuels des substances (NOEC notamment). De plus, leur efficacité de prédiction n'a que très rarement été testée.

Le projet IMPALAC propose de valider ces modèles pour le cas des mélanges d'herbicides à faible dose et de leurs effets sur des espèces non-cibles que sont les microalgues lacustres.

Cette validation se fera par une démarche en trois étapes complémentaires :

- enrichissement des modèles par des essais en laboratoire,
- évaluation des effets des mélanges au niveau spécifique (souches algales) et sur les communautés par des approches expérimentales et de terrain et enfin
- les deux approches d'évaluation « *a priori* » et « *a posteriori* » seront confrontées pour évaluer les écarts aux modèles et l'efficacité des modèles dans une démarche de prédiction du risque.

Nous développerons des approches à différents niveaux d'organisation biologique (de l'espèce à la communauté) et à différents niveaux de complexité environnementale (du bioessai à l'approche *in situ*) de façon à pouvoir à la fois interpréter les éventuels écarts aux modèles et évaluer leur généralisation.

Les résultats du projet devraient permettre de progresser dans l'évaluation des impacts et l'amélioration des modèles de prédiction du risque des mélanges, et d'avancer vers des outils destinés à éclairer les porteurs d'enjeux dans leurs choix : les gestionnaires de ces types de milieux (prédiction du risque, suivi des impacts, suivi de la restauration) et les autorités compétentes (outils d'aide à la décision en matière de régulation des apports au lac, de traitement des eaux).

A partir de la question algues / herbicides, ce projet a l'ambition d'élargir la question aux différents compartiments de l'écosystème lacustre et d'aller vers une généralisation de l'outil de prédiction de risque à d'autres écosystèmes aquatiques (à la zone benthique notamment).

MOTS CLÉS

Mélanges d'herbicides, faibles doses, évaluation du risque, évaluation des impacts, écosystème lacustre, communautés algales, planctonique.



RESPONSABLE SCIENTIFIQUE

Christian BECHEMIN

Ifremer

Ifremer BP 7 Place Gaby Coll

17137 L'HOUMEAU

christian.bechemin@ifremer.fr

PARTENAIRES DU PROJET

Ifremer

Laboratoire d'écotoxicologie (LEX)

Sabine Stachowski Haberkorn

co-organisatrice du projet

Laboratoire de Biogéochimie des

Contaminants Métalliques (LBCM)

Jean-François Chiffolleau

Institut Universitaire Européen de la Mer (IUEM)

Laboratoire des sciences de

l'environnement marin (LEMAR) UMR

6539

Philippe Soudant

Laboratoire d'Études Environnementales

des Systèmes Anthropisés, équipe

Analyse et Modèle

Alain Jadas-Hecart

TOPHYPAC - TOLÉRANCE DES COMMUNAUTÉS PHYTOPLANCTONIQUES AUX PHYTOSANITAIRES DANS LE PANACHE DE LA CHARENTE

Ce projet est une étude de terrain sur le panache de la Charente, dans le bassin de Marennes-Oléron. Il vise à évaluer l'impact de la contamination chronique par les pesticides sur les communautés naturelles de phytoplancton, dans le temps et dans l'espace, selon le gradient de salinité du panache.

Les effets seront évalués sur la tolérance des communautés à un mélange de pesticides, via la fonction de production primaire, au regard de leur structure : c'est le concept du PICT (Pollution-Induced Community Tolerance). L'état physiologique des communautés sera aussi apprécié au regard du contenu intracellulaire en lipides et en chlorophylle.

Un suivi des caractéristiques physicochimiques, dont la contamination par les pesticides et les métaux) et floristiques (phytoplancton et bactéries hétérotrophes) du panache sera réalisé à deux niveaux : une stratégie de prélèvements bimensuels est prévue afin de connaître les niveaux de base des différents paramètres et leur évolution. En parallèle, un suivi plus ponctuel sera appliqué, avec une réactivité sur événement, sur la base d'informations temps-réel, lors des événements de dessalures qui accompagnent les épisodes pluvieux importants.

Cette stratégie complémentaire devrait permettre d'appréhender plus efficacement l'arrivée des pics de pesticides charriés par la Charente. C'est au cours de ces événements que les communautés phytoplanctoniques seront prélevées pour évaluer leur tolérance à un mélange de pesticides, et à un toxique de référence, après une courte exposition au laboratoire.

L'ensemble des données acquises dans ce projet permettra de mieux comprendre l'influence des pesticides et des facteurs environnementaux sur l'équilibre, les successions et la tolérance mesurée des communautés phytoplanctoniques. Le projet proposera une validation du concept de PICT en milieu côtier comme outil de diagnostic d'exposition chronique à de faibles doses de contaminants.

MOTS CLÉS

Continuum eau douce / eau côtière, pesticides, métaux, communautés phytoplanctoniques, production primaire, PICT, tolérance, cytométrie en flux, toxicité chronique.



RESPONSABLE SCIENTIFIQUE

Yves BRUNET

INRA, UR Ephyse

71 avenue Edouard Bourlaux

33883 VILLENAVE D'ORNON

brunet@bordeaux.inra.fr

PARTENAIRES DU PROJET

INRA

S. Dupont, A. Chahine

CEMAGREF

C. Sinfort

MODAPEX - MODÉLISATION DE LA DISPERSION AÉRIENNE DE PESTICIDES ET ÉVALUATION DES NIVEAUX D'EXPOSITION À L'ÉCHELLE DU PAYSAGE

Lors de traitements phytosanitaires, une partie relativement importante des produits pulvérisés peut être perdue dans l'environnement. Si les conséquences de ces pertes sur la contamination des eaux ont fait l'objet de nombreuses études, les connaissances sur la contamination de l'air par les pesticides sont plus limitées. La réversibilité des effets de cette pollution sur l'environnement et la santé est peu connue, et aucune norme n'a encore été établie dans le domaine aérien.

Le présent projet s'intéresse à la dispersion aérienne de pesticides lors d'une pulvérisation. Il vise à bâtir des outils de modélisation permettant de simuler le transport de pesticides par le flux d'air pulvérisé et l'écoulement atmosphérique, tout en représentant l'interaction du jet avec la végétation traitée. L'objectif central est de quantifier, sur une base mécaniste, la dérive au vent des pesticides, de façon à permettre une évaluation des pertes aériennes et des niveaux d'exposition résultants sous le vent des parcelles traitées.

Le cœur du projet consiste à développer un code de modélisation atmosphérique à fine échelle, reposant sur la méthode dite de LES (*Large-Eddy Simulation*, ou simulation des grandes échelles) qui permet de représenter les champs turbulents de manière dynamique. Il sera ainsi possible de simuler la dispersion instantanée d'aérosols de diverses caractéristiques dans un domaine tridimensionnel englobant une portion de paysage d'hétérogénéité quelconque. Une attention particulière sera portée sur la représentation du jet, son interaction avec la végétation et le transport des gouttelettes de pesticide hors de la zone de pulvérisation. L'étude sera menée sur le modèle vigne, une culture soumise à la pulvérisation de grandes quantités de pesticides. Le caractère générique de la modélisation devrait toutefois permettre facilement une extension ultérieure de l'approche à d'autres couverts (vergers, cultures basses, etc.). L'évaluation de la qualité des résultats s'appuiera sur des campagnes expérimentales réalisées *in situ*, en parcelle et sur couvert artificiel.

Les outils de calcul développés dans le cadre du projet permettront de cerner l'influence de plusieurs facteurs sur la dérive au vent des pesticides : conditions microclimatiques, structure de la végétation, caractéristiques du jet (granulométrie, vitesse et direction des gouttes), environnement de la parcelle. L'efficacité d'aménagements réalisés dans le but de limiter la dispersion aérienne pourra être évaluée (zones tampons, haies, filets, etc.). Enfin, il est prévu d'intégrer les courbes de dispersion obtenues dans une plateforme de modélisation en cours de développement (Drift-GIS), qui devrait permettre à terme de représenter le transport de polluants sur des distances de plusieurs km. A partir des champs de concentration simulés dans diverses configurations, on pourra alors définir sur toute une gamme d'échelles des indices de niveaux d'exposition et de dépôt.

MOTS CLÉS

Pesticides, viticulture, turbulence, dispersion atmosphérique, modélisation, qualité de l'air, exposition.



TEXTE DE L'APPEL À PROPOSITIONS DE RECHERCHE 2006

56

TEXTE DE L'APPEL À PROPOSITIONS DE RECHERCHE 2009

64





Direction
des Etudes Economiques
et de l'Évaluation Environnementale

Mars 2006

Programme « Évaluation et Réduction des Risques liés à l'Utilisation des Pesticides »

APPEL A PROPOSITIONS DE RECHERCHE 2006

Introduction - Éléments de contexte

Les questionnements sur les usages actuels des pesticides, leur dispersion dans l'environnement, leurs impacts écologiques et la recherche de solutions permettant d'envisager une alternative ou une réduction de ces usages, voire dans certains cas de pouvoir se passer de ces substances, sont à l'origine d'une demande sociétale forte et multiforme.

Ces différents aspects ont été abordés lors du premier colloque de restitution du Programme finalisé "Évaluation et Réduction des Risques liés à l'Utilisation des Pesticides" organisé en Avignon (14-16 novembre 2005¹). Ils ont aussi été au centre des travaux de l'Expertise Scientifique Collective (ESCo) "*Pesticides, agriculture et environnement. Réduire l'utilisation des pesticides et en limiter les impacts environnementaux*" réalisée par l'INRA et le Cemagref (www.inra.fr/expertise-pesticides) à la demande des ministères de l'Écologie et du Développement Durable et de l'Agriculture et de la Pêche, dont le colloque de restitution s'est tenu à Paris le 15 décembre 2005.

De nombreuses actions réglementaires en cours de mise en place ou à venir font par ailleurs explicitement référence à la problématique de l'utilisation des pesticides et des risques associés à cette utilisation :

- Réforme de la Politique Agricole Commune et mise en place de la conditionnalité,
- Mise en œuvre de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE),
- Préparation du Plan Interministériel de Réduction des Risques liés aux Pesticides,
- Projet de Directive Cadre européenne sur les sols (<http://europa.eu.int/com/environment/soil/index.htm>),
- Projet de Directive Cadre européenne sur les pesticides (<http://europa.eu.int/comm/environment/ppps/home.htm>).

¹ Caquet Th. & Bastien-Ventura C. (coord.), 2005. Pesticides, comment réduire les risques associés ? Actes du Colloque de Restitution du programme 'Évaluation et Réduction des Risques liés à l'Utilisation des Pesticides'. Avignon, 14-16 novembre 2005, 220 p.

Questions adressées à la recherche

Qu'il s'agisse de la future directive pesticides, ou de directives connexes comme la DCE ou le projet de directive sur les sols, la capacité de relier des pressions anthropiques telles que celles associées à la contamination de l'environnement par les pesticides, à des impacts chimiques ou écologiques constitue un point déterminant.

Cette démarche peut s'envisager *a priori* (évaluation des risques) ou *a posteriori* (suivi post-homologation, diagnostics environnementaux, etc.) ; sa mise en œuvre soulève de nombreux problèmes méthodologiques, qui ne peuvent être considérés comme étant tous surmontés actuellement et qui peuvent se décliner en de très nombreuses questions de recherche :

- Choix des modèles utilisés en évaluation des risques, le terme "modèle" étant employé ici dans son acception la plus large (simulation des conditions d'exposition, choix des espèces ou groupes d'espèces d'intérêt, etc.).
- Questionnement sur le caractère adapté ou non des procédures d'évaluation des risques des pesticides dans le cas des milieux tropicaux/équatoriaux et pour les milieux aquatiques non dulçaquicoles (eaux de transition, estuaires, eaux côtières).
- Pertinence des réseaux de surveillance actuels, définition et validation de nouvelles stratégies de mise en œuvre de ces réseaux, y compris en régions tropicales/équatoriales, incluant notamment le développement de techniques adaptées aux molécules les plus récentes.
- Validité des valeurs seuils réglementaires (normes de qualité environnementales, DCE), selon les compartiments de l'environnement concernés et transfert en régions tropicales/équatoriales.
- Compréhension du déterminisme de la distribution spatio-temporelle des concentrations en pesticides dans les différents compartiments de l'environnement, y compris biologiques.
- Mise en relation des données d'exposition aux pesticides dans les différents compartiments de l'environnement (eaux, air, sols, organismes vivants) avec des effets biologiques.
- Mise en relation des contaminations (expositions) observées avec les pratiques des utilisateurs de pesticides d'une part et les impacts environnementaux d'autre part.
- Questionnement sur la stratégie de mise en œuvre et l'interprétation des études de suivi post-homologation.

D'autre part, la limitation du recours aux pesticides apparaît comme le meilleur moyen pour réduire la contamination de l'environnement par ces substances et leurs impacts. Dans ce domaine, l'examen des propositions actuelles et de leur degré d'adoption met en exergue divers besoins :

- Besoin de méthodes de caractérisation des pratiques phytosanitaires et leurs

déterminants au sein des principaux systèmes de cultures existants.

- Disponibilité insuffisante de méthodes/pratiques alternatives économes en pesticides, voire ne nécessitant pas le recours à ces substances. Besoin d'une recherche systémique pour développer des méthodes alternatives efficaces et durables.
- Nécessité d'une évaluation *ex ante* de ces méthodes/pratiques (impacts économiques et écologiques, acceptabilité, insertion dans les systèmes d'action).
- Questionnement sur les conditions du développement des méthodes alternatives, qui apparaît fréquemment comme très lent, manque de connaissances sur des applications en vraie grandeur.
- Nécessité de fixer des objectifs à moyen ou long terme et de définir/mettre en œuvre des indicateurs qui permettent de caractériser l'état d'une situation et son évolution.

Les objectifs de cet APR sont de favoriser l'émergence de projets qui abordent certaines de ces questions et qui permettent de combler ainsi certaines des lacunes mises en évidence au cours des travaux financés par les précédents APR du Programme. Il s'agit notamment d'apporter des éléments de connaissance dans le domaine de la caractérisation couplée des mécanismes de transfert des pesticides et de leur impact sur l'état chimique et écologique des milieux naturels. Dans la mesure du possible, cette caractérisation sera associée à l'évaluation des performances de différents scénarios destinés à réduire le transfert des pesticides, à raisonner leur usage, à développer la mise en œuvre de systèmes moins dépendants des pesticides (voire non dépendants), à apprécier la faisabilité et les impacts environnementaux du recours à des méthodes alternatives (cas par exemple de la lutte contre *Aedes albopictus* dans l'île de la Réunion).

Contrairement aux APR précédents, et afin de favoriser l'émergence de projets faisant intervenir conjointement des équipes spécialisées dans le domaine de l'étude de la dynamique et des impacts, cet APR ne comporte que deux volets. L'articulation, dans les mêmes projets, de travaux relevant des volets 1 et 2 de l'APR est par ailleurs vivement souhaitée.

Domaines couverts par l'APR

- La santé humaine est en dehors des domaines couverts par l'APR.
- L'APR concerne les substances actives pesticides (substances de synthèse, biopesticides ; molécules mères mais aussi métabolites majeurs) utilisées en protection des cultures, ainsi que pour des usages non agricoles (zones urbaines, lutte antivectorielle, biocides, etc.). Les molécules faisant l'objet de propositions de recherche peuvent éventuellement être des molécules ayant fait ou allant faire l'objet d'un retrait d'homologation, à condition que leur choix en tant que molécules modèles soit explicite et que les possibilités de transfert des connaissances acquises à d'autres substances soient argumentées. Seules les substances biocides utilisées comme produits antiparasitaires (TP 14 à TP18 selon l'annexe V de la directive 98/8/CE : rodenticides, avicides, molluscicides, piscicides, insecticides, acaricides et produits utilisés pour lutter contre d'autres arthropodes) seront concernées. Les substances médicamenteuses (médicaments vétérinaires) ne sont concernées que s'il s'agit de molécules utilisées par ailleurs en tant que pesticides.
- L'APR n'a pas vocation à soutenir des observatoires ou des sites ateliers ; en revanche, les projets s'appuyant à un titre ou un autre sur un observatoire ou un site atelier sont recevables dans la mesure où la question scientifique qu'ils abordent est correctement circonscrite.

Volet 1. Pesticides et milieux naturels : évaluation a priori et suivi post-homologation

Le regroupement des thèmes "Dynamique des pesticides dans l'environnement" et "Évaluation des effets chroniques des pesticides sur des systèmes biologiques intégrés" des précédents APR en un seul volet correspond à un besoin fort en terme de projets de recherche novateurs abordant simultanément ces deux aspects. Toutefois, des projets portant uniquement sur l'une ou l'autre de ces thématiques peuvent être proposés. Leurs auteurs devront alors s'attacher à expliquer en quoi les travaux projetés s'inscrivent dans une démarche susceptible d'apporter des réponses cohérentes aux questionnements généraux évoqués dans l'introduction à cet APR.

L'objectif des projets de recherche proposés dans le cadre de ce volet doit être de produire des connaissances nouvelles ou de proposer des méthodologies permettant de faire évoluer les procédures d'évaluation des risques des pesticides pour les milieux naturels, que ce soit dans le cas de l'évaluation *a priori* des substances actives ou dans celui du suivi post-homologation.

Les projets pourront porter sur des usages non agronomiques des pesticides ou des produits/techniques alternatifs aux pesticides. Les projets privilégiant des développements méthodologiques dans le domaine de l'échantillonnage et de l'analyse des matrices environnementales seront éligibles dans la

mesure où ces développements s'inscrivent dans le cadre d'un projet plus vaste.

Trois axes de recherche ont été retenus. Le premier porte sur les réseaux de surveillance de la contamination de l'environnement par les pesticides. Le deuxième concerne l'amélioration des procédures d'évaluation des risques *a priori*. Enfin, le troisième aborde la caractérisation des effets des pesticides sur les écosystèmes (évaluation des risques *a posteriori*).

1.1. Réseaux de surveillance de la contamination de l'environnement par les pesticides

Les réseaux de surveillance de la contamination de l'environnement par les pesticides constituent des outils essentiels pour les gestionnaires de l'environnement. Des analyses convergentes soulignent les limites des réseaux actuels. Ces limites découlent notamment des stratégies d'échantillonnage et des méthodes analytiques mises en œuvre. Elles sont aussi la conséquence de lacunes dans la connaissance des caractéristiques spatiales et temporelles du devenir des substances ainsi que des difficultés inhérentes à l'interprétation des données ainsi obtenues en terme de risque écotoxicologique. Dans ce contexte, des projets sont attendus notamment sur :

- Le déterminisme de la répartition spatio-temporelle des concentrations en pesticides dans les différents compartiments de l'environnement, y compris biologiques.

- Le rôle de la végétation et des résidus de récolte dans la dynamique des résidus de pesticides dans les sols.
- Le développement et la validation de stratégies de surveillance des pesticides dans les zones marines côtières, y compris en régions tropicales/équatoriales. Une attention particulière devra être apportée à la prise en compte de la saisonnalité des phénomènes.
- La définition et/ou la mise en œuvre de protocoles de tests (applicables en particulier *in situ*) des normes de qualité environnementale (NQE) pour les pesticides dans l'eau.

1.2. Amélioration des procédures d'évaluation des risques a priori

Les procédures d'évaluation des risques *a priori* utilisées actuellement sont globalement satisfaisantes. Toutefois, des validations sont encore parfois nécessaires pour certains des modèles utilisés et il y a des interrogations récurrentes sur la pertinence de ces procédures pour certains usages ou pour certains écosystèmes. Des projets basés sur une analyse critique des procédures existantes sont attendus, qui apportent des données sur :

- La comparaison des prévisions des scénarios et modèles mis en œuvre dans le cadre de l'évaluation *a priori* avec des observations réelles en vue de la validation ou de l'amélioration des outils de l'évaluation des risques.
- L'exposition par voie atmosphérique et sa traduction en terme d'évaluation des risques.
- L'évaluation des méthodologies actuelles pour l'évaluation des risques pour les systèmes tropicaux et équatoriaux (tous milieux) et pour les milieux aquatiques littoraux (estuariers) et le milieu marin. Le cas échéant, des propositions d'amélioration et/ou d'adaptation devront être formulées et testées.

- Les conséquences de l'écart à la stationnarité des systèmes sur l'évaluation des risques.

1.3. Caractérisation des effets des pesticides sur les écosystèmes

Le faible nombre d'études convenablement menées sur la relation causale entre l'exposition aux pesticides dans les différents compartiments de l'environnement (eaux, air, sols) et les effets écotoxicologiques associés a notamment été mise en évidence dans le cadre de l'ESCO INRA-Cemagref. Les projets de recherche proposés ici pourront concerner notamment :

- L'amélioration de la caractérisation des termes d'exposition des organismes non-cibles et la mise en relation avec des effets biologiques à différents niveaux d'organisation. Il s'agira notamment de s'intéresser à la biodisponibilité des pesticides dans les différents compartiments de l'environnement.
- La réactualisation de la connaissance de la contamination des eaux marines côtières et des zones de transition, et de ses effets écotoxicologiques ; l'approche par la connaissance de la dynamique de transfert dans le continuum bassin versant / zone côtière devra être privilégiée, y compris pour les régions tropicales/équatoriales.
- La mise au point, la calibration et la validation d'outils de bioindication animale et végétale de la qualité des sols pollués par des pesticides.
- La définition et validation de protocoles permettant l'évaluation des risques écotoxicologiques *in situ* sur tous types d'organismes, susceptibles notamment d'être utilisés dans le cas des études de suivi post-homologation ou pour le suivi de plans d'action mis en œuvre à différentes échelles spatiales (groupes régionaux "phytos" par exemple).

Volet 2. Réduction de l'utilisation des pesticides – Approches systémiques et analyse socio-économique

Diverses propositions destinées à réduire l'utilisation des pesticides, qui se déclinent à différentes échelles temporelles (ajustement tactique des interventions, stratégies de campagne-itinéraires techniques, stratégies de long terme) et spatiales (parcelle, îlot de parcelles, bassin versant, bassin de production, régions, pays), ont été faites dans les années passées, mais elles présentent un niveau d'adoption globalement faible. Les projets de recherche pourront se centrer sur la formulation et le test de nouvelles propositions, mais on attend aussi des travaux permettant d'identifier les freins à cette adoption et les leviers sur lesquels il conviendrait d'agir. Les projets pourront aussi concerner les pratiques actuelles d'utilisation des pesticides, s'ils ont pour objectif de caractériser leurs déterminants en vue d'identifier les leviers d'action les plus pertinents et de mieux cibler les recherches en terme de conception/évaluation de systèmes de culture économes en pesticides. Cette caractérisation devra alors s'appuyer sur les bases de données existantes (enquêtes du SCEES¹ par exemple).

Quatre axes de recherches ont été identifiés. Deux considèrent directement les pratiques des agriculteurs et de leur environnement technico-économique. Ils portent d'une part sur les solutions techniques permettant d'utiliser moins de pesticides et d'autre part sur l'adoption de pratiques innovantes. Les approches proposées devront contribuer à une évolution des systèmes techniques (agricoles en particulier) dans le sens d'un développement durable. C'est pourquoi, au-delà de la proposition de démarches agronomiquement innovantes, les projets de recherche relevant de ce volet devront impérativement prendre en considération l'insertion de ces méthodes alternatives dans les systèmes de culture et/ou les dynamiques territoriales et leurs impacts socio-économiques et environnementaux. On pourra également s'intéresser aux méthodes de caractérisation des pratiques phytosanitaires et à leurs déterminants au sein des principaux systèmes de cultures existants. Les deux autres axes sont relatifs à la décision publique ; le premier aborde la question de la forme de l'intervention publique dans le domaine de la régulation de l'utilisation des pesticides, et le second le thème de l'évaluation des effets non-intentionnels des pesticides (y

compris dans les cas d'usages non agronomiques).

2.1. *Stratégies innovantes : protection et production intégrées*

Des projets sont attendus en ce qui concerne la proposition de solutions alternatives, en priorité pour les cultures fortement consommatrices de pesticides. Les projets devront considérer :

- les aspects agronomiques des solutions proposées (interférences avec les systèmes de culture et de production)
- leurs aspects socio-économiques (coûts de mise en œuvre, marges, organisation du travail, quantification des risques de production, quantification des risques d'erreur, ...).
- leurs aspects environnementaux (utilisations de pesticides, transferts potentiels, impacts sur la biodiversité...).

Ils devront prendre en compte, en fonction des caractéristiques spécifiques des cas d'étude, les échelles de la parcelle, de l'exploitation agricole, du paysage, du bassin versant ou du bassin de production, et les relations entre ces différentes échelles. Le domaine de pertinence (en terme d'extension géographique, de systèmes de production ou de paysages concernés) de ces solutions alternatives devra aussi être étudié. Enfin, dans la mesure du possible, une comparaison de l'efficacité et des impacts de ces solutions avec les solutions conventionnelles est attendue.

Les travaux à caractère méthodologique sur le développement ou l'adaptation d'indicateurs ou d'outils de caractérisation des nouveaux systèmes de production ou de gestion des paysages seront également considérés. Ils pourront se décliner à différentes échelles temporelles et spatiales (nationale, mais aussi régionale ou locale comme par exemple dans le cas de la mise en œuvre de plans d'action). Ils devront comporter une phase de validation impliquant l'utilisation de données réelles (sites des groupes régionaux "phyto" par exemple). Ces indicateurs devront prendre en compte les risques pour la biodiversité et une attention prioritaire devra être accordée à la question de l'existence et de la disponibilité des données nécessaires à leur mise en œuvre opérationnelle.

¹ Service Central des Enquêtes et Études Statistiques du ministère de l'Agriculture et de la Pêche

2.2. Adoption d'alternatives à l'utilisation des pesticides et de pratiques économes en pesticides

Il est attendu que des projets mobilisant les sciences biologiques, agronomiques et socio-économiques, s'attachent à l'étude des conditions de la mise en œuvre des méthodes alternatives. On pourra en particulier s'intéresser à l'analyse des dynamiques sociales en œuvre pour leur adoption (réseaux socio-techniques, concertation, incitation, systèmes de conseil, etc.) et aux freins à l'utilisation de nouvelles pratiques de production (organisation du travail, aversion au risque, représentations sociales). Les travaux proposés pourront concerner les attitudes des agriculteurs et celles des acteurs de leur environnement économique (évolution de la PAC...) et technique (sources de conseil technique, exigences des utilisateurs des produits agricoles, fournisseurs d'intrants, ...). Ils pourront aussi aborder l'identification et la quantification des déterminants économiques de l'utilisation des pesticides dans différents secteurs de la production agricole, ainsi que l'influence des relations du secteur agricole avec les secteurs amont (coopératives d'approvisionnement, semenciers, ...) et aval (entreprises de collecte-stockage, organisations de producteurs, coopératives, négociants, ...).

2.3. Proposition et évaluation ex ante des nouveaux scénarios proposés en vue de réduire l'utilisation des pesticides

Divers scénarios en vue de réduire l'utilisation des pesticides ont été proposés dans le cadre de l'ESCo INRA-Cemagref et lors du colloque d'Avignon. D'autres pistes peuvent être envisagées. Dans tous les cas, il est indispensable que ces scénarios fassent l'objet d'une évaluation *ex ante*. Les projets de recherche sur ce thème devront aborder notamment :

- l'analyse des scénarios de mise en œuvre des innovations : prise en compte des stratégies, parfois antagonistes, des différents acteurs impliqués ; organisation collective du conseil et de l'élaboration de références ; rôle possible de l'assurance financière des récoltes dans la réduction de l'usage des pesticides.
- l'analyse des scénarios de politiques publiques (réforme de la PAC, coordination entre politiques agricoles et environnementales).
- l'analyse des interactions entre innovation et politiques publiques : relation entre les instruments de soutien, de contrôle, d'évaluation et de régulation de l'agri-

environnement, et l'émergence ou le développement de méthodes alternatives à la lutte chimique.

A ce niveau, un intérêt particulier pourra être porté à la mise en place d'outils politiques ou réglementaires visant à diminuer les usages ou les effets non-intentionnels des pesticides

Les travaux de recherche pourront concerner l'analyse des résultats d'une expérience déjà mise en place, l'analyse des effets attendus de différents types d'instruments (différents types de contrats, approches volontaires, ...) ou la simulation des effets d'instruments envisageables à partir de modèles de comportement des agriculteurs ou de modèles d'équilibre général calculable, ... De même, des travaux sur le choix des modalités d'intervention (coûts de transaction, mécanismes de contrôle, mesures de compensations éventuelles, ...) sont particulièrement attendus. Par ailleurs, la question de la cohérence des outils de régulation de l'utilisation des pesticides avec (i) ceux dédiés aux régulations des pollutions par les fertilisants, de l'irrigation, ..., (ii) les mesures agri-environnementales existantes et (iii) les politiques agricoles apparaît cruciale.

Peu de travaux considèrent les effets des politiques agri-environnementales sur les secteurs en amont et en aval du secteur agricole. Aussi, des études des effets de différents types de régulation de l'utilisation des pesticides sur les secteurs de l'agro-fourmiture, du conseil agricole, ... seront encouragées. Enfin, les travaux d'économie ou de science politique sur la régulation des pesticides (fonctionnement des procédures d'homologation, ...) s'intègrent aux problématiques définies ici.

2.4. Évaluation des effets non-intentionnels des pesticides.

Cet axe s'intéresse à la mesure des bénéfices sociaux de la régulation de l'utilisation des pesticides. Il s'agit d'évaluer l'intérêt des consommateurs pour des produits sans pesticides mais également d'étudier les déterminants de la demande de ces produits. Les stratégies d'évaluation pourront s'appuyer sur l'analyse de marchés existants (produits de l'agriculture biologique, produits frais sans traitements après récolte, ...). Des études de sociologie ou d'économie expérimentale visant à expliquer les motivations d'achat (et leur évolution) de ce type de produit sont encouragées. Les approches utilisant les méthodes d'évaluation hypothétiques (évaluation contingente, analyse conjointe, ...) seront également considérées avec intérêt.

Critères de sélection des projets

- Les projets de recherche devront avoir pour objectif d'aider les gestionnaires et les pouvoirs publics à asseoir leurs décisions sur des bases scientifiques bien établies. La mention explicite de débouchés opérationnels à l'issue de l'étude sera particulièrement appréciée. Les projets associant des équipes d'organismes de recherche fondamentale et des instituts techniques ou des gestionnaires sont encouragés. Une attention particulière sera portée aux liens avec des équipes européennes ou projets européens.
 - Le conseil scientifique se donne la possibilité de retenir toute proposition originale et de proposer aux équipes de recherche des regroupements.
 - Des projets proposés dans des sites où sont mis en œuvre des plans d'action concernant l'utilisation des pesticides seront appréciés (sites des groupes régionaux "phyto" ; voir www.ecologie.gouv.fr/IMG/pdf/bilan_GRAP_2003-2.pdf).
 - Seront considérés comme prioritaires les projets concernant :
 - + les usages des pesticides dans des zones considérées comme sensibles (espaces périurbains, zones naturelles protégées, estuaires, ...).
 - + les cas de contamination multiple, qu'elle découle de l'application de mélanges de préparations commerciales ou de la succession de traitements, dans le cas d'itinéraires techniques représentatifs de ceux mis en œuvre à l'heure actuelle ou proposés dans le cadre de nouvelles pratiques.
 - + l'étude des effets des faibles doses/concentrations et des effets à long terme.
 - + les études de solutions alternatives sur cultures fortement consommatrices de pesticides.
 - Les travaux de modélisation sont encouragés dans la mesure où ils permettent notamment d'envisager une généralisation, la construction d'outils de prédiction et/ou un changement d'échelle.
 - La cohérence de l'organisation des projets, leur faisabilité générale ainsi que la planification des démarches feront partie des éléments analysés. D'une manière générale, et a fortiori pour les projets associant des opérationnels (e.g., adossés à des sites bénéficiant de plans d'action), une attention particulière sera aussi portée à l'animation et à la coordination des projets.
- Les propositions seront analysées par :
- Le Conseil Scientifique, qui examinera les projets et évaluera : leur adéquation à l'appel à propositions de recherche, leur intérêt et leur qualité scientifique (innovation, acquisition de connaissances, adéquation entre l'approche expérimentale et les objectifs), les compétences des équipes et leur complémentarité, les propositions d'animation et de valorisation et les perspectives d'application, ainsi que la faisabilité des projets.
 - Le Comité d'Orientation, qui sélectionnera les projets, en fonction des priorités de recherche établies, en s'attachant à privilégier ceux d'ont l'utilité pour les politiques publiques est la plus prometteuse.





Commissariat Général au Développement Durable

le 30 mars 2009

Direction de la Recherche et de l'Innovation
Service de la Recherche

Appel à Propositions de Recherche

Programme « Evaluation et réduction des risques liés à l'utilisation des pesticides »



PESTICIDES

Date limite de réception des projets :
15 septembre 2009

Contact MEEDDAT:
Marion BARDY
marion.bardy@developpement-durable.gouv.fr
01.42.19.17.17

Introduction - Eléments de contexte

Les questionnements sur les usages des pesticides, leur dispersion dans l'environnement, leurs impacts écologiques et la recherche de solutions permettant d'envisager une alternative ou une réduction de ces usages, voire dans certains cas de pouvoir se passer de ces substances, sont à l'origine d'une demande sociétale forte et multiforme, qui se traduit notamment par l'objectif issu du Grenelle de l'Environnement de réduire de moitié les usages des pesticides d'ici 2018, si possible.

De nombreuses actions, en cours de mise en place ou à venir, font par ailleurs explicitement référence à la problématique de l'utilisation des pesticides, aux risques associés à cette utilisation et à la nécessaire évolution des pratiques :

- Réforme de la Politique Agricole Commune et mise en place de la conditionnalité,
- Mise en œuvre de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE),
- Plan Ecophyto et Plan Interministériel de Réduction des Risques liés aux Pesticides¹,
- Projet de Directive Cadre européenne sur les pesticides²,
- Second plan d'action (2009-2011) de l'Observatoire des Résidus de Pesticides³.

Questions adressées à la recherche

La capacité de relier des pressions anthropiques telles que celles associées à la contamination de l'environnement par les pesticides et/ou leurs produits de dégradation, à des impacts chimiques ou écologiques constitue un point déterminant. Cette démarche peut s'envisager *a priori* (évaluation des risques) ou *a posteriori* (suivi post-homologation, diagnostics environnementaux, etc.) ; sa mise en œuvre soulève de nombreux problèmes méthodologiques, qui ne peuvent être considérés comme étant tous surmontés actuellement et qui peuvent se décliner en de très nombreuses questions de recherche, par exemple :

- Choix des modèles utilisés en évaluation des risques, le terme "modèle" étant employé ici dans son acception la plus large (simulation des conditions d'exposition, choix des espèces ou groupes d'espèces d'intérêt, etc.).
- Questionnement sur le caractère adapté ou non des procédures d'évaluation des risques des pesticides dans le cas des milieux tropicaux/équatoriaux et pour les milieux aquatiques non dulçaquicoles (eaux de transition, estuaires, eaux côtières).
- Pertinence des réseaux de surveillance actuels, définition et validation de nouvelles stratégies de mise en œuvre de ces réseaux (y compris en régions tropicales/équatoriales), incluant notamment les plans d'échantillonnage et le développement de techniques analytiques adaptées aux molécules les plus récentes. Concernant les réseaux de surveillance, les méthodologies de suivi et d'interprétation des résultats doivent permettre de caractériser les évolutions au cours du temps de la contamination par les pesticides (comparaisons interannuelles par exemple), et ce aux différentes échelles spatiales.
- Pertinence des valeurs seuils de danger (PNEC ou équivalent), selon les compartiments de l'environnement concernés et transfert aux régions tropicales/équatoriales, en cohérence avec les dispositions réglementaires européennes applicables aux pesticides.
- Amélioration de la prise en compte des caractéristiques des patrons spatio-temporels d'exposition dans l'évaluation des dangers et des risques.
- Mise en relation des données d'exposition aux pesticides dans les différents compartiments de l'environnement (eaux, air, sols, organismes vivants) avec des effets biologiques.
- Mise en relation des contaminations (expositions) observées avec les pratiques des utilisateurs de pesticides d'une part, et les impacts environnementaux d'autre part.
- Questionnement sur la stratégie de mise en œuvre et l'interprétation des études de suivi post-homologation.

¹ http://agriculture.gouv.fr/sections/magazine/focus/phyto-2018-plan-pour/ecophyto-2018-plan-pour6154/downloadFile/FichierAttache_5_f0/PLAN_ECOPHYTO_2018.pdf?nocache=1221140711.3

² <http://europa.eu.int/comm/environment/ppps/home.htm>

³ <http://www.observatoire-pesticides.gouv.fr>

D'autre part, la limitation du recours aux pesticides et l'adoption de bonnes pratiques pour leur utilisation apparaissent comme les moyens les plus directs pour réduire la contamination de l'environnement par ces substances. Dans ce domaine, l'examen des propositions actuelles et de leur degré d'adoption met en exergue divers besoins :

- Disponibilité insuffisante de méthodes/pratiques alternatives économes en pesticides, voire ne nécessitant pas le recours à ces substances, y compris dans le cas des zones non agricoles. Besoin d'une recherche systémique pour développer des méthodes alternatives efficaces et durables.
- Nécessité d'une évaluation *ex ante* de ces méthodes/pratiques (impacts économiques - y compris sur les quantités produites -, sur la qualité des récoltes et l'état des milieux, acceptabilité, insertion dans les systèmes d'action, etc.).
- Questionnement sur les conditions du développement des méthodes alternatives, qui apparaît fréquemment comme très lent, et manque de connaissances sur des applications en vraie grandeur.
- Nécessité de fixer des objectifs à moyen ou long terme et de définir/mettre en œuvre des indicateurs qui permettent de caractériser l'état d'une situation et son évolution.

Les objectifs de cet APR sont de favoriser l'émergence de propositions de recherche qui abordent certaines de ces questions et qui permettent de combler ainsi certaines des lacunes mises en évidence au cours des travaux financés par les précédents APR du Programme, notamment à l'occasion du second colloque de restitution organisé à Reims en novembre 2007. Il s'agit en particulier d'apporter des éléments de connaissance dans le domaine de la caractérisation couplée des mécanismes de transfert des pesticides et de leur impact sur la qualité chimique et écologique des milieux naturels. Dans la mesure du possible, cette caractérisation sera associée à l'évaluation des performances de différents scénarios destinés à réduire le transfert des pesticides et à raisonner leur usage, mais surtout à développer des systèmes moins dépendants des pesticides (voire non dépendants) et à apprécier la faisabilité et les impacts environnementaux de ces systèmes, en allant au-delà du seul terme 'pesticides' de leur bilan environnemental.

Dans la continuité de l'APR 2006 du programme, et afin de continuer à favoriser l'émergence de propositions faisant intervenir conjointement des équipes spécialisées dans les domaines de l'étude de la dynamique et des impacts des pesticides, cet APR comporte deux volets. L'articulation, dans les mêmes propositions, de travaux relevant des volets 1 et 2 de l'APR est par ailleurs vivement souhaitée.

Domaines couverts par l'APR

- L'APR concerne les substances actives pesticides (substances de synthèse, biopesticides ; molécules mères mais aussi métabolites majeurs) utilisées en protection des cultures, ainsi que pour des usages non agricoles (Zones Non Agricoles, lutte antivectorielle, biocides, etc.). Les molécules faisant l'objet de propositions de recherche peuvent éventuellement être des molécules ayant fait ou allant faire l'objet d'un retrait d'homologation, à condition que leur choix en tant que molécules modèles soit explicité et que les possibilités de transfert des connaissances acquises à d'autres substances soient clairement argumentées. Les substances biocides ne sont concernées que dans la mesure où les travaux porteront sur des usages bien précis (TP 14 à TP 18 selon l'annexe V de la directive 98/8/CE : rodenticides, avicides, molluscicides, piscicides, insecticides, acaricides et produits utilisés pour lutter contre d'autres arthropodes). Les médicaments vétérinaires ne sont concernés que s'il s'agit de molécules utilisées par ailleurs en tant que pesticides, ou si leur impact environnemental peut être assimilé à celui des pesticides (avermectines en particulier).
- L'APR n'a pas vocation à soutenir des observatoires ou des sites ateliers ; en revanche, les propositions s'appuyant à un titre ou un autre sur un observatoire ou un site atelier sont recevables dans la mesure où la question scientifique qu'ils abordent est correctement circonscrite.
- La conception intégrale de systèmes de culture innovants ne relève pas de cet APR, cette question étant traitée par ailleurs dans des programmes nationaux (ANR SYSTERRA par exemple).

- La santé humaine est en dehors des domaines couverts par l'APR, cet aspect étant abordé par d'autres programmes tels que le programme Contaminants, Ecosystèmes, Santé de l'ANR, le Programme National de Recherche sur les Perturbateurs Endocriniens du MEEDDAT ou le programme Environnement, Santé, Travail de l'AFSSET.

Volet 1. Pesticides et milieux naturels : évaluation *a priori* et suivi post-homologation

L'objectif des propositions de recherche soumises dans le cadre de ce volet devra être de produire des connaissances nouvelles ou des méthodologies permettant de faire évoluer les procédures d'évaluation des risques des pesticides pour les milieux naturels, que ce soit dans le cas de l'évaluation *a priori* des substances actives, en lien avec les dispositions réglementaires européennes, ou dans celui du suivi post-homologation.

Les propositions pourront porter sur des usages non agricoles des pesticides ou des produits/techniques alternatifs aux pesticides. Des propositions portant uniquement sur la dynamique environnementale des pesticides ou sur leurs impacts peuvent être proposées. Leurs auteurs devront alors s'attacher à expliquer en quoi les travaux projetés s'inscrivent dans une démarche susceptible d'apporter des réponses cohérentes aux questionnements généraux évoqués dans l'introduction à cet APR.

Trois axes de recherche ont été retenus. Le premier porte sur l'amélioration des réseaux de surveillance de la contamination de l'environnement par les pesticides. Le deuxième concerne l'amélioration des procédures d'évaluation de risques *a priori*. Enfin, le troisième aborde la caractérisation des effets des pesticides sur les écosystèmes (évaluation *a posteriori*).

1.1. Amélioration des réseaux de surveillance de la contamination de l'environnement par les pesticides

Les réseaux de surveillance de la contamination de l'environnement par les pesticides constituent des outils essentiels pour les gestionnaires de l'environnement. Les limites des réseaux actuels découlent pour partie des stratégies d'échantillonnage et des méthodes analytiques mises en œuvre. Elles sont aussi la conséquence de lacunes dans la connaissance des caractéristiques spatiales et temporelles du devenir des substances ainsi que des difficultés inhérentes à l'interprétation des données, notamment en termes de risque écotoxicologique et de changement d'échelle spatiale et temporelle. Dans ce contexte, des propositions sont attendues en particulier sur :

- Le rôle de la végétation et des résidus de récolte dans la dynamique des résidus de pesticides dans les sols.
- Le déterminisme de la répartition spatio-temporelle des concentrations en pesticides dans les différents compartiments de l'environnement, y compris biologiques.
- Le développement et la validation de stratégies de surveillance des pesticides dans les zones marines côtières, y compris en régions tropicales/équatoriales.
- Le développement de méthodes et d'outils permettant d'aborder le changement d'échelle spatiale et temporelle, en vue notamment de mieux utiliser et intégrer les données de surveillance afin de renseigner la décision publique pour la gestion environnementale et de mieux asseoir la conception des dispositifs de surveillance et de leurs plans d'échantillonnage. Les approches correspondantes pourront être multiples (modélisation, géostatistiques, analyses multicritères, etc.). Elles ne devront pas se cantonner aux seules données relatives aux pesticides, mais faire aussi intervenir des données d'autre nature (météorologiques, hydrologiques, présence d'autres substances, etc.).

Compte tenu de l'existence d'autres programmes de soutien à la recherche dans ces domaines, financés notamment par l'ORP, en particulier en ce qui concerne les développements méthodologiques dans le domaine de l'échantillonnage et de l'analyse des matrices environnementales, les proposant devront clairement indiquer la complémentarité éventuelle de toute nouvelle proposition avec des actions déjà financées par ailleurs, et apporter la preuve que ces développements sont nécessaires dans le cadre d'un projet plus vaste.

1.2. Amélioration des procédures d'évaluation de risque dans le cadre de l'autorisation de mise sur le marché

Bien que les procédures d'autorisation de mise sur le marché actuelles soient globalement satisfaisantes, il n'en demeure pas moins que des validations sont encore nécessaires pour certains des modèles utilisés. Il y a des interrogations récurrentes sur la pertinence de ces procédures pour certains usages ou pour certains écosystèmes, ainsi que pour certaines familles de substances (substances d'origine naturelle par exemple). Des propositions, basées sur une analyse critique des procédures existantes, sont attendues, qui apportent des éléments transférables aux gestionnaires sur :

- Le développement de procédures d'autorisation de mise sur le marché adaptées pour les produits alternatifs aux substances de synthèse (ex. éliciteurs de défenses naturelles), notamment en ce qui concerne l'évaluation de leur risque éventuel et de leur efficacité, en lien avec les dispositions réglementaires européennes.
- La comparaison des prévisions des scénarios et modèles mis en œuvre dans le cadre de l'évaluation des risques *a priori* avec des observations réelles en vue de la validation ou de l'amélioration des outils de l'évaluation de risque.
- Des propositions d'amélioration et/ou d'adaptation des méthodologies actuelles pour l'évaluation des risques *a priori* pour les systèmes tropicaux et équatoriaux (tous milieux) et pour les milieux aquatiques littoraux (estuaires) et le milieu marin.
- La pertinence de la prise en compte dans les procédures d'autorisation de mise sur le marché des processus d'adaptation et de sélection au sein des populations d'organismes non cibles.
- L'influence des conduites agronomiques alternatives (travail simplifié du sol par exemple) sur les paramètres d'évaluation du devenir et du comportement des pesticides dans les sols.
- La définition de méthodologies consensuelles pour l'analyse de certains points critiques des dossiers d'autorisation de mise sur le marché, tant en ce qui concerne les paramètres d'exposition (par exemple coefficients d'adsorption, modèles de transfert vers l'air, etc.) que les paramètres d'effet (en ce qui concerne par exemple les micro-organismes, les insectes sociaux, les insectes phytophages, les amphibiens, les reptiles, etc.), en lien avec les lignes directrices européennes.
- Les conséquences de l'écart à la stationnarité des systèmes sur l'évaluation des risques.

1.3. Caractérisation des effets des pesticides sur les écosystèmes

Le faible nombre d'études convenablement menées sur la relation causale entre l'exposition aux pesticides dans les différents compartiments de l'environnement (eaux, air, sols) et les effets écotoxicologiques associés a notamment été mis en évidence dans le cadre de l'Expertise Scientifique Collective (ESCo) menée par l'INRA et le Cemagref⁴. Les propositions de recherche pourront concerner notamment :

- L'amélioration de la caractérisation des termes d'exposition des organismes non-cibles et la mise en relation avec des effets biologiques à différents niveaux d'organisation. Il s'agira notamment de s'intéresser à la biodisponibilité des pesticides dans les différents compartiments de l'environnement.
- La réactualisation de la connaissance de la contamination des eaux marines côtières et des zones de transition, et de ses effets écotoxicologiques ; l'approche par la connaissance de la dynamique de transfert dans le continuum bassin versant / zone côtière devra être privilégiée, y compris pour les régions tropicales/équatoriales.
- La mise au point, la calibration et la validation d'outils de bioindication animale et végétale de la qualité des sols ayant reçu des pesticides.
- L'analyse des processus adaptatifs et de sélection induits par l'exposition aux pesticides au sein des populations d'organismes non cibles et de leurs conséquences sur la dynamique et les capacités de maintien de ces populations.

⁴ http://www.inra.fr/l_institut/expertise/expertises_realisees/pesticides_agriculture_et_environnement

- L'analyse des interactions possibles entre les effets des pesticides et ceux d'autres stress environnementaux anthropiques ou d'origine naturelle, notamment climatique.
- Comme dans le cas de l'analyse des concentrations de pesticides dans les différents compartiments de l'environnement, des propositions visant à une meilleure prise en compte du changement d'échelle spatiale et temporelle dans l'analyse des effets des pesticides au niveau des écosystèmes seront particulièrement appréciées.
- La définition et la validation de protocoles permettant l'évaluation des risques écotoxicologiques *in situ* sur tous types d'organismes, susceptibles notamment d'être utilisés dans le cas des études de suivi post-homologation ou pour le suivi de plans d'action mis en œuvre à différentes échelles spatiales.
- Le développement d'indicateurs de risque permettant d'évaluer quantitativement la réduction de l'impact des pesticides sur les différents compartiments de l'environnement.

Volet 2. Réduction de l'utilisation des pesticides – Approches systémiques et analyse socio-économique

Ce volet de l'APR a notamment pour objectif de susciter des propositions dans les domaines des sciences économiques et sociales, ainsi que des propositions associant plusieurs champs disciplinaires des domaines biotechniques et socio-économiques.

Diverses propositions destinées à réduire l'utilisation des pesticides, qui se déclinent à différentes échelles temporelles (ajustement tactique des interventions, stratégies de campagne-itinéraires techniques, stratégies de long terme) et spatiales (parcelle, îlot de parcelles, bassin versant, bassin de production, régions, pays), existent mais elles présentent un niveau d'adoption globalement faible. Les nouveaux projets pourront se centrer sur la formulation et le test de nouvelles propositions, mais des travaux permettant d'identifier les freins à leur adoption et les leviers sur lesquels il conviendrait d'agir sont aussi attendus. Les approches proposées devront contribuer à une évolution des systèmes techniques (agricoles en particulier) dans le sens d'un développement durable. C'est pourquoi, au-delà de la proposition de démarches agronomiquement innovantes, les propositions de recherche relevant de ce volet devront impérativement prendre en considération l'insertion de ces méthodes alternatives dans les systèmes de culture et/ou les dynamiques territoriales et leurs impacts socio-économiques et environnementaux.

Quatre axes de recherche ont été retenus. Les deux premiers concernent des propositions relatives à de nouvelles stratégies d'utilisation des pesticides, respectivement en agriculture et dans le cas des Zones Non Agricoles. Le troisième est consacré à l'analyse du déterminisme de l'adoption (ou de la non adoption) des nouvelles pratiques et des bénéfices sociétaux de la réduction de l'utilisation des pesticides. Le quatrième enfin porte sur l'analyse *ex ante* des nouveaux scénarios proposés en vue de réduire cette utilisation.

2.1. Stratégies innovantes : protection et production intégrées

Des propositions de recherche sont attendues en ce qui concerne la proposition de solutions alternatives, en priorité pour les cultures fortement consommatrices de pesticides. Elles devront considérer :

- Les aspects agronomiques des solutions proposées (interférences avec les systèmes de culture et de production).
- Leurs aspects socio-économiques (coûts de mise en œuvre, rendements, marges, organisation du travail, quantification des risques de production – y compris sanitaires, quantification des risques d'erreur, ...).
- Leurs aspects environnementaux (utilisation de pesticides, transferts potentiels, impacts sur la biodiversité...).

Le recours aux pesticides est l'une des solutions techniques pour contrôler des bioagresseurs des cultures. Des travaux d'épidémiologie apportant des connaissances sur la dynamique de ces bioagresseurs seront retenus s'ils contribuent à une optimisation de l'emploi des pesticides au travers du raisonnement des pratiques agronomiques ou de l'organisation de l'espace agricole en vue de limiter le

développement et la dispersion des bioagresseurs. Les propositions portant sur l'étude des auxiliaires des cultures et sur l'organisation des espaces agricoles favorisant leur installation font partie des stratégies de réduction de l'utilisation des pesticides, et sont donc à ce titre concernées par cet APR.

Les propositions devront prendre en compte, en fonction des caractéristiques spécifiques des cas d'étude, les échelles de la parcelle, de l'exploitation agricole, du paysage, du bassin versant ou du bassin de production, et les relations entre ces différentes échelles. Le domaine de pertinence (en terme d'extension géographique, de systèmes de production ou de paysages concernés) de ces solutions alternatives devra aussi être caractérisé. Une priorité sera donnée aux approches concernant des bioagresseurs multiples et au développement d'outils pour optimiser l'organisation de l'espace afin de limiter les pertes de pesticides et d'améliorer le contrôle des bioagresseurs. L'évaluation des propositions de systèmes de protection alternatifs devra être réalisée sous la forme d'un vrai écobilan, en intégrant par exemple des critères tels qu'un bilan d'émission de gaz à effet de serre et des indicateurs de performances environnementales. Enfin, une comparaison de l'efficacité et des impacts de ces solutions avec celles des solutions conventionnelles est attendue.

Les travaux à caractère méthodologique sur le développement ou l'adaptation d'indicateurs ou d'outils de caractérisation des nouveaux systèmes de production ou de gestion des paysages seront également considérés. Les propositions comportant un aspect relatif aux dimensions sociologiques et économiques de la construction de ces instruments (déterminisme des pondérations éventuellement prises en compte dans les indicateurs, mécanismes de co-construction et jeux d'acteurs associés par exemple) seront particulièrement appréciées. Les indicateurs correspondants pourront se décliner à différentes échelles temporelles et spatiales (nationale mais aussi régionale ou locale comme par exemple dans le cas de la mise en œuvre de plans d'action). Les travaux devront comporter une phase de validation impliquant l'utilisation de données réelles (sites des groupes régionaux "phyto" par exemple) et viser l'évaluation de la stratégie complète de protection et non pas simplement des itinéraires techniques.

2.2. Diminution de l'usage des pesticides en Zones Non Agricoles (ZNA)

Même si les quantités de pesticides utilisées en ZNA sont beaucoup plus faibles que celles employées en agriculture, ces usages constituent une source non négligeable de contamination de l'environnement, notamment en raison de leur degré d'imperméabilisation souvent élevé. C'est pourquoi il est attendu des propositions relatives au développement et à la diffusion d'outils spécifiques pour la diminution de l'usage des pesticides en ZNA :

- Méthodes alternatives applicables en ZNA.
- Indicateurs d'usage spécifique.
- Conception d'espaces (espaces verts urbains par exemple) limitant le recours aux pesticides.

Comme dans le cas des propositions de recherche relatives aux stratégies innovantes en agriculture, une évaluation environnementale des innovations devra être explicitement incluse.

2.3. Leviers et freins à l'adoption de pratiques économes en pesticides – Bénéfices sociétaux de la réduction d'utilisation des pesticides

Il est attendu que des propositions de recherche mobilisant les sciences biologiques, agronomiques et socio-économiques, s'attachent à l'étude des conditions de la mise en œuvre des méthodes alternatives en abordant par exemple :

- La question des normes, souvent à l'origine de controverses, de leur processus d'élaboration, de leur perception par différents acteurs (agriculteurs, distributeurs, consommateurs) et de leur influence sur les usages des pesticides.
- L'analyse des dynamiques sociales mises en œuvre pour l'adoption des méthodes alternatives (réseaux socio-techniques, concertation, incitation, systèmes de conseil, etc.) et des freins à l'utilisation de nouvelles pratiques (organisation du travail, aversion au risque, représentations sociales, etc.).

- L'intérêt des consommateurs pour des produits sans pesticides et les déterminants de la demande de ces produits. Les stratégies d'évaluation pourront s'appuyer sur l'analyse de marchés existants (produits de l'agriculture biologique, produits frais sans traitements après récolte, etc.). Des études de sociologie ou d'économie expérimentale visant à expliquer les motivations d'achat (et leur évolution) de ce type de produit sont encouragées. Les approches utilisant les méthodes d'évaluation hypothétiques (évaluation contingente, analyse conjointe, etc.) seront également considérées avec intérêt.

Les travaux proposés pourront concerner les attitudes des agriculteurs et celles des acteurs de leur environnement économique et technique (sources de conseil technique, exigences des utilisateurs des produits agricoles, fournisseurs d'intrants, etc.). Ils pourront aussi aborder l'identification et la quantification des déterminants économiques de l'utilisation des pesticides dans différents secteurs de la production agricole, ainsi que l'influence des relations du secteur agricole avec les secteurs amont (coopératives d'approvisionnement, semenciers, etc.) et aval (entreprises de collecte-stockage, organisations de producteurs, coopératives, négociants, etc.).

2.4. Proposition et évaluation ex ante des nouveaux scénarios proposés en vue de réduire l'utilisation des pesticides

Divers scénarios en vue de réduire l'utilisation des pesticides ont été proposés, par exemple dans le cadre de l'ESCo INRA-Cemagref ou à l'issue de travaux soutenus dans le cadre des précédents APR du Programme. D'autres pistes peuvent être envisagées. Dans tous les cas, il est indispensable que ces scénarios fassent l'objet d'une évaluation *ex ante*. Les propositions de recherche sur ce thème devront aborder notamment :

- L'analyse des scénarios de mise en œuvre des innovations : prise en compte des stratégies, parfois antagonistes, des différents acteurs impliqués ; organisation collective du conseil et de l'élaboration de références ; rôle possible de l'assurance financière des récoltes dans la réduction de l'usage des pesticides.
- L'analyse des scénarios de politiques publiques (réforme de la PAC, coordination entre politiques agricoles et environnementales).
- L'analyse des interactions entre innovation et politiques publiques : relation entre les instruments de soutien, de contrôle, d'évaluation et de régulation de l'agri-environnement, et l'émergence ou le développement de méthodes alternatives à la lutte chimique.
- Les effets des politiques/réglementations sur la spécialisation des zones de production, notamment en ce qui concerne leurs conséquences sur les filières et marchés.

A ce niveau, un intérêt particulier devra être porté à l'identification et à la définition des outils politiques ou réglementaires les plus efficaces en vue de diminuer les usages ou les effets non-intentionnels des pesticides. Les travaux de recherche pourront concerner l'analyse des résultats d'une expérience déjà mise en place, l'analyse des effets attendus de différents types d'instruments (différents types de contrats, approches volontaires, etc.) ou la simulation des effets d'instruments envisageables à partir de modèles de comportement des agriculteurs ou de modèles d'équilibre général calculable, etc. De même, des travaux sur le choix des modalités d'intervention (coûts de transaction, mécanismes de contrôle, mesures de compensations éventuelles dont système assurantiel, etc.) sont particulièrement attendus. Par ailleurs, la question de la cohérence des outils de régulation de l'utilisation des pesticides avec (i) ceux dédiés aux régulations des pollutions par les fertilisants, de l'irrigation, etc., (ii) les mesures agri-environnementales existantes et (iii) les politiques agricoles, apparaît cruciale.

Peu de travaux considèrent les effets des politiques agri-environnementales sur les secteurs en amont et en aval du secteur agricole. Aussi, des études des effets de différents types de régulation de l'utilisation des pesticides sur les secteurs de l'agro-fourriture, du conseil agricole, etc., seront encouragées. Enfin, les travaux d'économie ou de science politique sur la régulation des pesticides (fonctionnement des procédures d'homologation, etc.) s'intègrent aux problématiques définies ici.

Critères de sélection des propositions de recherche

- Les propositions de recherche devront avoir pour objectif d'aider les gestionnaires et les pouvoirs publics à asseoir leurs décisions de façon transparente sur des bases argumentées et scientifiquement établies. Il devra être explicitement fait mention des débouchés opérationnels envisageables à l'issue du travail. Les propositions associant des équipes d'organismes de recherche fondamentale et des instituts techniques ou des gestionnaires sont encouragées.
- Le Conseil Scientifique se donne la possibilité de retenir toute proposition originale et de proposer aux équipes de recherche des regroupements.
- Des propositions ayant pour cadre des sites où sont mis en œuvre des plans d'action concernant l'utilisation des pesticides seront appréciées.
- Seront considérées comme prioritaires les propositions concernant :
 - + Les usages des pesticides dans des zones considérées comme sensibles (zones naturelles protégées, estuaires, etc.).
 - + Les cas de contamination multiple, qu'elle découle de l'application de mélanges de préparations commerciales ou de la succession de traitements, dans le cas d'itinéraires techniques représentatifs de ceux mis en œuvre à l'heure actuelle ou proposés dans le cadre de nouvelles pratiques.
 - + L'étude des effets des faibles doses/concentrations et des effets à long terme.
 - + Les études de solutions alternatives sur cultures fortement consommatrices de pesticides.
- Les travaux de modélisation sont encouragés dans la mesure où ils permettent d'envisager une généralisation, la construction d'outils de prédiction et/ou un changement d'échelle.
- La cohérence de l'organisation des propositions, leur faisabilité générale, l'adéquation des moyens humains et matériels avec les objectifs annoncés, ainsi que la planification des démarches projetées feront partie des éléments analysés. D'une manière générale, et *a fortiori* pour les propositions associant des acteurs opérationnels, une attention particulière sera aussi portée à la stratégie d'animation et de coordination envisagée.
- Les programmes de recherche du MEEDDAT sont incitatifs et n'ont pas vocation à financer l'intégralité des projets de recherche. A titre indicatif, lors des APR précédents, les projets ont été financés à hauteur de 40.000 à 300.000 € TTC. Le Comité d'Orientation se réserve le droit d'écarter une proposition dont le montant serait jugé excessif au regard de son enjeu ou de l'enveloppe globale de l'APR.
- Les équipes de recherche étrangères sont éligibles à cet APR, sous réserves (i) que le coordinateur de la proposition soit un laboratoire français, et (ii) que la plus-value de la présence de ces équipes au sein du consortium soit clairement présentée.

Les propositions de recherche seront analysées par :

- Le Conseil Scientifique, qui examinera les propositions et évaluera : leur adéquation à l'APR, leur intérêt et leur qualité scientifique (innovation, acquisition de connaissances, adéquation entre l'approche expérimentale et les objectifs), les compétences des équipes et leur complémentarité, les propositions d'animation et de valorisation et les perspectives d'application, ainsi que la faisabilité des travaux proposés.
- Le Comité d'Orientation, qui sélectionnera les propositions retenues pour financement, en fonction des priorités de recherche établies et en s'attachant à privilégier celles dont l'utilité pour les politiques publiques lui paraît la plus prometteuse.

L'ORGANISATION DU PROGRAMME DE RECHERCHE

Le programme est doté d'un Comité d'orientation et d'un Conseil scientifique.

LE COMITÉ D'ORIENTATION

Il est présidé par **Claire HUBERT, chef du Service de la recherche, à la Direction de la recherche et de l'innovation au sein du Commissariat général au développement durable.**

Le Comité a pour mission de définir les orientations du programme, de déterminer les projets prioritaires à partir de l'évaluation réalisée par le Conseil scientifique et de proposer et d'accompagner les actions d'animation, d'évaluation et de valorisation du programme.

Il est constitué de représentants des directions du Ministère chargé de l'écologie et de ses établissements publics, de représentants du ministère en charge de l'agriculture ainsi que de gestionnaires et d'utilisateurs de la recherche :

Ministère en charge de l'écologie :

- au Commissariat général au développement durable (CGDD), le Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable (SEEID) ;
- à la Direction générale de l'aménagement, du logement et de la nature (DGALN), la Direction de l'eau et de la biodiversité (DEB) ;
- à la Direction générale de la prévention des risques (DGPR), le Service de la prévention des nuisances et de la qualité de l'environnement (SPNQE).

Ministère en charge de l'agriculture :

- la Direction générale de l'alimentation (DGAL) ;
- la Direction générale de l'enseignement et de la recherche (DGER) ;
- la Direction générale des politiques agricole, agroalimentaire et des territoires (DGPAAT).

Les institutions suivantes sont également représentées : l'ACTA ; l'ADEME ; les Agences de l'eau ; l'ANSES ; ARVALIS - Institut du Végétal ; le CETIOM ; la DRAAF Midi Pyrénées (Service de la Protection des Végétaux - SRPV) ; la DREAL Bretagne ; la DREAL Corse ; FNE ; l'ONEMA et l'UIPP.

LE CONSEIL SCIENTIFIQUE

Il est présidé par **Eric VINDIMIAN, directeur régional Languedoc Roussillon au CEMAGREF.**

Le Conseil Scientifique a pour mission de reformuler en questions de recherche les priorités exprimées par le Comité d'orientation sous forme d'appels à propositions de recherche, d'expertiser les réponses, d'assurer le suivi des projets et d'en évaluer les résultats. Le Conseil Scientifique propose et participe à la mise en œuvre d'actions d'animation et de valorisation du programme.

Le Conseil scientifique est composé d'experts en agronomie, sciences du sol, hydrologie, chimie environnementale, dynamique des polluants dans l'environnement (air, eau, sols), modélisation, écologie, écotoxicologie, droit, économie et sociologie :

Enrique BARRIUSO (INRA Grignon), Carole BARTHEMELY (Université de Provence), Yvan CAPOWIEZ (INRA Avignon), Thierry CAQUET (INRA Rennes), Marc CHEVREUIL (EPHE Université Paris 6), Jean-Noël CONSALÈS (Université de Provence), Luiz Felipe De ALENCASTRO (Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne), James DEVILLERS (CTIS), Igor DUBUS (Footways), Véronique GOUY (CEMAGREF), Alexandra LANGLAIS (Université de Rennes), Jean-François MASFARAUD (Université de Metz), Alexandre PERY (INERIS), Françoise QUINIOU (IFREMER Nantes) et Jean-Michel SALLES (INRA Montpellier).

Jusqu'au terme de l'APR 2006, l'animation scientifique du programme est assurée par l'INERIS.





PESTICIDES & ENVIRONNEMENT

ENTRE SCIENCE ET DÉCISION

Le ministère en charge du développement durable conduit depuis 1999 le programme de recherche « Évaluation et réduction des risques liés à l'utilisation des pesticides ». Une meilleure connaissance des risques liés à l'utilisation des pesticides doit permettre en effet d'améliorer leur gestion, et de proposer et évaluer des approches innovantes pour réduire leur utilisation et/ou les risques associés. Il s'agit d'apporter aux décideurs et aux gestionnaires des milieux concernés des références scientifiques pour la définition, la mise en œuvre et l'évaluation des actions publiques en lien avec les pesticides.

Le colloque organisé à Tours les 23, 24 et 25 mars 2011 s'articulera autour de :

- la restitution des résultats des projets soutenus dans le cadre de l'appel à propositions de recherche (APR) lancé en 2006,
- la présentation des projets retenus pour financement suite à l'APR lancé en 2009, dont une partie s'inscrit en appui à la mise en œuvre de l'axe « Recherche » du Plan Écophyto 2018.

Ce colloque rassemblera chercheurs, représentants des services de l'État, des collectivités, de la profession agricole, des agences, de l'industrie et des associations. Il s'articulera autour de la dynamique des pesticides dans l'environnement, de l'évaluation de leurs effets et des solutions envisageables pour limiter, voire abandonner, leur utilisation. Au-delà de la restitution des résultats scientifiques, ce colloque sera l'occasion d'un dialogue entre tous les acteurs impliqués dans la gestion de l'environnement.

<http://www.ineris.fr/pesticides>