

RivAGE, un projet sur les pollutions agricoles aux Antilles et la gestion de la contamination par la chlordécone.

Philippe CATTAN¹, Magalie LESUEUR JANNOYER², Patrick ANDRIEUX³, Valérie ANGEON⁴, Luc ARNAUD⁵, Jean-Marc BLAZY³, Vincent BONNAL⁶, Jean Pierre BRICQUET⁷, Jean-Baptiste CHARLIER⁸, François COLIN⁹, Damien DEVAULT¹⁰, Laure DUCREUX¹¹, Olivier GRUNBERGER⁹, Laurent LAGADIC¹², Marianne Le BAIL¹³, Hervé MACARIE¹⁴, Jean-Daniel RINAUDO⁸, Anatja SAMOUELIAN⁹, Jean-Philippe TONNEAU⁶, Marc VOLTZ⁹, Thierry WOIGNIER¹⁴.

¹ : Unité SCBPA, CIRAD Station de Neufchâteau, F-97130 CAPESTERRE BELLE EAU, philippe.cattan@cirad.fr

² : Unité Hortsys, CIRAD, Petit Morne BP214, F-97232 LE LAMENTIN, jannoyer@cirad.fr

³ UMR ASTRO, INRA Domaine Duclos, F-97170 PETIT-BOURG, patrick.andrieux@antilles.inra.fr, Jean-Marc.Blazy@antilles.inra.fr

⁴ UR CEREGMIA, UAG, Petit Morne BP214, F-97232 LE LAMENTIN, valerie.angeon@martinique.univ-ag.fr

⁵ BRGM DAT/MAR, 4 lotissement Miramar, Route Pointe des Nègres, F-97200 FORT-DE-FRANCE, l.arnaud@brgm.fr

⁶ UMR TETIS, CIRAD, 500 r Jean François Breton, 34090 MONTPELLIER, vincent.bonnal@cirad.fr, jean-philippe.tonneau@cirad.fr

⁷ UMR HSM, IRD, Place Eugène Bataillon - 34095 MONTPELLIER CEDEX 5, jean-pierre.bricquet@ird.fr

⁸ BRGM D3E/NRE, 1039, rue de Pinville, 34000 MONTPELLIER, j.charlier@brgm.fr, jd.rinaudo@brgm.fr

⁹ UMR LISAH, INRA, IRD, SupAgro, 2 place Viala 34060 MONTPELLIER Cedex, francois.colin@supagro.inra.fr, olivier.grunberger@ird.fr, Anatja.Samouelian@supagro.inra.fr, marc.voltz@supagro.inra.fr

¹⁰ UR BIOSPHERE, UAG, Campus de Schoelcher BP 7209 F-97275 SCHOELCHER cédex, ddevault@martinique.univ-ag.fr

¹¹ BRGM DAT/GUA, Parc d'activités de Colin - La Lézarde, F-97170 PETIT-BOURG, l.ducieux@brgm.fr

¹² UMR ESE, INRA, équipe EQMA, 65 rue de Saint Briec CS 84215, F-35042 Rennes cedex, Laurent.Lagadic@rennes.inra.fr

¹³ UMR Sadapt, AgroParisTech, 16, rue Claude Bernard, F-75231 Paris cedex 05, lebail@agroparistech.fr

¹⁴ UMR CNRS 7263 UMR IRD 237- IMBE, Petit Morne BP214, F-97232 LE LAMENTIN, thierry.woignier@imbe.fr, herve.macarie@ird.fr

* contact : Philippe CATTAN

Résumé

La chlordécone (CLD), molécule organochlorée, persiste dans les sols des bananeraies où elle a été appliquée entre 1972 et 1993. Elle contaminera eaux, végétaux et population pour de nombreuses décennies. Le projet RivAGE aborde notamment la question de la gestion de cette pollution à travers la production et l'accompagnement d'innovations pour réduire l'exposition des populations et les impacts environnementaux associés aux usages de la CLD. Une première étape est d'aboutir à une représentation partagée des relations de "causes à effets" entre l'homme et l'environnement. Pour cela, le projet s'intéressera aux composantes physiques, biologiques, écologiques, socio-économiques de l'environnement. Une seconde étape consiste à identifier les innovations qui permettront de mieux gérer le risque de pollution et à accompagner les acteurs dans leur mise en œuvre. Les observations sont conduites à l'échelle de deux sites ateliers, l'un en Guadeloupe, l'autre en Martinique. Les résultats escomptés sont à la fois des connaissances nouvelles sur la pollution par la CLD et aussi des produits opérationnels (modèles, pratiques agricoles...) qui contribueront à réduire l'exposition des populations et des écosystèmes.

Introduction

Dans le cadre de ce séminaire, notre contribution aborde le problème spécifique de la gestion d'une pollution par une molécule organochlorée persistante, la chlordécone (CLD). Utilisée sur les bananeraies aux Antilles entre 1972 et 1993, cette molécule persiste dans les sols où elle a été anciennement appliquée ([1] ; [2]). Elle contamine, et contaminera durant plusieurs décennies, eaux [3], végétaux [4], animaux [5] et populations. Les effets de cette pollution sur la santé humaine ([6] ; [7]) ont conduit à réglementer de nombreux secteurs (consommation des produits agricoles et de la mer ; usage de l'eau et des sols...), obligeant à des adaptations à court terme et suscitant conflits et tensions entre les acteurs concernés,

producteurs et consommateurs. L'enjeu est d'identifier les moyens de réduire l'exposition des populations et plus généralement de l'environnement à ce pesticide.

Les mécanismes contrôlant le devenir de ce pesticide dans l'environnement sont très mal connus pour les milieux volcaniques et tropicaux. Les premiers résultats obtenus (ANR CES Chlordexco, Plan National d'Action Chlordecone...) ont permis d'identifier les mécanismes généraux de contamination des milieux (sols, eaux, cultures) ([1] ; [4] ; [8]) et mis en évidence l'existence de microorganismes dégradants en conditions aérobies dans les sols [9]. Ils sont toutefois à approfondir pour établir la variabilité de ces dynamiques et des mécanismes impliqués en fonction des pratiques d'apports de cette molécule et compte tenu de la forte hétérogénéité des caractéristiques climatiques, pédologiques et géologiques du milieu insulaire volcanique antillais. Il sera alors possible d'envisager i) l'ensemble des possibilités d'actions, qu'elles soient d'ordre techniques, organisationnelles, réglementaires et ii) les contraintes à leur mise en œuvre.

Le projet RIVAGE se fixe comme objectif de construire un dispositif d'observation et d'analyse afin d'initier et d'accompagner des innovations ayant pour but de réduire l'exposition des populations et les impacts environnementaux associés aux usages de la CLD - et plus généralement des pesticides utilisés en agriculture - tant en termes de réglementation, de programme d'appui ou de pratiques de production et de consommation à promouvoir. Le projet s'appuiera sur la mise en place d'un observatoire réunissant les acteurs pour réduire les impacts environnementaux et conduire les observations à l'échelle de bassins versants ateliers.

Matériel et méthodes

L'enjeu réside autant dans la production de données destinées à comprendre et rendre compte des processus de contamination que dans l'élaboration et l'accompagnement d'innovations à destination des acteurs divers intervenant dans la gestion des territoires. Il en découle deux étapes majeures.

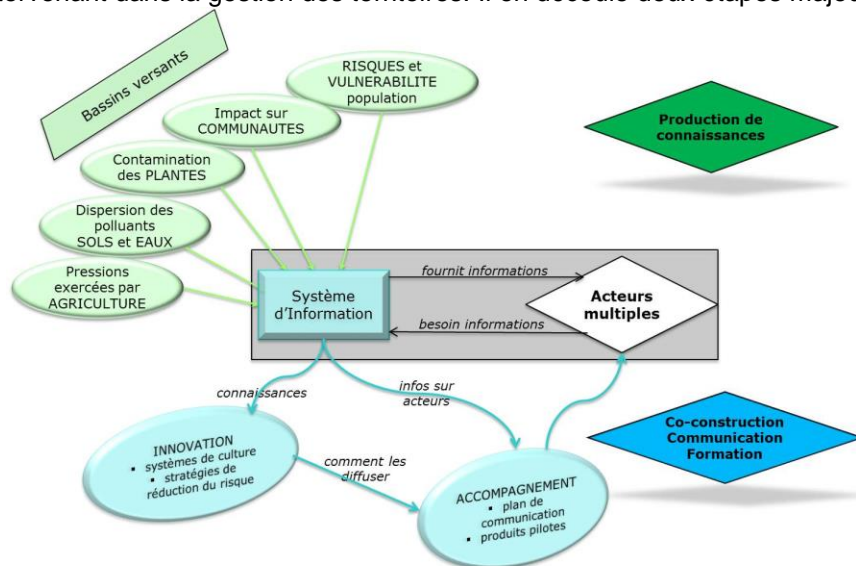


Figure 1 : organisation du projet.

La première étape correspond à l'acquisition de connaissances et à leur organisation dans un système d'information participatif afin qu'elles soient mobilisables par les acteurs du processus d'innovation (Figure 1). Il s'agira ici d'offrir un « service » sur la thématique des pollutions, tout en sensibilisant le grand public : par des fonctions de suivi participatif ; en incitant l'ensemble des acteurs à contribuer par des fonctions de « crowdsourcing » ; en renforçant l'appropriation du dispositif par le plus grand nombre. Cette première étape passe par l'établissement d'une représentation partagée des relations de "causes à effets" entre l'homme et l'environnement occasionnant les pollutions et contribuant à leurs évolutions. Cette représentation partagée sera basée sur le modèle DPSIR (Driving Forces, Pressures, States, Impacts and Responses – Figure 2) qui a été proposé par l'Agence Européenne de l'Environnement (AEE), à partir de 1998 afin de constituer un cadre pour le suivi et l'évaluation des politiques de l'environnement en Europe. Elle doit permettre de rendre compte de la multiplicité des points de vue des acteurs en présence ; de définir des objectifs pour les états à atteindre, les actions à mettre en œuvre et d'identifier des indicateurs de suivis.

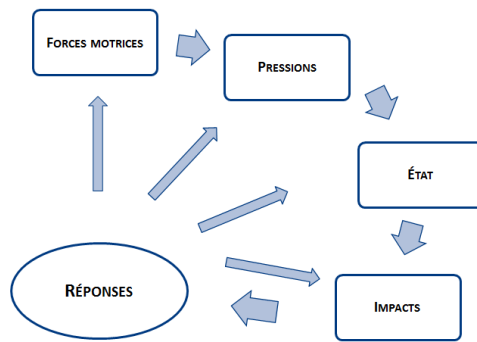


Figure 2 : Le principe du modèle DPSIR

Le modèle DPSIR sera renseigné en mobilisant différents volets du projet qui répondront aux questions suivantes :

- **AGRICULTURE.** Quelles sont les pressions exercées sur l'environnement par les agriculteurs et les réponses mises en œuvre ? Un travail de typologie (molécules modèles, pratiques, exploitations agricoles, trajectoires des changements techniques...) dressera les conditions du cadre des interventions, et permettra d'identifier les pratiques innovantes chez les agriculteurs.
- **SOLS et EAUX.** Comment se dispersent les polluants dans l'environnement et comment sont contaminées les rivières et les nappes ? On abordera cette question à travers l'étude (i) du devenir des polluants dans et à la surface du sol (dégradation, rétention par le sol) et (ii) des processus de transfert de pesticides au sein des bassins dans les eaux de surface (ruissellement) et dans les eaux souterraines (infiltration, percolation, exfiltration).
- **PLANTES.** Quels sont les impacts sur la contamination des plantes ? On recherchera ici les déterminants physiologiques de la contamination des plantes. Ce travail permettra d'identifier les plantes présentant un risque de contamination et de le simuler à l'échelle de la parcelle, notamment pour la chlordécone.
- **COMMUNAUTES aquatiques.** Quel est l'effet de la contamination des eaux sur les espèces en rivière notamment celles présentant des risques de disparition ? Des indicateurs de contamination et de pression sur le milieu seront recherchés à travers l'étude des communautés de macro-invertébrés et de la flore diatomique.
- **RISQUES et VULNEABILITE.** Quels sont les impacts des pollutions sur la population, autres que sur la santé ? On cherchera à caractériser la perception des risques liés aux pesticides par la population ainsi que les dommages économiques associés à la contamination des milieux.

La seconde étape consiste à identifier les innovations qui permettront de mieux gérer le risque de pollution et d'accompagner les acteurs dans leur mise en œuvre, qu'ils soient agriculteurs, acteurs ou gestionnaires des territoires. Deux ateliers structurent cette partie :

INNOVATION. L'objectif principal sera de co-concevoir des systèmes de culture horticoles diversifiés et innovants, qui intègrent des objectifs de stabilisation voire de restauration de milieux dégradés et pollués. Cette partie mobilisera les connaissances acquises pour l'établissement du modèle DPSIR (connaissance des processus et mécanismes de contamination...), ce modèle constituant également le cadre d'évaluation des systèmes de culture candidats. A une autre échelle l'objectif sera d'identifier, puis d'évaluer en termes économiques, les différentes stratégies de gestion du risque. Deux types de stratégies visant à réduire le niveau d'exposition seront considérées : (i) les stratégies par des actions sur les pratiques à l'origine du risque (sources de contamination), ou sur les pratiques de gestion des sols et cours d'eau (chemins de contamination) ; et (ii) les stratégies visant à réduire la vulnérabilité des populations. L'évaluation économique consistera à mettre en regard une estimation des coûts associés à chaque stratégie avec les bénéfices attendus.

- **ACCOMPAGNEMENT** Le projet assurera une politique active de formation et de transmission de connaissances, en la diversifiant en fonction des acteurs impliqués. On établira un plan de communication avec les acteurs institutionnels et la société civile, et on préparera des produits pilotes (actions de formation, de sensibilisation...) pour une action future à négocier en fin de projet.

Les observations seront conduites à l'échelle de *bassins versants ateliers*. Cette unité géographique permettra d'appréhender les interactions entre les différents facteurs physiques, chimiques, biologiques ou humains influant sur l'environnement. Plus précisément, le projet utilisera 2 sites instrumentés (Figure 3) :

- En Guadeloupe, le site (15 km²) se situe en zone bananière et comprend les bassins versants des rivières Pérou et des Pères. Les sols sont majoritairement des Andosols peu sujets à l'érosion. Ils reposent sur des formations volcaniques comprenant des laves, des nuées ardentes, et des coulées de débris récentes (peu altérées). Les hypothèses de fonctionnement portent sur une faible contribution du

ruissellement - et des charges solides associées - à la contamination de la rivière et sur l'importance des contributions des nappes.

- En Martinique, le site (40 km²) est le bassin versant du Galion, qui reste encore largement agricole et fortement anthropisé. Cet ensemble couvre les types de sols déjà présents en Guadeloupe mais également des Ferrisols plus sujets à l'érosion. Il repose sur un substrat ancien (altéré) comprenant des conglomérats, des hyaloclastites et des laves. Les hypothèses de fonctionnement portent sur une forte contribution du ruissellement et des écoulements de subsurface, et des charges solides associées, à la contamination de la rivière.

Ces deux sites sont agricoles et présentent une contamination significative des sols et des eaux par la CLD. Ils sont, de par leur complémentarité, représentatifs de la variabilité des situations climatiques, géologiques, pédologiques, agronomiques, hydrologiques aux Antilles. Ils sont équipés pour le suivi de la contamination des eaux. Cet équipement est constitué d'un réseau de pluviographes associé à des stations de mesure de débit en rivière ainsi qu'à des forages permettant le suivi du niveau piézométrique des nappes. Associés aux stations de mesure de débits, des préleveurs automatiques permettent d'échantillonner les eaux et matières en suspension à différents moments pour l'analyse des teneurs en polluants.

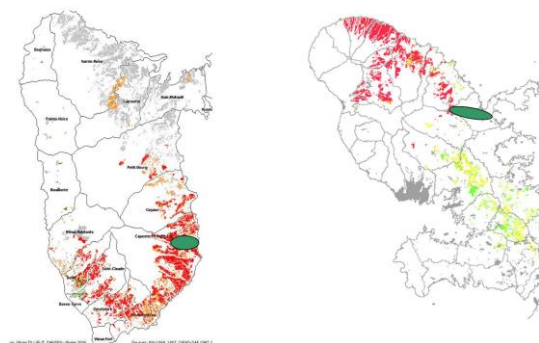


Figure 3 : localisation des sites ateliers de Guadeloupe et Martinique par rapport aux cartes de contamination de la chlordécone

Résultats escomptés

Les résultats escomptés sont à la fois des connaissances nouvelles sur la compréhension des processus de transfert, sur les impacts, sur les écosystèmes aquatiques, sur la gestion des pollutions agricoles et de l'eau en milieu tropical et aussi des produits opérationnels (traceurs pour la caractérisation des pollutions ; modèles de contamination ; pratiques agricoles innovantes). Ils concernent une grande diversité de destinataires : agriculteurs et leurs groupements ; structures d'appui à la profession (Chambres...) ; gestionnaires du milieu (Région, ODE, DEAL, DAAF, communes, contrat de rivière...) ; acteurs divers (bureaux d'étude, associations, Chercheurs Universitaires...).

Conclusions et perspectives

Les produits du projet contribueront à une réduction de l'exposition des populations (zéro résidus pesticides dans les denrées) et des écosystèmes (réduction aux normes DCE des résidus dans les rivières) ; une amélioration de la durabilité des socio-écosystèmes (maintien des surfaces productives ; viabilité des innovations et rentabilité des exploitations) ; une réappropriation de la gestion du territoire par les acteurs et les populations du bassin versant (zone protégée, zone d'activité récréative, aménagements...) ; une vision partagée des enjeux territoriaux relatifs à la pollution due aux pratiques agricoles.

Enfin, ce projet au travers des échanges entre équipes et disciplines permettra de renforcer les capacités de recherche et d'innovation technologique sur les deux îles sur une thématique pour laquelle il n'existe pas de dispositif en milieu tropical.

Références

- [1] Levillain, J., Cattan, P., Colin, F., Voltz, M., Cabidoche, Y.-M. (2012). Analysis of environmental and farming factors of soil contamination by a persistent organic pollutant, chlordecone, in a banana production area of French West Indies. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, **159**, 123–132.
- [2] Cabidoche, Y.-M., Achard, R., Cattan, P., Clermont-Dauphin, C., Massat, F., Sansoulet, J. (2009). Long-term pollution by chlordecone of tropical volcanic soils in the French West Indies: A simple leaching model accounts for current residue. *Environmental Pollution*, Special Issue Section: Ozone and Mediterranean Ecology: Plants, People, Problems **157**, 1697–1705.
- [3] Gourcy, L., Baran, N., Vittecoq, B. (2009). Improving the knowledge of pesticide and nitrate transfer processes using age-dating tools (CFC, SF₆, 3H) in a volcanic island (Martinique, French West Indies). *Journal of Contaminant Hydrology*, **108**, 107-117.

- [4] Cabidoche, Y.-M., Lesueur Jannoyer, M. (2012). Contamination of root crop harvested organs by soil chlordecone pollution. *Pedosphere*, **22**, 562–571.
- [5] Jondreville, C., Bouveret, C., Lesueur-Jannoyer, M., Rychen, G., Feidt, C. (2012). Relative bioavailability of tropical volcanic soil-bound chlordecone in laying hens (*Gallus domesticus*). *Environmental Science and Pollution Research*, **20**, 292–299.
- [6] Dallaire R, Muckle G, Rouget F, Kadhel P, Bataille H, Guldner L, et al. (2012). Cognitive, visual, and motor development of 7-month-old Guadeloupean infants exposed to chlordecone. *Environmental Research*, **118**, 79-85.
- [7] Multigner L, Ndong JR, Giusti A, Romana M, Delacroix-Maillard H, Cordier S, et al., (2010). Chlordecone Exposure and Risk of Prostate Cancer. *Journal of Clinical Oncology*, **28**, 3457-62.
- [8] Fernández-Bayo, J. D., Saison, C., Geniez, C., Voltz, M., Vereecken, H. and Berns, A.E.. (sous presse). Sorption characteristics of chlordecone and cadusafos in volcanic soils of the French West Indies. *Current Organic Chemistry*.
- [9] Fernández-Bayo, J.D, Saison, C., Voltz, M., Hofmann, D., Disko, U., Berns. A.E.. (2013). Chlordecone fate and mineralization in a tropical soil microcosm. *Science of the total environment*, **463-464**, 395-403.

Remerciement

Nous remercions l'alliance nationale de recherche pour l'environnement (AllEnvi) qui a financé l'équipement des bassins versants de Guadeloupe et Martinique