

ECOMET : "Etude comparée des effets de phytosanitaires et de produits de lutte anti-vectorielle sur les COmmunautés Microbiennes aquatiques d'Ecosystèmes Tropicaux "



ECOMET : "ETUDE COMPARÉE DES EFFETS DE PHYTOSANITAIRES ET DE PRODUITS DE LUTTE ANTI-VECTORIELLE SUR LES COMMUNAUTÉS MICROBIENNES AQUATIQUES D'ÉCOSYSTÈMES TROPICAUX "

ECOMET : COMPARATIVE STUDY OF PHYTOPHARMACEUTICALS AND MOSQUITO CONTROL PESTICIDES EFFECTS AGAINST AQUATIC MICROBIAL COMMUNITIES FROM TROPICAL ECOSYSTEMS

Rapport de fin de contrat

IRD UMR 5119
Ecosystèmes Lagunaires
Christophe Leboulanger
IRD – SMEL
2 rue des Chantiers
34200 Sète

Date : 21/12/2010

ECOMET : "Etude comparée des effets de phytosanitaires et de produits de lutte anti-vectorielle sur les COmmunautés Microbiennes aquatiques d'Ecosystèmes Tropicaux "

TABLE DES MATIÈRES

Synthèse.....i
Résumés.....xi

SYNTHÈSE

ECOMET : "ETUDE COMPARÉE DES EFFETS DE PHYTOSANITAIRES ET DE PRODUITS DE LUTTE ANTI-VECTORIELLE SUR LES COMMUNAUTÉS MICROBIENNES AQUATIQUES D'ÉCOSYSTÈMES TROPICAUX "

PROGRAMME EVALUATION ET RÉDUCTION DES RISQUES LIÉS À L'UTILISATION DES PESTICIDES – AO 2006

Responsable scientifique du projet : Christophe Leboulanger, IRD

Partenaires :

BRGM Orléans – Laurence Amalric

INRA Thonon les Bains – Agnès Bouchez

CONTEXTE GÉNÉRAL

L'évaluation du risque environnemental lié à l'usage des pesticides repose notamment sur l'évaluation *a priori* des risques posés par les molécules d'intérêt pour l'environnement et les écosystèmes, complétée par une surveillance des milieux faisant appel à des méthodologies analytiques et expérimentales balayant un large spectre de disciplines. 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 culturaux 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 (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), par ailleurs essentiels dans le fonctionnement écologique des milieux aquatiques, qui en font des révélateurs précoces des pollutions et des déséquilibres qu'elles induisent.

OBJECTIFS GÉNÉRAUX DU PROJET

L'évaluation environnementale des produits chimiques repose en partie sur des tests écotoxicologiques effectués au laboratoire sur des organismes en culture ou en élevage. La représentativité de ces organismes lorsqu'il s'agit d'extrapoler les effets mesurés au

milieu naturel fait débat, en particulier lorsqu'on aborde leur application aux milieux aquatiques tropicaux. En effet, les contaminants chimiques, et plus particulièrement les phytosanitaires et les produits de lutte anti-vectorielle, ont été évalués pour leur toxicité envers des organismes modèle spécifiques des milieux tempérés, et sont abondamment utilisés dans la zone intertropicale. Il apparaît donc nécessaire de définir des modèles d'organismes à inclure dans les tests écotoxicologiques adaptés au milieu tropical, pour comparer leur sensibilité et accéder à une représentativité plus objective.

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 (Fig. 1) 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

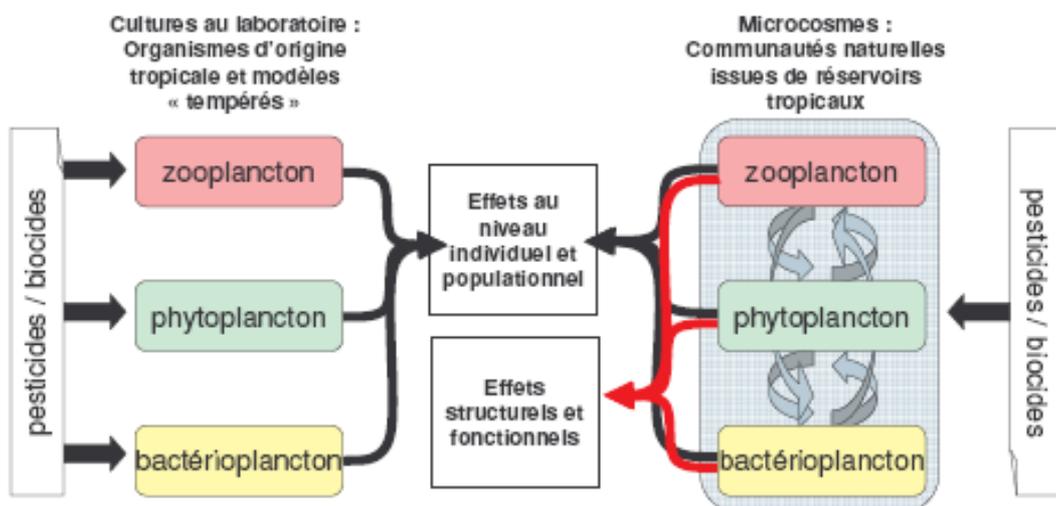


Figure 1. Schéma de l'articulation entre les approches au laboratoire et expérimentales de terrain mises en œuvre dans ce projet.

QUELQUES ÉLÉMENTS DE MÉTHODOLOGIE (ET ÉVENTUELLES DIFFICULTÉS RENCONTRÉES)

Les premiers travaux entamés ont consisté à établir la sensibilité de diverses souches phytoplanctoniques tropicales (essentiellement des cyanobactéries) à divers pesticides d'intérêt. Ces souches ont été isolées lors d'études préalables de plusieurs plans d'eau d'Afrique de l'Ouest, ce qui leur conférait un caractère tropical indéniable. Une fois les conditions de culture de ces organismes bien maîtrisées, des tests de sensibilité à court terme ont été réalisés, conduisant à l'obtention de courbes dose-effet permettant le calcul des concentrations remarquables (CE50, NOEC, LOEC). En parallèle, une série d'expérimentations ont été menées sur des cultures bactériennes (coliformes) isolées de l'estuaire du Sénégal et d'un réservoir de Mayotte. Ces souches bactériennes se sont révélées généralement insensibles aux pesticides testés. Enfin, des élevages de zooplancton (cladocères des genres *Moina* et *Diaphanosoma* originaires d'Afrique de l'Ouest et de Mayotte, cyclopidés *Thermocyclops* sp. et *Mesocyclops aspericornis* originaires de Mayotte) ont été entrepris dans une même optique.

Pour progresser dans le sens d'une meilleure représentativité, des expérimentations en systèmes complexes, dont le fonctionnement est supposé plus proche de celui de l'écosystème réel, se sont avérées nécessaires. Dans un premier temps, nous avons évalué les effets de plusieurs molécules (diuron, paraquat et fénitrothion) sur des communautés planctoniques « complètes » issues des deux retenues collinaires de Mayotte (bactérioplancton, phytoplancton et zooplancton) en microcosmes. Cette opération avait pour but d'une part de tester la sensibilité de chaque compartiment lors d'une exposition de quelques jours, et d'autre part de permettre l'émergence d'effets indirects : ces effets sont détectés lorsqu'une molécule toxique agissant sur un compartiment biologique donné aura des répercussions visibles sur un autre compartiment biologique, celui-ci n'étant pas directement sensible au composé. Par exemple, un organisme herbivore non sensible à un herbicide, pourra être affecté par la diminution de sa proie d'origine algale dont il se nourrit, causée par le même herbicide.

Les principales difficultés rencontrées ont été de deux ordres :

- il était initialement prévu d'évaluer l'écotoxicité de deux insecticides, la deltaméthrine (pyréthroïde de synthèse) et le BTi (agent biologique issu d'une bactérie pathogène des insectes). Ces deux composés ont été abandonnés au

cours de l'étude du fait de leur très faible solubilité dans l'eau qui causait une trop forte incertitude quant à l'exposition réelle des organismes lors des tests. Des protocoles spécifiques seraient à définir pour contourner ce type de problème ;

- le maintien de cultures et d'élevages à partir d'organismes issus du milieu naturel n'est pas sans difficultés. Au cours du déroulement du projet, les restructurations et déménagements des équipes de recherches nécessités par la réforme des institutions publiques, ont entraîné des pertes de cultures et d'élevages. Les modèles biologiques définis au début du projet n'ont donc pas forcément été ceux effectivement employés lors de sa réalisation.

Par ailleurs, la mise en place d'expérimentations sur le lieu d'étude, même si celles-ci étaient relativement courtes et réduites en volume, s'est avérée très coûteuse en moyens humains et financiers. Sa réussite n'a été possible que grâce à une préparation méthodique et à l'implication des participants au projet (personnels et instituts), et facilitée par l'aide matérielle et intellectuelle apportée par les acteurs locaux à Mayotte.

RÉSULTATS OBTENUS

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**. Cette absence d'exposition *a priori* permettait de définir ces communautés comme non sélectionnées par une éventuelle pression de pollution, et partant comme « les plus sensibles possibles », par comparaison avec des communautés comparables qui se seraient développées en milieu contaminé. 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). Ces composés sont autorisés à

Mayotte, ce qui n'est pas le cas du paraquat retrouvé dans la mare de Karihani, seul plan d'eau douce naturel de l'île. Il apparaît donc abusif de considérer les écosystèmes aquatiques de Mayotte comme totalement vierges de contamination par les pesticides, cependant **pour les retenues collinaires de Combani et Dzoumogné la pression de pollution peut être considérée comme faible.**

La démarche de notre travail a consisté à évaluer les effets des molécules choisies comme modèles sur des **systèmes biologiques de complexité croissante** : les modèles de laboratoire (**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. Les effets induits par l'exposition de ces organismes ont été abordé de deux façons : pour les cultures, élevages et populations issues du milieu, une approche dose-effet a été employée, alors que les communautés naturelles ont été exposées à deux doses, « faible » et « forte ».

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. Cependant, nous avons montré pour le phytoplancton que la sensibilité des organismes en culture était dépendante de la température appliquée lors de l'exposition ; en fonction des pesticides testés, les effets pouvaient être aggravés ou diminués lorsque la température augmentait. L'organisme tropical choisi comme modèle pour le zooplancton, le cyclopede *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 généralement peu sensible aux pesticides, avec malgré tout 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 conclure 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.

IMPLICATIONS PRATIQUES, RECOMMANDATIONS, RÉALISATIONS PRATIQUES, VALORISATION

- Implications pratiques :

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.

- Recommandations et limites éventuelles :

Le soutien de projets scientifiques similaire, pour compléter les connaissances sur l'écotoxicologie des communautés tropicales, est recommandé. 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.

PARTENARIATS MIS EN PLACE, PROJETÉS, ENVISAGÉS

DAF Mayotte : expertise sur la qualité biologique des eaux des retenues collinaires

ARVAM Réunion : convergences conceptuelles et thématiques avec le projet ERICOR

POUR EN SAVOIR PLUS (QUELQUES RÉFÉRENCES)

Contexte local à Mayotte :

Malard A, Winckel A (2009) Définition des réseaux de surveillance DCE de la qualité des eaux souterraines, de surface et côtières de Mayotte. BRGM/RP-56774-FR, 218 pp.

LISTE DES OPÉRATIONS DE VALORISATION ISSUES DU CONTRAT

	PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES
Publications scientifiques parues	(1) 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. <i>Arch Environ Contam Toxicol</i> 56: 39-51
Publications scientifiques à paraître	(2) 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. Soumis à <i>Arch Environ Contam Toxicol</i> (révisions mineurs, manuscrit n° AECT-D-10-2521)
Publications scientifiques prévues	(3) Leboulanger C, Schwartz C, Somville P, Diallo AO, Pagano M. Sensitivity of two <i>Mesocyclops</i> (Crustacea, Copepoda, Cyclopidae) from tropical and temperate origins, to the herbicides diuron and paraquat, and the insecticides temephos and fenitrothion. (Soumis à <i>Bull Environ Contam Toxicol</i>) (4) Leboulanger C, Bouchez A. Effects of temperature on temperate and tropical phytoplankton sensitivity to three pesticides. (En préparation pour <i>Bull Environ Contam Toxicol</i>) (5) 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 <i>Knowledge Managt Aquatic Ecosyst</i>) (6) Bouvy M, Bouchez A et coll. Changes in eucaryotic and procaryotic diversity in tropical aquatic microbial communities exposed to pesticides (En préparation) (7) Pagano M, Leboulanger C et coll. Short term effects of pesticides on zooplankton from tropical reservoirs. (En préparation)
	COLLOQUES
Participations passées à des colloques	(1) 40 ^e congrès du Groupe Français des Pesticides (Banyuls sur Mer, mai 2010) – Conférence orale sur le projet ECOMET (C. Leboulanger) (2) Journées Internationales de Limnologie (Thonon les Bains, octobre 2010) – Conférence orale sur le projet ECOMET (A. Bouchez)
	AUTRES ACTIONS VERS LES MÉDIAS
Actions vers les médias (interviews...) effectuées	Interview dans l'hebdomadaire local Mayotte Hebdo en 2008
	AUTRES
Rapports à diffusion publique	Amalric L (2009) Les retenues collinaires de Mayotte : qualité des eaux bilan pesticides 2008 et 2009. Rapport BRGM/RP 58169-FR
Rapports de stages diplômants	Da Silva C (2007) Mastère 1 ^e année BIMP Univ. Montpellier II Da Silva C (2008) Mastère 2 ^e année BGAE Systèmes Microbiens Université Montpellier II Paupert JY (2009) Mastère 1 ^{ère} 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 1 ^{ère} année Microbiologie Université de Marseille Somville P (2010) Mastère 1 ^{ère} année Microbiologie Université de Marseille

RÉSUMÉS

En français

Le projet ECOMET s'inscrivait 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. Dans le domaine de l'écotoxicologie aquatique, les communautés microbiennes pélagiques – bactérioplancton, phytoplancton, zooplancton – jouent un rôle déterminant dans le fonctionnement général des écosystèmes.

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 pélagique à un pesticide donné, qu'elles s'expriment de manière directe ou indirecte par cascades trophiques.*

Le terrain expérimental de ce projet se situait à Mayotte, Communauté Départementale de l'Outre Mer français, île située dans l'archipel des Comores dans le nord du Canal du Mozambique (ouest de l'Océan Indien). Sur cette île ont été construites deux retenues collinaires, Combani et Dzoumogné, destinées à soutenir les besoins d'approvisionnement en eau potable. Les connaissances préalables désignent ces écosystèmes comme peu exposés aux contaminations anthropiques, et peu complexifiés sur le plan des structures biologiques.

Nous avons testé la sensibilité des communautés de ces deux retenues à quatre pesticides, choisis comme modèles des produits utilisés dans la zone intertropicale, deux herbicides le paraquat et le diuron, et deux insecticides le téméphos et le fénitrothion. Des cultures de phytoplancton et des élevages de zooplancton ont été établis à partir d'organismes isolés du milieu tropical, et inclus dans des tests écotoxicologiques au laboratoire permettant d'évaluer leur sensibilité aux composés et de la comparer à celle d'organismes de référence.

Le projet ECOMET incluait trois missions expérimentales de terrain effectuées en 2007, 2008 et 2009, et deux séries d'expérimentations en microcosmes ont été effectuées. Elles ont permis de mettre en évidence la sensibilité des communautés planctoniques de Combani et Dzoumogné au diuron, au paraquat et au fénitrothion, dépendante de la nature du pesticide appliqué. L'hypothèse d'un lien entre le mode d'action connu de chaque molécule et ses effets sur les cibles biologiques éventuelles n'a pas été confirmée. Le cas du paraquat est emblématique, puisque cet herbicide affecte indifféremment le bactérioplancton et le zooplancton, en plus du phytoplancton dont la sensibilité était a priori la seule attendue du fait de la nature photosynthétique de ce type d'organisme. Les expérimentations ayant duré moins d'une semaine, le caractère prédictif des effets indirects reste en tout état de cause difficilement extrapolable à l'écosystème entier. Les effets observés étaient aussi bien de nature structurelle (composition des communautés) que fonctionnelle (activités biologiques mesurées).

Les cultures et les élevages réalisés ont permis d'établir au laboratoire les relations dose-effet pour chaque couple organisme / pesticide, et de comparer les concentrations remarquables (CE50) à celles disponibles dans la littérature scientifique et dans une base de données de référence.

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 conclure 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 au niveau international,

comme l'attestent les publications scientifiques de plus en plus nombreuses depuis ces dernières années.

MOTS CLÉS

BACTÉRIOPLANCTON, PHYTOPLANCTON, ZOOPLANCTON, MICROCOSMES, COMPARAISON TROPICAL/TEMPÉRÉ

In English

ABSTRACT

The ECOMET project took place in the context of environmental risk assessment of pesticides in the tropics, still overlooked. In the field of aquatic ecotoxicology, pelagic microbial communities including bacterioplankton, phytoplankton, and zooplankton, are keystone organisms for global functioning of the ecosystems.

Specifically, three main objectives were defined:

- *Implement model organisms from the tropics to compare their performances relative to temperate counterparts,*
- *Define simplified experimental protocols for ecotoxicological testing of natural populations,*
- *Assess experimentally the effects of whole planktonic community exposure to a given pesticide, either by direct toxicity and indirect trophic links.*

The field study was in Mayotte Island, in the French Comoros. Two small reservoirs, Combani and Dzoumogné, were built to ensure local water supply. Previous knowledge defined these ecosystems as relatively free of chemical pressure, with simplified structure of inhabiting biological communities.

The plankton communities of these two reservoirs were exposed to four pesticides chosen as models: herbicides diuron and paraquat, insecticides temephos and fenitrothion. Cultures and livestock of phytoplankton and zooplankton were isolated from tropical areas and included in laboratory testing to ensure comparison with temperate reference organisms.

Three field surveys were performed in 2007, 2008, and 2009, during which two microcosm experiments were performed. Planktonic communities from Combani and Dzoumogné reservoirs were proven sensitive to the tested chemicals, depending on the nature and concentration applied. No direct link between known mode of action and organism's sensitivities was reported, as paraquat (herbicide) was toxic for all planktonic organisms for example. Reported effects were both structural (changes in community composition) and functional (biological activities).

Laboratory testing on phytoplankton cultures and zooplankton rearing allowed the establishment of dose-effect relationships and EC50 determinations. These data were compared to published works and international databases.

The results obtained within the project ECOMET enlightened the variability of responses to pesticide exposure for tropical aquatic microbial organisms. No direct evidence for a more or less sensitive character for these organisms compare to their temperate counterparts. Protocols and methods implemented during this study allowed the collection of significant data, advocating for the further establishment of regulation protocols based on supplementary data still to acquire. The definition of biological models and standardized protocols should be ensured in order to allow a better environmental risk assessment in the tropics. Such a direction is nowadays visible in the recently published scientific literature.

KEY WORDS

BACTERIOPLANKTON, PHYTOPLANKTON, ZOOPLANKTON, MICROCOSMS, TROPICAL/TEMPERATE COMPARISONS