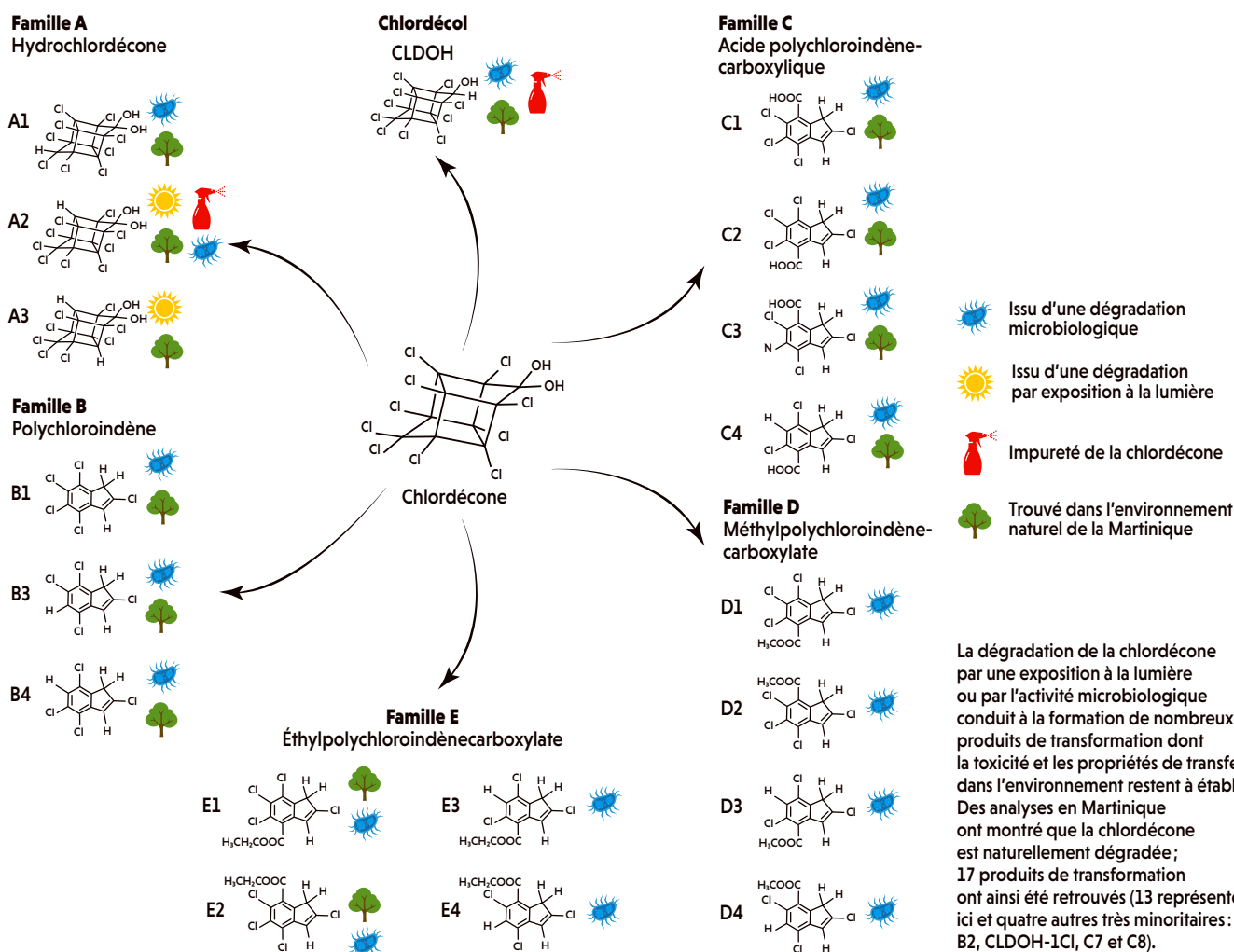




> biodégradabilité (en présence de bactéries). Elles ont suggéré qu'il était possible de transformer la chlordécone en 8-monohydrochlordécone (A2) ou en 2,8-dihydrochlordécone (A3), par perte d'un ou deux atomes de chlore, et en chlordécol (CLD-OH) par perte d'un atome d'oxygène.

Cependant, A2 et CLD-OH sont aussi connus pour être des impuretés présentes dans les formulations commerciales de la chlordécone (Kepone et Curlone). Et les hydrochlordécones A2 et A3 sont aussi produites par photolyse de la chlordécone à l'aide d'un rayonnement ultraviolet ou même après une longue exposition au rayonnement solaire. Comme les méthodes analytiques utilisées dans les années 1970 étaient moins sensibles et moins efficaces qu'aujourd'hui, il est difficile de juger de la pertinence de ces résultats précurseurs.

En 1996, Peter Jablonski, de l'université de l'Illinois du Nord, aux États-Unis, et ses collègues ont observé qu'une archée, *Methanosarcina thermophila* (un microorganisme cellulaire procaryote qui diffère des bactéries), semblait capable de dégrader la chlordécone de façon très significative avec obtention de plusieurs produits de

transformation. Malheureusement, ces résultats n'ont pas pu être confirmés par la suite.

D'un point de vue chimique, il est possible d'attaquer la chlordécone moyennant des conditions relativement dures. Les réactions photochimiques citées plus haut engendrent la perte d'un à deux atomes de chlore, en formant les hydrochlordécones A2 et A3. Un traitement combinant de l'hydrazine, du lithium et du tert-butanol permet une déchloration complète conduisant à la formation du bishomocubane non fonctionnalisé. L'utilisation du tétrahydroborate de sodium mène à la molécule de chlordécol CLD-OH, tandis que le fer génère des hydrochlordécones ayant perdu entre un et sept atomes de chlore. L'utilisation de la vitamine B<sub>12</sub> couplée à un réducteur en conditions basiques entraîne la formation d'hydrochlordécones et de polychloroindènes. Pour obtenir une destruction complète, on doit la chauffer à environ 1000 °C. Mais les conditions d'application de toutes ces approches les rendent impraticables pour décontaminer un milieu naturel.

Face à la persistance de la chlordécone aux Antilles, Yves-Marie Cabidoche et ses collègues, de l'Inra et du Cirad (Centre de coopération internationale en recherche agronomique

pour le développement), ont publié en 2009 un modèle prédictif de contamination. À partir des registres d'utilisation de la chlordécone et des premières cartes de contamination, les chercheurs ont estimé que l'élimination de la chlordécone des sols se faisait uniquement par des phénomènes de transfert (ruissellement et surtout infiltration dans le sol). À l'époque, en l'absence de dégradation naturelle avérée, l'équipe a conclu à des durées de contamination allant de plusieurs décennies à sept siècles selon la nature des sols et du niveau de contamination initial.

Devant ce bilan, deux grandes questions se posent : comment mieux protéger la population locale ? N'y a-t-il réellement aucune stratégie de remédiation applicable au cas de la chlordécone ? Alors qu'une partie des chercheurs, aidés des autorités et d'associations, répondent à la première interrogation *via* des actions aux Antilles (études épidémiologiques, contrôle des aliments, campagnes d'information, analyse des sols des particuliers, incitation au « zéro chlordécone », etc.), d'autres scientifiques ciblent la pollution des sols, source primaire de la contamination.

## Nos expériences montrent qu'une dégradation naturelle de la chlordécone est déjà en cours aux Antilles

Dans le cas d'une contamination industrielle, la dépollution d'une friche peut être réalisée de différentes façons (traitement chimique *in situ*, excavation du sol contaminé et traitement *ex situ*, phytoextraction...), mais le site, même décontaminé, pourra rarement servir pour un usage agricole, soit à cause de la détérioration du sol due aux traitements, soit du fait des normes drastiques à atteindre qui n'autorisent aucune trace de produits toxiques.

Le cas des Antilles est un défi colossal : au-delà de la superficie à traiter (de l'ordre de 15 000 hectares) et des difficultés techniques à surmonter (les bananeraies ayant été souvent

plantées sur des terrains en pente, peu propices au travail agricole classique), la stratégie de remédiation choisie doit rendre ces terres pleinement cultivables. En effet, on considère qu'un quart environ des surfaces agricoles utiles aux Antilles sont aujourd'hui contaminées par la chlordécone ; s'en priver, pour ces territoires insulaires, serait tout autant catastrophique. Aujourd'hui, ces terres sont toujours exploitées pour les cultures de la banane et de la canne à sucre, cultures qui ne présentent *a priori* aucun risque de contamination (car le polluant se propage peu dans les plantes et reste principalement dans les racines).

En 2013, le BRGM (Bureau de recherches géologiques et minières) a réalisé un essai de traitement chimique. Les résultats, assez positifs pour certains types de sols, sont à contrebalancer avec le coût des réactifs, leur difficile application, les conséquences agronomiques pour le sol et l'évaluation du risque lié aux produits de transformation obtenus. Les équipes de Magalie Lesueur Jannoyer, du Cirad, de François Laurent, de l'Inra, et leurs collègues ont mené diverses études de transfert de la chlordécone du sol vers les plantes, à la fois pour repérer les cultures les plus à risque d'être contaminées mais aussi pour rechercher des espèces indigènes capables d'extraire le pesticide avec efficacité.

À ce jour, aucune plante ne présente les caractéristiques requises pour qu'un protocole de phytoextraction soit envisageable. En revanche, Thierry Woignier, de l'Institut méditerranéen de biodiversité et d'écologie, et ses collègues ont entamé des études prometteuses sur la séquestration de la chlordécone dans le sol : l'amendement de compost réduit temporairement le transfert sol-plantes et l'ajout de certains types de charbon (charbon activé et biochar) diminue beaucoup la contamination des animaux exposés. Cette stratégie reste malgré tout une solution de repli, car elle maintient une épée de Damoclès sur la population dès lors que la chlordécone est toujours présente dans le sol.

### UN PROJET AMBITIEUX

En 2009, le Genoscope a lancé un pari scientifique un peu fou, porté par Jean Weissenbach et Denis Le Paslier : essayer de biodégrader intégralement la chlordécone pour obtenir des composés inorganiques non toxiques (chlorures, carbonates ou dioxyde de carbone) ou des nutriments pour les organismes vivants (source de carbone par exemple). Nous avons d'abord émis l'hypothèse que le nombre élevé d'atomes de chlore de la molécule était à l'origine de sa très faible réactivité. Nous avons donc cherché à favoriser des processus microbiologiques de déchloration. Le plus souvent, ceux-ci se produisent en anaérobiose et conduisent au remplacement d'un atome de chlore par un atome d'hydrogène ; on parle alors de déchloration réductrice. Il faut ➤