Construction agile d'un programme de recherche-action, interdisciplinaire de longue durée sur le polluant organique chlordécone persistant et toxique, pour répondre aux enjeux santé-environnement

Cyril Feidt, Agnès Fournier, Claire Collas, Mathieu Delannoy, Stefan Jurjanz, Yves Le Roux, Guido Rychen

▶ **To cite this version:**

Cyril Feidt, Agnès Fournier, Claire Collas, Mathieu Delannoy, Stefan Jurjanz, et al.. Construction agile d'un programme de recherche-action, interdisciplinaire de longue durée sur le polluant organique chlordécone persistant et toxique, pour répondre aux enjeux santé-environnement. Pour, revue du Groupe Ruralités, Éducation et Politiques, 2022, 244 (3), pp.123 - 130. 10.3917/pour.244.0123 . hal-03937739

HAL Id: hal-03937739
https://hal.univ-lorraine.fr/hal-03937739

Submitted on 13 Jan 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Construction agile d'un programme de recherche-action, interdisciplinaire de longue durée sur Le polluant organique chlordécone persistant et toxique, pour répondre aux enjeux santé-environnement

Cyril Feidt[a*], Agnès Fournier[a], Claire Collas[a], Matthieu Delannoy[a], Stefan Jurjanz[a], Yves Le Roux, Guido Rychen.

a : URAFPA, Université de Lorraine-INRAe, 54500 Vandoeuvre, France

Publié dans « Pour » disponible ici : 10.3917/pour.244.0123

L'objectif de l'article est de traiter du cas particulier de la chlordécone (CLD) aux Antilles françaises qui illustre les évolutions dans les interactions entre les différents acteurs impliqués sur le temps long. Ce cas est particulier car cette contamination au long cours est assez rare pour un contaminant organique, contrairement à ce qui se passe pour les éléments minéraux, amenant à la fois une limitation dans les pistes de gestion (dépollution in situ et phytoextraction a priori non envisageable) mais également des pistes potentielles spécifiques. Le deuxième élément à souligner est le cadre insulaire de cette pollution qui renforce la fragilité territoriale. En Martinique comme en Guadeloupe, le foncier agricole recule face à l'urbanisation (la SAU de la Guadeloupe est passée de 58 000 à 35 000 ha entre 1979 et 2019 ; Agreste, 2021), et l'élevage est fragilisé par des coûts de production élevés (importation d'aliments azotés et pression parasitaire élevée). La part des surfaces contaminées par la chlordécone aux Antilles est 24 % de la SAU (Tillieut, 2006). Elle est suffisamment significative pour que la question soit traitée à l'échelle territoriale et non comme un site pollué à la fois de taille réduite et bien circonscrit. Plutôt limitée en Guadeloupe au croissant bananier du sud Basse-Terre, la contamination est plus diffuse en Martinique, même si le nord-est atlantique est davantage concerné que le reste de l'île.

L'objectif du groupe de recherche est centré sur l'élevage à partir d'un constat initial : le rôle important joué par l'élevage dans la fourniture de services écosystémiques (Perrette et ai, 2020) et d'une hypothèse initiale : il est possible de trouver des solutions pour limiter l'exposition des animaux d'élevage et d'assurer une production saine pour les consommateurs, tout en utilisant les surfaces contaminées. Les travaux de recherche ont débuté en 2012, le processus décrit ici s'attache à permettre aux éleveurs d'amener un animal conforme à l'abattoir, c'est-à-dire un animal dont les concentrations en CLD ne dépassent pas les limites réglementaires fixées pour garantir la santé humaine (sur la base des connaissances scientifiques en cours). Une fois l'animal abattu, sa carcasse est admise à la consommation humaine lorsque la teneur en polluant dans le muscle est inférieure à la valeur maximale définie par les autorités sanitaires. Le contrôle des carcasses se fait néanmoins sur le tissu adipeux périrénal et non sur le muscle afin de ne pas détériorer la valeur commerciale des carcasses et sur le principe d'un comportement lipophile connu de la molécule. En cas de dépassement, la carcasse est consignée, une contre-analyse est réalisée ; si la valeur est à nouveau dépassée la carcasse est alors retirée du circuit de commercialisation et détruite. La conséquence immédiate est la perte économique pour la filière et une conséquence sur le moyen terme est la perte de confiance des consommateurs envers les produits locaux. Une des réactions des éleveurs victimes de cette pollution peut être de passer par des circuits informels non contrôlés (Branchu et ai, 2020), ce qui accroît encore la méfiance des consommateurs et augmente le risque d'exposition de la population; d'autres désabusés en l'absence de moyens de maîtrise arrêtent l'élevage. Un cercle vicieux se met alors en place malgré l'engagement des pouvoirs publics. Les services écosystémiques rendus par l'élevage bovin ont donc tendance à se réduire et la relocalisation de l'alimentation cède la place à un report vers les biens d'importation.

Des moyens ont été mis à la disposition des éleveurs pour analyser le sol de leurs parcelles, l'eau d'abreuvement ou leur fourrage, les coûts étant pris en charge par la puissance publique (financement apporté par les différents Plans Nationaux d'Action Chlordécone, Fonds Européen de Développement Régional...). Pour prendre l'exemple de la Martinique, ces actions sont menées en bonne intelligence entre la Direction de l'Alimentation, l'Agriculture et de la Forêt (DRAF) et le Groupement de Défense Sanitaire de Martinique (GDSM), ce dernier jouant le rôle de conseiller au plus près des éleveurs. Via la pression de contrôle permise par la complémentarité entre le plan de surveillance (contrôle aléatoire), le plan de contrôle renforcé (contrôle systématique des élevages en

zone à risque avec des animaux ayant déjà été saisis) et le plan de contrôle allégé, la production locale bovine passant par la filière contrôlée (abattoir) présente une réelle garantie sanitaire (complémentarité de plusieurs garde-fous).

À cette évolution s'est ajoutée une autre demande sociétale qui est de ne pas disperser la pollution. Une polémique s'est en effet développée quant au transfert d'eau d'irrigation de la Basse-Terre vers la Grande-Terre qui expliquerait des zones polluées par la CLD sur cette partie de la Guadeloupe n'ayant jamais connu de culture de bananes. Ainsi l'idée de déplacer des bovins contaminés sur des parcelles propres est critiquée comme un potentiel déplacement de la pollution, étendant l'emprise spatiale de la dégradation de la qualité des sols. De même pour l'épandage des algues invasives (différentes espèces de sargasses) ayant adsorbé de la CLD en zone littorale, ou pour celui des déjections d'animaux ayant séjourné dans un centre de décontamination. Ainsi un module de recherche a été ajouté au modèle initial afin de quantifier le flux de CLD et de chlordécol (métabolite) rejeté par voie fécale lors de la période de décontamination. Cet aspect ne résout pas en tant que telle la question du transfert de contamination mais offre la possibilité d'objectiver le flux de CLD et de le relativiser quant aux conséquences sur la contamination des sols, permettant ainsi aux acteurs de se prononcer sur l'acceptabilité de la démarche. Parallèlement, pour anticiper un blocage, une recherche sur la dégradation de la CLD et de son métabolite le chlordécol, par méthanisation des déjections animales, est lancée par l'équipe en collaboration avec l'équipe spécialiste des produits de transformation de la CLD (projet non développé dans cet article ; Martin et ai, 2022)

Le développement du volet biotechnique s'est appuyé sur la bibliographie disponible datant des travaux américains sur la James River (usine d'Hopewell) pendant la période 1975-1990. À l'époque, compte tenu de la configuration de la contamination environnementale, le principal volet animal étudié avait été le milieu aquatique (poissons, mollusques et crustacés notamment d'intérêt économique), alors que les animaux terrestres n'ont été mobilisés que comme modèle pour l'Homme (rat, gerbille et porc). Une seule publication portait sur le porc et une sur la vache laitière. Ces données souvent acquises via de la CLD radiomarquée avaient l'avantage de mettre en évidence les principaux mécanismes d'interaction avec l'organisme animal, mais souffraient de l'utilisation de doses très importantes sans commune mesure avec l'exposition des animaux d'élevage antillais et d'un objectif plus toxicologique, réduisant les données disponibles pour une modélisation de type Physiologically Based Toxicokinetics Model (PBTK), excepté chez le rat mais celui-ci a l'inconvénient de ne pas métaboliser la CLD contrairement aux animaux d'élevage. Il a donc fallu revisiter ces données et concevoir des expérimentations avec des moyens analytiques renouvelés sans bénéficier du radiomarquage. Trois thèses (Lastel, 2015 ; Saint-Hilaire, 2018 ; Fourcot, 2020) se sont succédées pour étudier les processus ADME (Absorption Distribution Métabolisme Excrétion) chez les ruminants d'élevage mobilisant en conditions contrôlées principalement les petits ruminants (chèvre et brebis) avec d'importants développements analytiques (Saint Hilaire et al., 2018α, b). Suite à ces travaux, il apparat que les ruminants sont bien capables d'éliminer la CLD, soit en la transformant en alcool (le chlordécol) soit en l'éliminant directement via la bile. La capacité d'élimination des ruminants permet d'entrevoir une capacité d'auto-décontamination, et le temps de demi-vie de la CLD parait compatible avec la durée d'élevage pratiquée aux Antilles. Après ces 7 ans de recherche, un modèle PBTK a été développé chez la brebis adulte (Fourcot, 2020) puis étendu au bovin adulte en 2021. Ce modèle permet de relier les différents compartiments tissulaires de l'animal et de prédire à partir de la concentration en CLD de l'un entre eux, celle de tous les autres, soit de prédire l'évolution de la concentration au cours du temps à partir d'une valeur initiale. La recherche a alors atteint un point d'étape important puisque sur cette base, il est possible de prédire à partir d'un dosage à un temps t initial (TO) le temps nécessaire pour qu'un animal se décontamine jusqu'à une valeur cible.

Le projet entre alors dans une nouvelle phase, celle de l'application au terrain en interaction forte avec les acteurs locaux. Le terme co-construction ne peut pas s'appliquer à l'ensemble du projet, même si ce dernier a été présenté régulièrement aux parties prenantes (2012, 2014, 2016 et 2018) in situ lors de réunions collectives. Cependant, sur ce temps long, les chercheurs ont pu capter les attentes des parties prenantes (éleveurs, associations d'éleveurs, coopératives et DRAF) et leurs évolutions convergentes ou non (par exemple, tendance vers le zéro chlordécone en lieu et place d'un simple respect de la LMR) et de façon symétrique, les parties prenantes ont pu suivre les progrès cognitifs de l'équipe. Un exemple d'adaptation du volet biotechnique au cours du temps est lié à l'évolution de la concentration cible dans le tissu adipeux périrénal (TAPR). Pendant les 4 premières années du projet cette valeur cible correspond à une valeur réglementaire de 100, qui est abaissée à 27 en 2019 suite à un avis de l'ANSES (2018). Le côté « positif » pour les chercheurs est que la pression sur les producteurs augmente significativement et soudainement, les poussant à chercher des

solutions et renforçant leur intérêt pour les potentielles applications des résultats scientifiques. Le côté « négatif » est que le modèle va devoir rester prédictif pour des valeurs basses, tant dans le sérum que dans le TAPR, ce qui pose des problèmes de maîtrise des incertitudes. Il a été construit à la fois sur des valeurs expérimentales obtenues en conditions contrôlées, artificiellement élevées justement pour limiter les incertitudes analytiques, et sur des données de terrain recueillies sur des animaux majoritairement fortement contaminés. Cette évolution va se poursuivre lors de la co-construction de la valeur cible avec deux nouveaux éléments : la notion de filière zéro chlordécone (PNR de Martinique, 2018) plébiscitée par la société civile (et donc intégrée en ligne de mire pour la filière) et une demande émanant du Groupement de Défense Sanitaire de Martinique (GDSM) qui souhaite une valeur systématiquement inférieure à celle définissant le passage d'un élevage en Plan de Contrôle Allégé (PCA). La valeur cible est alors tirée vers le bas, voire le zéro, or ce dernier n'existe pas d'un point de vue analytique, mais correspond à la limite de quantification (LQJ, valeur en dessous de laquelle la concentration de l'élément recherché ne peut plus être déterminée (un débat existe sur le fait que ce soit la limite de détection qui puisse être considérée comme le zéro analytique). Ceci pose problème à l'équipe de recherche qui souhaite valider son modèle puisqu'il faut faire correspondre une concentration dans le sérum à une valeur dans le TAPR, ce qui n'est exploitable que si les deux valeurs sont quantifiées (cf. Tableau 1). Le tableau 1 présente à la fois l'évolution des LMR au cours du temps avec un passage de 100 µg de CLD par kg de TAPR à 27 µg de CLD par kg en 2019 et les attentes des acteurs non régaliens. Parmi ces derniers on retrouve des citoyens qui ne veulent plus être exposés à la CLD et demandent donc une valeur « zéro » c'est-à-dire non quantifiée, une association d'éleveurs (GDSM) qui souhaite une valeur inférieure à 20 car cela permet aux éleveurs de rester en Plan de Contrôle Allégé (PCA) (ce qui évite l'analyse systématique de toutes leurs bêtes abattues), et enfin les chercheurs qui attendent une valeur inférieure à 27 mais encore quantifiée pour valider leur modèle prédictif.

Table 1. Évolution des demandes formulées vis-à-vis de la capacité prédictive du modèle de décontamination

Année(s)	2016-2019	2019	2019	2021	2019-2021
Origine de la demande	Réglementaire VM*TAPR	Réglementaire LMR TAPR LMR** muscle	Demande sociétale « 0 » CLD	Demande GDSM / PCA	URAFPA
[CLD] TAPR	100	27	← LQ	20	→10

* VM = valeur maximale dans le Tissu Adipeux PériRénal
** LMR= Limite Maximale de Résidus.

La mise en œuvre sur le terrain du volet applicatif du modèle PBPK nécessitait un certain nombre de prérequis ou points critiques. Le contexte régalien requérait l'aval de l'administration, en ce sens la relation de confiance établie avec la Direction Générale de l'Alimentation (DGA1) depuis plusieurs années a été un atout majeur. C'est d'ailleurs à la suite du projet AIR INSSICCA que la DGA1 a financé la transition du laboratoire au terrain. D'un point de vue organisationnel, un point critique a été la mise en place de la chaîne de prélèvement et d'analyse des échantillons ce qui inclut la définition du rôle de chacun des acteurs et l'organisation des flux d'information et de matière. La figure 1 présente à la fois les acteurs impliqués dans la démarche et les flux de matière (prélèvements) et d'information. Le donneur d'ordre est la Direction Générale de l'Alimentation (DGAL) qui implique les DAAF de chacune des LMR via une instruction technique nationale visant à définir les plans de contrôle et de surveillance de la CLD dans les aliments d'origine animale. Les DAAF ciblent des éleveurs ayant déjà eu des animaux dont la contamination était supérieure à la valeur réglementaire. Les associations d'éleveurs à but de défense sanitaire de chaque île (GDSM et SANIGWA) contractualisent avec les éleveurs volontaires et organisent les prélèvements de sang ainsi que la collecte d'informations sur les pratiques d'élevage. L'Institut Pasteur de Guadeloupe analyse les sérums prélevés, l'information est transmise aux chercheurs (URAFPA) qui déterminent alors la durée de décontamination nécessaire. À la fin de celle-ci, les animaux sont abattus, un prélèvement de TAPR est effectué à l'abattoir par la DAAF et envoyé pour analyse dans un Laboratoire Départemental d'Analyse (LDA). Les résultats sont transmis aux différents acteurs et sont alors comparés aux valeurs cibles.

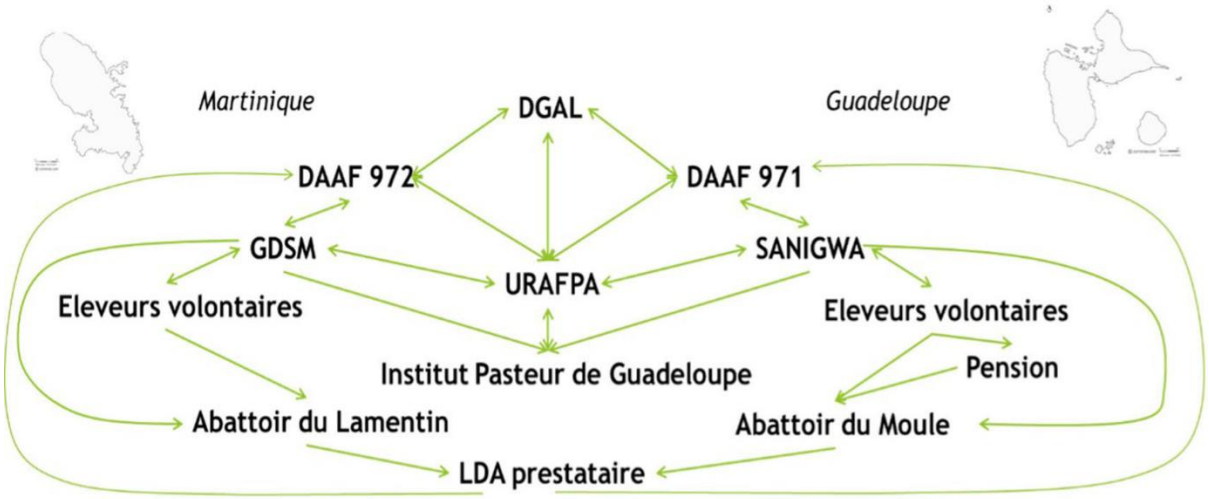

Figure 1. Réseau d'interrelations mis en place pour la validation in situ du modèle chez le bovin

Bilan et perspectives

Ce retour d'expérience de gestion collective de la pollution chlordécone (CLD) aux Antilles françaises illustre qu'il est possible grâce à des échanges sur une longue durée d'établir une relation de confiance entre acteurs de la recherche universitaire, du ministère de l'agriculture au travers du Bureau de la Coordination en matière de Contaminants Chimiques et Physiques et des deux directions décentralisées antillaises, des associations en charge de la défense sanitaire des éleveurs et in fine des éleveurs.

Le temps long de la recherche aura finalement été autant un atout qu'un handicap:

— Atout car sur cette période longue s'est construite une écoute réciproque, favorable tant à l'appropriation des résultats de la recherche par les acteurs institutionnels et professionnels qu'à l'intégration des attentes des acteurs locaux dans le processus d`élaboration des connaissances.

— Handicap car en situation de crise, les acteurs sont toujours pressés d'obtenir une réponse claire et opérationnelle pour réduire leur anxiété légitime, alors que la recherche ne peut fournir de réponse immédiate.

Ce travail fait écho aux controverses scientifiques qui ont été vives durant la crise covid 19 : en même temps que le virus, la pandémie a propagé nombre d'informations contradictoires, mal renseignées ou fausses qui ont alimenté querelles d'experts, débats passionnés et théories complotistes au sein de la société. Le travail en intelligence collective permet donc d'inclure la société dans les échanges scientifiques, de co-construire des solutions pour réduire l'exposition et l'anxiété des populations.

Références

Agreste, 2020. Memento Agricole de la Guadeloupe. https://daaf.guadeloupe.agriculture.gouv.fr/'MG/pdf/memento_2020_internet_c1e4814fe.pdf

ANSES, 2018. Note d'appui scientifique et technique relative à la fixation d'une limite maximale de résidus de chlordécone dans la graisse et les denrées carnées. https://www.anses.fr/fr/system/files/ERCA2018SA0202.pdf

Branchu C., Oppelt M-E., Mir C., Renucci A. & Thibaut H. L., 2020. Évaluation du troisième plan chlordécone et propositions. Rapport conjoint IGAS N° 2019-053R/CGEDD N° 012862-01 / IGÉSR N° 2020-011/ CGAAER N° 19051, 124 p.

Fourcot A., 2020. Distribution et élimination de fa chlordécone chez les animaux d'élevage —Modélisation des processus. Thèse de doctorat de l'Université de Lorraine. 238 p.

Lastel, 2015. Chlordécone et filière animales antillaises — De la distribution tissulaire aux stratégies de décontamination chez les ruminants. Thèse de doctorat de l'Université de Lorraine. 190 p.

Martin, D., Muselet, D., Alnajjar, P., Pacaud, S., Le Roux, Y., Feidt, C., Saaïdi & P.-L., 2022. Mise en évidence d'une biodégradation efficace de la chlordécone en conditions méthanogènes. 50 Congrès du Groupe Français de Recherche sur les Pesticides IGFP), 18-20 mai, Namur, Belgique.

Parc Naturel Régional de Martinique, 2018. http://pnr-martinique.com/habiter/label-zero-chlordecone/ et http://pnr-martinique.com/actualites/zero-chlordecone-une-application-numerique-pour-les-produits-labellises-et-disponibles-en-grande-surface/

Perette J., Le Floch C., Naves M., Gourdine J. L. &Alexandre G., 2020.'ntérêts des secteurs formels et informels de l'élevage pour une fourniture variée de services écosystémiques : le cas de la Guadeloupe. Ethnozootechnie, 107, p. 95-108.

Saint-Hilaire M., 2018. Toxicocinétique de fa chlordécone chez fa brebis. Thèse de doctorat de l'Université de Lorraine. 213 p.

Saint-Hilaire, M., Bertin, T., Inthavong, C., Lavison-Bompard, G., Guérin, T., Fournier, A., Feidt, C., Rychen, G. & Parinet, J., 2018a. Validation of analytical methods for chlordecone and its metabolites in the urine and feces of ewes. Journal of Chromatography B, 1093-1094, p. 66-76.

Saint-Hilaire, M., Inthavong, C., Bertin, T., Lavison-Bompard, G., Guérin, T., Fournier, A., Feidt, C., Rychen, G. & Parinet, J., 2018b. Development and validation of an HPLC-MS/MS method with QuEChERS extraction using isotopic dilution to simultaneously analyze chlordecone and chlordecol in animal livers. Food Chemistry, 252, p. 147-153.

Tillieut O., 2006. Cartographie de la pollution des sols de Guadeloupe parla chlordécone : Rapport technique 2005-2006. DAF-SPV 971, 26 p.